Посебно издание на
Geologica Macedonica, No.4

МАКЕДОНСКО ГЕОЛОШКО ДРУШТВО

ТРЕТ КОНГРЕС
на
Геолозите на Република Македонија

ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ

-КНИГА 1-

Уредници:
Лепиткова, С. & Боев, Б.

Струга, 2016

Посебно издание на
Geologica Macedonica,№ 4

МАКЕДОНСКО ГЕОЛОШКО ДРУШТВО

ТРЕТ КОНГРЕС
на
Геолозите на Република Македонија

ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ

-КНИГА 1-

Уредници:
Лепиткова, С. & Боев, Б.

Струга, 2016

Издавач: Македонско геолошко друштво

Главни и одговорни уредници: Проф. д-р Соња Лепиткова и
Проф. д-р Блажо Боев

Уреднички одбор: Проф. д-р Тодор Серафимовски (Р.Македонија), Проф. д-р Блажо Боев (Р.Македонија), Acad. Prof. Vladimir Bermanec PhD (Croatia), Акад. проф д-р Владица Цветковиќ (Србија), Acad. prof. Ivan Zagorchev PhD (Bulgaria), Prof. Tadej Dolenec PhD (Slovenia), Prof. David Alderton PhD (Great Britain), Prof. Wolfgang Todt PhD (Germany), Акад. проф. д-р Николај С. Бортников (Русија), Prof. Clark Burchfield PhD (USA), Prof. Thierry Auge PhD (France), Проф. д-р Тодор Делипетров (Р.Македонија), Проф. д-р Милорад Јовановски (Р.Македонија), Проф. д-р Споменко Михајловиќ (Србија), Проф. д-р Драган Миловановиќ (Србија), Проф. д-р Дејан Прелевиќ (Germany), Prof. Albrecht von Quadt (Switzerland) PhD.

Технички уредник: Доц. д-р Игор Пешевски

Печати: Печатница "2-ри Август С"-Штип

Тираж: 300 примероци

Организационен одбор на Третиот Конгрес на Геолозите на Република Македонија

Претседател: Проф. д-р Соња Лепиткова
Секретар: д-р Златко Илијовски

Технички секретар: Доц. д-р Игор Пешевски

Членови: Проф. д-р Блажо Боев
Проф. д-р Тодор Серафимовски
Проф. д-р Милорад Јовановски
Проф. д-р Орце Спасовски
Проф. д-р Војо Мирчовски
д-р Коста Јованов
м-р Флорент Чиче
Кирил Филев

Финансиска подршка:

ДПТУ „Бучим“ ДОО-Радовиш
АДОРА ИНЖЕНЕРИНГ ДООЕЛ – Скопје
Рудник “САСА” ДООЕЛ – Македонска Каменица
Градежен Институт „Македонија“ АД – Скопје
ГЕИНГ Кребс унд Кифер Интернешнл и др. ДОО – Скопје
„Мермерен комбинат“ АД – Прилеп
Простор ДОО – Куманово
„Геохидроконсалтинг“ ДООЕЛ – Скопје
„Геохидроинженеринг“ ДООЕЛ – Скопје
Хидроинженеринг ДООЕЛ– Битола
Градежен факултет – Скопје, Катедра за геотехника
„ГЕОМАП“ ДОО – Скопје
БУЛМАК ГРУП ДООЕЛ – Скопје
ЕУРОМАКС РЕСОУРЦЕС ДОО – Скопје
САРДИЧ МЦ ДООЕЛ – Скопје
МАРКОВСКИ КОМПАНИ БОРЧЕ ДООЕЛ – Битола
DIWI Македонија ДООЕЛ – Скопје
ВАРДАРГРАДБА ДОО – Скопје

ПРЕДГОВОР

Геологијата како природна фундаментална наука има незаменливо значење за општеството и е оној камен темелник на кој се засновани голем број гранки од инженерството и индустријата.

Нејзиното значењето кај нас е многу јасно препознаено уште во далечната 1944 година, кога со одлука на Президиумот на АСНОМ е формиран Геолошкиот институт на НРМ, прва македонска геолошка институција.

Денес Македонското геолошко друштво како еден од главните промотори на геолошката наука во нашата земја, е пред нов предизвик, организирањето на Третиот Конгрес на геолозите на Република Македонија.

Организациониот и Научниот одбор на Третиот Конгрес, имајќи ја предвид долгата традиција на геолошката наука, но истовремено согледувајќи го актуелниот момент, одлучија носечките теми на Конгресот да бидат поврзани со:

- Геологијата и општеството,
- Фундаменталната геологија и
- Геологијата и економијата.

За овие теми во овој Зборник се публикувани вкупно 105 оригинални научни трудови, кои се подготвени од преку 350 автори и коавтори од поголем број на земји. Низ трудовите се елаборирани резултати од вредни и долготрајни истражувања на нашите и странските инженери и научни работници.

Од пристигнатите трудови може да се забележи поврзаноста на традиционалните истражни методи и примената на нови современи технологии и алатки при геолошките проучувања, вклучувајќи најсовремени теренски и лабораториски инструментални методи, системи за обработка, чување на податоци и следење на параметрите на животната средина. Се надеваме, дека прикажани ставови, размислувања и резултати ќе ги зацврстат досегашните знаења, и ќе се поттикнат идеи за значајни нови истражувања.

Затоа, Организациониот одбор искрено им се заблагодарува на сите автори, учесници и помагачи на Конгресот, кои сите заедно со пожртвуваноста овозможија овој Зборник да биде нешто со кое сите ќе се гордееме.

PREFACE

Geology as a natural and fundamental science is of great importance for the society and it is the foundation of many engineering and industry branches.

Its' importance in our country was clearly recognized in 1994, when the presidium of ASNOM reached a decision to establish a Geological institute of NRM, the first Macedonian geological institution.

Nowadays, the Macedonian geological society as one of the main promoters of the geological science in our country, has accepted a new challenge, the organization of the Third Congress of Geologists of Republic of Macedonia.

The Organizing and scientific committees of the Third congress, given the long tradition of the geological science, at the same time looking at its' current state, has decided that the main topics of the Congress are related to:

- Geology and society
- Fundamental geology and
- Geology and economy

There is a total of 105 original scientific papers published in these Proceedings, prepared by over 350 authors and coauthors from number of countries for these proceedings. Results from valuable and long investigations of our and the foreign engineers and scientific workers have been elaborated through the papers.

From the papers, it could be noted that there is a strong connection between the traditional investigation methods and the new contemporary technologies and tools in geological explorations, including the latest field and laboratory instrumental methods, systems for processing and data storage, and monitoring environmental parameters. We hope that, the presented views, considerations and results will strengthen the existing knowledge, and will encourage ideas for new significant research.

Therefore, the Organizing Committee would like to sincerely thank all the authors, participants and supporters of the Congress, who along with their devotion helped making us all proud of this Proceedings book.

Претседател на Организационен Одбор	**President of Organizing Committee**

Проф. д-р Соња Лепиткова

КНИГА 1
СОДРЖИНА
CONTENTS

1. Геологијата и Општеството

КЛИМАТСКИТЕ ПРОМЕНИ И ДОКАЗИТЕ ВО ГЕОЛОШКИТЕ ЗАПИСИ НА ПРИМЕРИТЕ НА НАЈГОЛЕМИТЕ МАСОВНИ УНИШТУВАЊА НА ВРСТИТЕ (P-T ГРАНИЦА, K-T ГРАНИЦА)
Блажо Боев *1*

ГЕОЛОШКИ ЗАВОД НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА
Костадин Јованов *17*

СОСТОЈБА И НАТАМОШЕН РАЗВОЈ НА ОСНОВНИТЕ ГЕОЛОШКИ ИСТРАЖУВАЊА ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА
Новица Столиќ *23*

РЕАЛИЗАЦИЈА НА ГЕОПРОСТОРНИ МРЕЖНИ УСЛУГИ ВО РАМКИТЕ НА ГЕОИНФОРМАЦИОНИОТ СИСТЕМ НА ГЕОЛОШКИОТ ЗАВОД НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА
Лука Јовичиќ *33*

THE METHODOLOGY AND CONCEPTION OF DEVELOPING GEOLOGICAL MAP (GK-50) OF REPUBLIC SERBIA AND SYNTHESIS OF GEOLOGICAL FORMATIONS AFTER FINISHED SHEETS
Rodoljub Gajić, Divna Jovanović, Dejan Barjaktarović, Petar Stejić, Mihailo Pandurov *43*

ПОДЕЛБА И НОМЕНКЛАТУРА НА ОСНОВНИТЕ ГЕОЛОШКИ КАРТИ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА
Новица Столиќ *47*

ТРАНСФОРМАЦИЈА НА ОДНОСОТ ПОМЕЃУ ГЕОИНЖЕНЕРИТЕ И ДОНОСИТЕЛИТЕ НА ОДЛУКИ ПРИ УРБАНОТО ПЛАНИРАЊЕ (COST ACTION TU1206 SUB-URBAN)
Игор Пешевски, Diarmad Campbell, Милорад Јовановски *55*

INTERPRETING GROUNDWATER CHARACTER FROM FLOOD PULSES AND ARTIFICIAL TRACER TEST-A CASE STUDY OF THE SLATINSKI IZVOR SPRING (REPUBLIC OF MACEDONIA)
Biljana Gičevski, Metka Petrič, Janja Kogovšek *67*

CROSS-CORRELATION ANALYSES OF KARST SPRING DISCHARGES
Marina Čokorilo Ilić, Vesna Ristić Vakanjac, Saša Milanović, Ljiljana Vasić, Kostadin Jovanov, Radisav Golubović *77*

AUTOCORRELATION ANALYSES OF KARST SPRING DISCHARGE REGIMES
Vesna Ristić Vakanjac, Saša Milanović, Marina Čokorilo Ilić, Kostadin Jovanov, Ljiljana Vasić *85*

ИЗРАБОТКА НА АЖУРИРАНА ХИДРОГЕОЛОШКА КАРТА НА МАКЕДОНИЈА 1 : 300 000
Златко Илијовски *93*

DETERMINATION OF SUBSURFACE THERMAL PROPERTIES FOR HEAT PUMP UTILIZATION IN CROATIA
Staša Borović, Kosta Urumović, Josip Terzić *105*

ХИДРОГЕОЛОШКИ ИСТРАЖНИ РАБОТИ НА ПОДЗЕМНА ВОДА И ИЗВЕДБА НА БУНАРСКИ СИСТЕМ ЗА ПОТРЕБИ НА СИСТЕМОТ ЗА КЛИМАТИЗАЦИЈА НА ОБЈЕКТОТ „НОВА БОЛНИЦА ФИЛИП ВТОРИ“ – СКОПЈЕ
Стојан Михаиловски, Златко Илијовски *111*

ХИДРОГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ И ПРОГНОЗА НА ПРИЛИВ НА ВОДИ ВО РУДНИК ЗА ЈАГЛЕН „СУВОДОЛ“-БИТОЛА
Костадин Јованов, Весна Ристиќ Вакањац *121*

ЗАШТИТА НА РУДНИКОТ ЗА ПОВРШИНСКА ЕКСПЛОАТАЦИЈА „БРОД - ГНЕОТИНО“ ОД ПОДЗЕМНИ ВОДИ
Розета Јанкова, Сандо Донев, Александар Мурџовски *127*

ХИДРОГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ПОЛИМЕТАЛИЧНОТО НАОЃАЛИШТЕ ЛУКЕ - КРИВА ПАЛАНКА
Ласте Ивановски, Војо Мирчовски, Ѓорѓи Димов, Виолета Стефанова, Силвана Пешовска *135*

ИСТРАЖУВАЊА НА ПЕТРОТЕРМАЛНА ЕНЕРГИЈА НА ЛОКАЛИТЕТОТ КРАТОВСКО ЗЛЕТОВСКА ОБЛАСТ
Силвана Пешовска, Новица Столиќ, Димитар Петров, Маринко Ефтимов *145*

СЛЕДЕЊЕ НА КВАЛИТЕТОТ НА ПОВРШИНСКИТЕ ВОДИ ВО ОКОЛИНАТА НА ИДНИОТ РУДНИК „ИЛОВИЦА-ШТУКА“
Драги Пелтечки, Вера Ѓоргиева, Теодора Стојанова, Љубица Панова *155*

ХИДРОГЕОЛОШКИ ИСТРАЖУВАЊА ЗА ОБЕЗБЕДУВАЊЕ НА ПОТРЕБНИТЕ КОЛИЧИНИ НА ПОДЗЕМНА ВОДА ЗА ВОДОСНАБДУВАЊЕ НА СЕЛО ОРЕЛ, ОПШТИНА СВЕТИ НИКОЛЕ
Орџе Спасовски, Даниел Спасовски *163*

SAMPLING AND CHARACTERIZATION OF RIVERINE SUSPENDED PARTICULATE MATERIAL (SPM): THE SAVA RIVER (CROATIA)
Neda Vdović, Mavro Lučić, Niko Bačić, Nevenka Mikac *169*

BIOACCESSIBILITY AND BIOAVAILABILITY OF POTENTIALLY TOXIC ELEMENTS IN HEALING MUD
Hana Fajković, Esad Prohić, Ivan Nemet, Sanda Rončević, Dražen Kurtanjek, Ana Rosandić *171*

МОНИТОРИНГ НА ПОДЗЕМНИТЕ ВОДНИ ТЕЛА ВО РЕЧНИОТ СЛИВ НА РЕКА БРЕГАЛНИЦА
Розета Јанкова, Сандо Донев *173*

ХИДРОГЕОЛОШКИ ИСТРАЖУВАЊА ЗА ОБЕЗБЕДУВАЊЕ НА ПОДЗЕМНА ВОДА ЗА ПОТРЕБИТЕ НА „СКИ ЦЕНТАР ВОДНО“
Никола Димов, Марко Марков, Владимир Костовски *183*

LEVEL CHANGE IN VRGORAC LAKE - RESULT OF NEOTECTONIC SUBSIDENCE AND INTENSIVE SEDIMENT EROSION
Hrvoje Posilović, Lidija Galović *189*

VERIFICATION OF CATCHMENT SIZE USING THE WATER BALANCE EQUATION
Vesna Ristić Vakanjac, Veljko Marinović, Zoran Nikić, Dušan Polomčić, Marina Čokorilo Ilić, Dragoljub Bajić *191*

FROM LANDSLIDE INVENTORY TO LANDSLIDE RISK ASSESSMENT: METHODOLOGY, CURRENT PRACTICE AND CHALLENGES
Miloš Marjanović, Uroš Đurić *199*

ВЛИЈАНИЕТО НА СВЛЕЧИШТАТА ВО ПК “СУВОДОЛ”- МИКРОЛОКАЦИЈА 7 НА КВАЛИТАТИВНИТЕ ПАРАМЕТРИ НА ПРЕОСТАНАТИОТ ЈАГЛЕН ВО ИСТОИМЕНАТА МИКРОЛОКАЦИЈА
Љупчо Петрески, Анита Мартиновиќ, Елизабета Митревска *209*

DATA ABOUT LANDSLIDES: ACQUISITION, EDITING, USABILITY AT GEOLOGICAL SURVEY OF SLOVENIA
Špela Kumelj *217*

THE PREVENTIVE AND URGENT ACTIVITIES TO AVOID LANDSLIDE CONSEQUENCES - CASE STUDYOF VOGOSCA MUNICIPALITY DURING THE PERIOD OF FLOODS IN BOSNIA AND HERZEGOVINA IN MAY 2014-
Toni Nikolić, JasminkaNikolić *223*

ENGINEERING GEOLOGICAL MODEL OF LANSLIDE DRAGODAN
Željko Miklin, Kosta Urumović, Josip Terzić, Josip Halamić, Tomislav Novosel *229*

REMEDIATION OF SMALL LANDSLIDES AS EMERGENCY MEASURES FOR THE PRESERVATION OF STABILITY OF THE TERRAIN
Nedjo Djuric, Dijana Djuric *237*

POTOŠKA PLANINA LANDSLIDE (NW SLOVENIA)
Tina Peternel, Marko Komac *243*

САНАЦИЈА НА ОДРОНЕТ ДЕЛ ОД ТУНЕЛ„ПРЕСЕКА“ НА СТАЦ. КМ 20+250, ДЕЛ ОД АВТОПАТ КИЧЕВО-ОХРИД
Моме Милановски, Стојанче Николов, Антонио Костов, Бојан Јаневски *249*

ОСИГУРУВАЊЕ НА НЕСТАБИЛЕН БЛОК НАД ЗАТВАРАЧНИЦА НА ХЕЦ „СВЕТА ПЕТКА“
Моме Милановски, Бојан Јаневски, Аџо Велевски *259*

ЗНАЧЕЊЕ НА ИНЖЕНЕРСКОГЕОЛОШКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ И ГЕОТЕХНИЧКИ УСЛОВИ ЗА ИЗВЕДБА НА КОСИНИ
Орце Петковски, Ванчо Ангелов, Ласте Ивановски *265*

ИНЖЕНЕРСКО-ГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НАТЕРЕНОТ НА ВОДОЗАФАТОТ ЗА ИЗГРАДБА НА МАЛАХИДРОЕЛЕКТИРЧНА ЦЕНТРАЛА НА КЛЕПАЛСКА РЕКА – БЕРОВО
Соња Паунова, Војо Мирчовски, Ѓорги Димов *273*

ФИЗИЧКО - МЕХАНИЧКИ КАРАКТЕРИСТИКИ КАЈ ПОЗНАЧАЈНИ НАОЃАЛИШТА НА ГРАДЕЖНО - ТЕХНИЧКИ КАМЕН ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА
Љупче Ефнушев, Зоран Панов, Ѓорѓи Димов *283*

СТЕРЕОГРАФСКА АНАЛИЗА НА ПЛАНАРНИТЕ И РУПТУРНИТЕ СТРУКТУРИ НА ИСТОЧНОТО КРИЛО НА БРЖДАНСКАТА АНТИКЛИНАЛА ВРЗ ОСНОВА НА ГЕОТЕХНИЧКИТЕ ИСТРАЖУВАЊА ЗА ЖЕЛЕЗНИЧКА ПРУГА, КОРИДОР VIII, ДЕЛНИЦА КИЧЕВО – ЛИН (Р. АЛБАНИЈА)
Игор Митев, Александар Мурџовски, Сашо Георгиевски *289*

2. Фундаментална Геологија

GEOCHRONOLOGICAL DATA FROM SOME CAVES IN MACEDONIA AND THEIR CONTRIBUTION TO THE UNDERSTANDING OF THE REGIONAL GEOLOGICAL EVOLUTION
Marjan Temovski *297*

ОДРЕДУВАЊЕ НА АПСОЛУТНАТА СТАРОСТ НА МАГМАТСКИТЕ КАРПИ ОД ОГРАЖДЕНСКИОТ МАСИВ
Емил Петрушев, Новица Столиќ *307*

LITHO-, BIO- AND CHEMOSTRATIGRAPHIC METHODS IN STRATIGRAPHY: SOME EXAMPLES FROM THE DINARIDES (CROATIA AND SLOVENIA)
Dunja Aljinović, Tea Kolar-Jurkovšek, Bogdan Jurkovšek, Duje Smirčić *313*

POSTOROGENIC INTERPLAY OF TECTONIC AND MAGMATIC PROCESSES WITHIN THE INTERNAL DINARIDES
Ana Mladenović, Vladica Cvetković, Branislav Trivić *317*

CHARACTERISTICS OF MIDDLE TRIASSIC VOLCANICLASTIC DEPOSITS IN THE EXTERNAL DINARIDES (CROATIA AND BOSNIA AND HERZEGOVINA)
Duje Smirčić, Dunja Aljinović, Vesnica Garašić, Tea Kolar-Jurkovšek, Uroš Barudžija, Hazim Hrvatović, Bogdan Jurkovšek *319*

VOLCANOLOGY OF KOZUF MOUNTAIN IN THE REPUBLIC OF MACEDONIA
Blazo Boev, Ivan Boev, Sonja Lepitkova *323*

SEDIMENTOLOGY AND BIOSTRATIGRAPHY OF THE CAMPANIAN-MAASTRICHTIAN CALCICLASTIC TURBIDITIES FROM THE LJIG AREA (CENTRAL PART OF THE VARDAR ZONE)
Violeta Gajić, Milena Dunčić, Nebojša Vasić, Vladislav Gajić *335*

RECONSTRUCTION OF PALAEOENVIRONMENT DURING QUATERNARY SEDIMENTATION IN THE VRGORAČKO POLJE
Lidija Galović, Hrvoje Posilović, Petar Stejić, Mihajlo Pandurov, Rodoljub Gajić *339*

A MONOSPECIFIC ASSEMBLAGE OF A NEW GIANT RHYNCHONELLIDE BRACHIOPOD FROM THE MIDDLE JURASSIC OF EASTERN SERBIA
Barbara V. Radulović, Michael R. Sandy, Wagih Ayoub-Hannaa, Peter Schaaf, Vladan J. Radulović *343*

PALEOECOLOGICAL CHARACTER OF ASIAN CLAMS IN ESTIMATES OF THE ANTHROPOGENOUS EFFECT ON RECENT ECOSYSTEMS
Barbara Radulović, Draženko Nenadić, Slobodan Knežević, Momir Paunović, Katarina Bogićević *347*

SQUAMATE REMAINS FROM THE EARLY AND MIDDLE PLEISTOCENE SREM SERIES IN THE MUTALJ QUARRY (BEOČIN, NORTHERN SERBIA)
Dragana Đurić, Katarina Bogićević, Draženko Nenadić *351*

SMALL MAMMALS FROM THE VELIKA AND MALA BALANICA CAVES (NIŠ, SOUTHERN SERBIA)
Katarina Bogićević, Draženko Nenadić, Dušan Mihailović *357*

ФОРАМИНИФЕРНА ФАУНА ОД ПАЛЕОГЕНИТЕ СЕДИМЕНТИ НА ТЕРИТОРИЈАТА НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА
Виолета Стојанова, Гоше Петров, Крсто Блажев *361*

КНИГА 2
СОДРЖИНА
CONTENTS

2. Фундаментална Геологија

PETROLOGICAL CHARACTERISTICS OF CLASTIC SEDIMENTARY ROCKS IN SV. BARBARA MINE IN RUDE NEAR SAMOBOR, SAMOBORSKA GORA MT.
Šime Bilić, Vesnica Garašić *369*

PETROLOGY OF GNEISSES FROM THE VRŠAC MOUNTAINS
Dragan Milovanović, Danica Srećković-Batoćanin, Emin Memović *371*

МИНЕРАЛОШКО – ПЕТРОГРАФСКИ И ХЕМИСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ГРАНИТОИДНИТЕ КАРПИ ОД ЛОКАЛИТЕТОТ ПЕШТАНИ, ЗАПАДНА МАКЕДОНИЈА
Сашо Стојков, Даниел Спасовски, Орце Спасовски *373*

МИНЕРАЛОШКО-ПЕТРОГРАФСКИ И ГЕОХЕМИСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА СКАРНОВИТЕ ОД НАОЃАЛИШТЕТО ИБЕРЛИ
Кика Шпритова *379*

GARNET-ANDALUSITE/SILLIMANITE-BIOTITE XENOLITHS FROM THE DACITE OF SLAVKOVICA (LJIG, SW SERBIA)
Nada Vasković, Danica Srećković – Batoćanin, Suzana Erić, Vesna Matović *389*

BLADED QUARTZ TEXTURE AND ITS RELATIONSHIP TO ELECTRUM MINERALIZATION IN THE EOCENE, LOW-SULFIDATION KUKLITSA GOLD DEPOSIT, SE BULGARIA PRELIMINARY DATA
Irina Marinova, Elena Tacheva *393*

ASSOCIATION OF OXIDE MINERALS – CONCENTRATORS OF CHALCOPHILE ELEMENTS (Pb, Zn, Sb) FROM THE "MIXED SERIES" NEAR NEŽILOVO VILLAGE, MACEDONIA
Simeon Jancev, Nikita V. Chukanov, Vera N. Ermolaeva *401*

LORANDITE AND ORPIMENTE FROM EDIT-25 NORTH PART OF ALSHAR DEPOSIT
Ivan Boev, Blazo Boev *405*

NEW INVESTIGATIONS ON DUNJE PEGMATITE, MACEDONIA I: THE CONTRIBUTION TO THE KNOWLEDGE ABOUT ALKALI FELDSPARS AND ITS MINERAL PARAGENESIS
Vladimir Zebec, Snježana Mikulčić Pavlaković, Marin Šoufek, Blažo Boev, Ivan Boev, Vladimir Bermanec *413*

NEW INVESTIGATIONS ON DUNJE PEGMATITE, MACEDONIA II: RELATION TO HOST METAMORPHIC ROCKS AND ADJACENT GRANITE INTRUSIONS
Nenad Tomašić, Andrea Čobić, Blažo Boev, Ivan Boev, Vladimir Bermanec *417*

MOISSANITE METEORITE IN TERITORY OF THE REPUBLIC OF MACEDONIA
Blazo Boev, Velo Markovski, Ivan Boev *421*

МИНЕРАЛОШКО-ПЕТРОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА МИКАШИСТИТЕ ОД ОКОЛИНАТА НА С.БОНЧЕ, ПРИЛЕП
Филип Јованоски, Тена Шијакова-Иванова, Блажо Боев, Виолета Стефанова *425*

ИДЕНТИФИКАЦИЈА НА МИНЕРАЛИТЕ ОД НАОЃАЛИШТЕТО ЗА ОЛОВО И ЦИНК "ЗЛЕТОВО" СО ПРИМЕНА НА РЕНДГЕНСКО ДИФРАКЦИОНА МЕТОДА
Елена Наунова, Тена Шијакова-Иванова, Блажо Боев *431*

GEOCHEMICAL FEATURES OF SILURIAN - DEVONIANSECTION OF PELAGONIANE ZONE IN ALBANIA
Irakli Prifti, IlirAlliu, AgimYmeri *437*

GEOMICROBIOLOGICAL OBSERVATION IN MAJDANSKA REKA, ALLCHAR, MACEDONIA
Vladimir Bermanec,Jasna Hrenović, Željka Fiket, LadislavPalinkaš, Ivan Boev, Blažo Boev *447*

RADIONUCLIDES IN SOIL, MOSSES, AND MUSHROOM OF THE PRAŠNIK RAINFOREST (CROATIA)
Gordana Mednuić, Gordana Marović, Jasminka Senčar *451*

SCANNING ELECTRON MICROSCOPY STUDIES OF PARTICLES (PM-10) FROM THE TOWN OF KAVADARCI AND VILAGE VOZARCI , REPUBLIC OF MACEDONIA
Ivan Boev, Sonja Lepitkova, Blazo Boev *453*

КВАЛИТЕТ НА АМБИЕНТАЛЕН ВОЗДУХ-СУСПЕНДИРАНИ ЧЕСТИЧКИ (ПМ-10) ВО ОБЛАСТА ТИКВЕШ
Иван Боев, Дејан Мираковски, Марија Хаџи Николова, Блажо Боев *459*

GEOTHERMOBAROMETRIC INVESTIGATIONS OF HERCYNIAN GRANITOIDS OF EAST SERBIA
Dragana Bosić, Suzana Erić, Kristina Šarić, Bojan Kostić, Vladica Cvetković, Dragan Jovanović *467*

MIGRATION OF MICROELEMENTS B, NI, MO, AS, V IN COAL FORMATION SIBOVC FIELD OF KOSOVO BASIN
Agim Ymeri, Çerçiz Durmishi, Irakli Prifti, Adil Januzi *469*

СЕИЗМОТЕКТОНСКИ ЗОНИ И СЕИЗМИЧКИ ХАЗАРД ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА
Никола Думурџанов, Зоран Милутиновиќ, Радмила Шаликѓ *477*

MAP OF THE MOHO DISCONTINUITY OF THE REPUBLIC OF MACEDONIA
Todor Delipetrov, Krsto Blazev, Blagica Doneva, Risto Popovski *493*

ТЕКТОНСКА РЕОНИЗАЦИЈА И СЕИЗМИЧНОСТ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА
Благица Донева, Тодор Делипетров, Ѓорги Димов, Зоран Панов, Радмила К. Стефановска *497*

ПРОЕКТ ЗА ИЗРАБОТКА НА ДИГИТАЛНИ ГЕОФИЗИЧКИ КАРТИ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА ВО ГИС ТЕХНОЛОГИЈА СО ТОЛКУВАЧИ
Новица Столиќ, Ивица Андов *503*

НОВИ СОЗНАНИЈА ЗА ГЕОМАГНЕТНОТО ПОЛЕ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА
Марјан Делипетрев, Владимир Маневски, Крсто Блажев *513*

МЕТОД НА КОМБИНАЦИЈА НА ГЕО – ЕЛЕКТРИЧНО СОНДИРАЊЕ И КАРТИРАЊЕ
Владимир Маневски, Марјан Делипетрев, Ивица Коцев, Благој Делипетрев *521*

KOENIGSBERGER RATIO AND TOTAL MAGNETIC FIELD ANOMALY REDUCTION TO THE POLE FOR THE AREA OF MACEDONIA
Vesna Cvetkov, Dragana Đurić, Vesna Lesić, Miroslav Starčević, Mirko Petković, Snežana Petrović *529*

2D GEOPHYSICAL MODELS OF DEMIR KAPIJA OPHIOLITE COMPLEX
Dragana Đurić, Vesna Cvetkov, Ivana Vasiljević, Spomenko Mihajlović, Vladica Cvetković *535*

ГРАВИМЕТРИСКИ МРЕЖИ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА
Новица Столиќ, Мирослав Старчевиќ, Сашо Димески *539*

COMPARING GEOMAGNETIC FIELD DAILY ANOMALIES AND GEOSPATIAL SEISMICITY AND ATMOSPHERE DATA IN BALKAN COUNTRIES DURING THE *BLACKSEAHAZNET PROJECT*
Milena Cukavac, Strachimir Cht. Mavrodiev, Lazo Pekevski, Spomenko J. Mihajlovic *547*

APPLICATION OF IP/RESISTIVITY "REAL SECTION" TECHNIQUE IN SEARCH FOR SULPHIDE MINERALIZATION IN SERBO – MACEDONIAN MASSIF, KOSOVO
Përparim Alikaj, Altin Karriqi, Erjon Çollaku *553*

ORE MINERALIZATION AT STUDIED GEOMAGNETIC ANOMALIES ON MT. GOLIJA
Jovan Kovačević, Boris Vakanjac, Nikolić Dušan, Mihajlo Pandurov *559*

РЕГИСТРАЦИЈА НА ШУМАНОВ РЕЗОНАНС (ПЛ. ПЛАЧКОВИЦА)
Лазо Пекевски, Ристо Поповски, Зоран Панов, Страшимир Мавродиев *569*

3. Геологија и Економија

STRUCTURAL-METALLOGENIC MAP OF THE REPUBLIC OF MACEDONIA: PRINCIPLES AND CRITERIA
Todor Serafimovski, Alexandr Volkov, Goran Tasev *573*

THE AU/AG RATIO IN EPITHERMAL DEPOSITS
Alexander Volkov, Irina Chizhova, Anatoly Sidorov *581*

NEW DATA ON THE CENOZOIC VOLCANISM AND ORE MINERALIZATIONS IN THE PETROSHNITSA RIVER VALLEY, NW PART OF THE KRATOVO-ZLETOVO VOLCANIC AREA, REPUBLIC OF MACEDONIA
Slavcho Ivanov Mankov, Manol Stoyanov Antonov, Dmytro Rostislavovich Siroshtan,Valentin Yordanov Grozdev *589*

CHARACTERISTICS OF CHROMITE MINERALIZATION ON MT. JELICA
Predrag Mijatović, Boris Vakanjac, Dragan Jovanović, Božidar Luković *597*

3D MODELING OF SOME COPPER DEPOSITS IN THE REPUBLIC OF MACEDONIA
Todor Serafimovski, Christos Christidis, Dalibor Serafimovski, Goran Tasev,Mitko Ligovski, Igor Ivanovski, Lazar Gjorgjiev *605*

THE VRSHNIK ORE BODY A POSSITIVE EXAMPLE FOR EXPLORATION, EXPLOITATION AND FILLING IN THE BUCHIM COPPER MINE, EASTERN MACEDONIA
Kiril Filev, Todor Serafimovski, Lazar Gjorgjiev, Goran Tasev, Mite Mitev, Metodi Stojanov *613*

THE OCCURRENCE OF IRON MINERALIZATION IN VICINITY OF OSTENJAK (ARANĐELOVAC), SERBIA
Nemanja Pantelić, Bojan Kostić, Predrag Vulić *619*

OVERVIEW OF THE NATURAL PARAMETERS FROM THE GEOLOGICAL-ECONOMICAL EVALUATION OF THE BOROV DOL ORE DEPOSIT, REPUBLIC OF MACEDONIA
Lazar Gjorgjiev, Todor Serafimovski, Kiril Filev, Goran Tasev *621*

COPPER ORECLASTS OF OLISTOSTROME ORIGIN AT BOR, SERBIA
Ivan Antonijević *629*

РЕЗУЛТАТИ ОД ПРЕЛИМИНАРНИТЕ ПРОСПЕКЦИСКИ ИСПИТУВАЊА НА ЗЛАТО ВО АЛУВИОНОТ НА ПЕКЉАНСКА РЕКА, ВИНИЦА
Виолета Стефанова, Марин Александров, Тодор Серафимовски, Горан Тасев, Војо Мирчовски *635*

SUPERGENE PROCESSES IN THE COPPER MINERALISATION AT THE KRALJIČIN ZDENAC ON THE MEDVEDNICA MT.
Ladislav A. Palinkaš, Danijela Šmajgl, Andreja Čobić, Vladimir Bermanec *643*

THE CRVEN DOL ARSENIC-THALIUM MINERALIZATION IN ALSAR DEPOST IN THE REPUBLIC OF MACEDONIA
Ivan Boev, Blazo Boev, Sonja Lepitkova *649*

PREBAIKAL FORMATION ON THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF MACEDONIA AS SIGNIFICANT BEARERS OF QUARTZ RAW MATERIALS
KrstoBlazev, Gorgi Dimov, Blagica Doneva, Marjan Delipetrov *659*

GENESIS OF OIL IN THE DEEPEST MIOCENE SOURCE ROCKS IN THE NORTH-WEST PART OF SAVA DEPRESSION
Snježana Blažeković Smojić, Vesna Hrženjak, Darko Tomašić, Tamara Troskot-Čorbić, Marina Mužina *665*

КВАЛИТАТИВНИ КАРАКТЕРИСТКИ НА АМФИБОЛСКИТЕ ШКРИЛЦИ ОД ЛОКАЛИТЕТОТ “ПОЧИВАЛО“ ИСТОЧНА МАКЕДОНИЈА КАКО ОСНОВА ЗА НИВНА УПОТРЕБА КАКО АРХИТЕКТОНСКО – ГРАДЕЖЕН КАМЕН
Орце Спасовски, Даниел Спасовски *675*

DIMENSIONAL STONE DEPOSITS IN WESTERN MACEDONIA
Ljupche Kulakov *681*

МОЖНОСТИ ЗА КОРИСТЕЊЕ НА ОНИКСОТ И ТРАВЕРТИНОТ ОД ЛОКАЛИТЕТОТ ДЕКОВА ДАБИЦА КАКО АРХИТЕКТОНСКИ КАМЕН
Орце Спасовски, Даниел Спасовски *689*

ТЕКТОНСКАТА ПОВРЗАНОСТ НА РАСЕДНАТА ЗОНА ЖИВОЈНО -БРОД ГНЕОТИНО- СУВОДОЛ
Љупчо Петрески, Марија Манева, Анита Мартиновиќ *695*

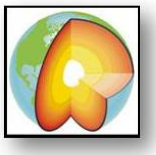
ГЕОЛОШКИ РЕЗЕРВИ НА ЈАГЛЕН ВО ПЕ "РУДНИЦИ"- РЕК БИТОЛА
Љупчо Петрески, Елизабета Митревска, Марија Манева *701*

ЕНЕРГЕТСКА ПОТЕНЦИЈАЛНОСТ НА БИТОЛСКИОТ ДЕЛ ОД ПЕЛАГОНИСКАТА КОТЛИНА НА ПРОСТОРОТ ПОМЕЃУ СЕЛАТА ЛОЗНАНИ И КАНАТЛАРЦИ НА СЕВЕР И ОРИЗАРИ И НОВАЦИ НА ЈУГ
Никола Богатиновски, Стојанче Николов, Петре Пасков *709*

MINING / MINERAL SUPPORT SERVICES PROJECT
Duška Rokavec, Tina Benda *719*

Трет Конгрес на Геолозите на Република Македонија

МАКЕДОНСКО ГЕОЛОШКО ДРУШТВО – Скопје 1952
MACEDONIAN GEOLOGICAL SOCIETY – Skopje 1952



КЛИМАТСКИТЕ ПРОМЕНИ И ДОКАЗИТЕ ВО ГЕОЛОШКИТЕ ЗАПИСИ НА ПРИМЕРИТЕ НА НАЈГОЛЕМИТЕ МАСОВНИ УНИШТУВАЊА НА ВРСТИТЕ

P-T ГРАНИЦА
K-T ГРАНИЦА

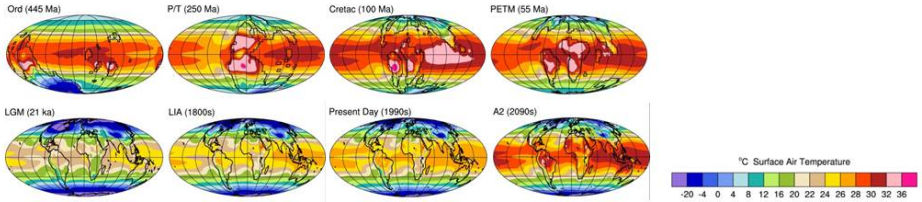
Пленарно предавање

Проф. д-р Блажо Боев

30.IX.2016 – Струга

Што претставува климатска промена и како геолозите дознаваат за истата?

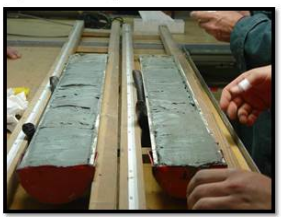
- **Температурата** на земјата и временските услови природно се променуваат во текот на одреден период кој варира од десетици, преку стотици или илјадници, до милиони години.
- **Климата** претставува статистички просек на времето земено во текот на долг период, обично 30 год. Никогаш не е постојана, туку е предмет на константни нарушувања, кои понекогаш по својата природа и влијание се мали, но друг пат се многу поголеми. Во некои случаи овие промени се постепени, а во други се многу брзи.



Трет Конгрес на Геолозите на Република Македонија

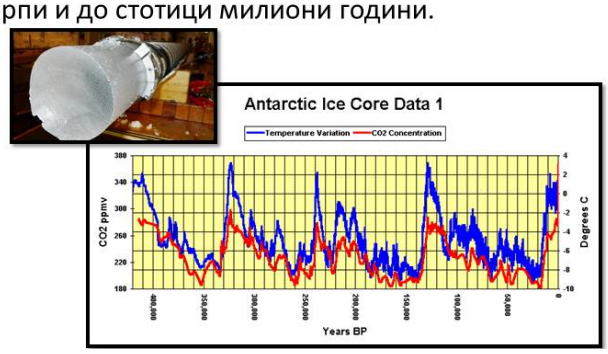
Што претставува климатска промена и како геолозите дознаваат за истата?

- Докази за климатските промени постојат во голем број на **геолошки средини:** морските и езерски седименти, ледените плочи, фосилни корали, сталагмити и фосилните годови на дрвјата. Напредокот во геолошките истражувањата на терените, лабораториските техники и нумеричкото моделирање им овозможуваат на геолозите со голема веројатност да покажат како и зошто се променила климата во минатото.
- Оваа битна основа на знаење за минатото обезбедува контекст за пресметување на евентуалните промени во иднина.



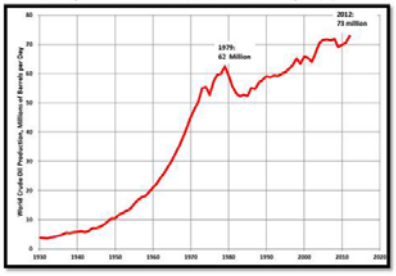
Што претставува климатска промена и како геолозите дознаваат за истата?

- На пример, јадрата добиени со дупчење на ледените плочи даваат информации за поларните температури и атмосферскиот состав пред 120.000 години на Гренланд и 800.000 години на Антарктикот. Океанските седименти имаат сочувано доказ за десетици милиони години наназад, додека постарите седиментни карпи и до стотици милиони години.



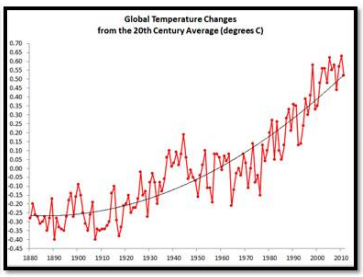
Кои се основани грижи?

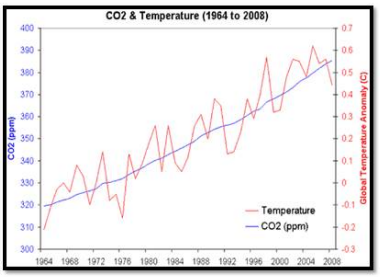
- Во текот на последниот век е забележана брзорастечка глобална популација и поинтензивна употреба на ресурсите, што води до зголеменост на емисијата на гасови, како CO_2 и CH_4, од горењето на фосилни горива (нафта, гас и јаглен), и од земјоделието, производството на цемент и дефорестација (помеѓу 1990-2015 Земјата изгубила 129 M ha шума - големина споредлива со територијата на Јужна Африка).



Кои се основани грижи?

- Доказите од геолошките записи се во согласност со физиката, кои покажуваат дека додавањето на големи количини на CO_2 во атмосферата глобално ја зголемува температурата а што доведува до: повисоко ниво на моријата и поплавување на ниските крајбрежја; голема промена во шемите на врнежите; зголемена киселост на океаните и намалено ниво на кислород во моријата.

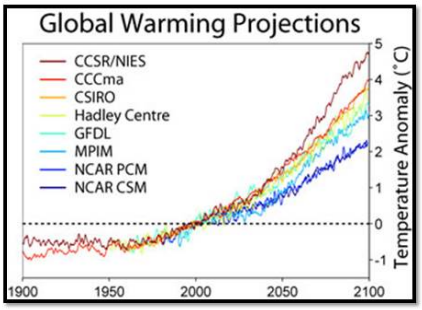


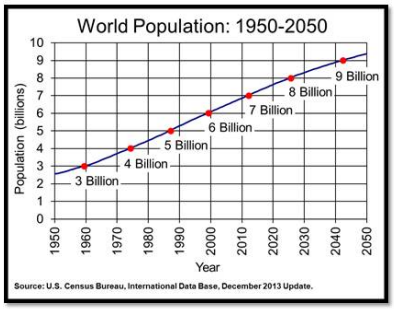


Трет Конгрес на Геолозите на Република Македонија

Кои се основани грижи?

- Постои општа загриженост дека климата на Земјата и понатаму ќе се затоплува, не само поради долготрајното влијание на дополнителниот јаглерод кој е веќе додаден во атмосферата, туку и поради очекуваниот додатен прираст на CO_2 поради тренодот на раст на популацијата.





Кои се основани грижи?

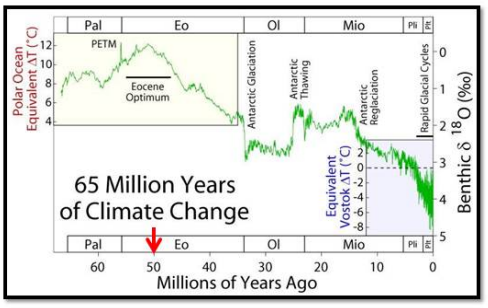
- Животот на Земјата има преживеано големи климатски промени во минатото, а истребувањето и прераспределбата на видовите е поврзано со истите. Порастот на морското ниво од неколку метри би имало многу мало влијание на **Homo sapiens** кога човечката популација била мала и номадска. Со сегашната и растечка глобална популација, со најголема концентрација на населението во крајбрежните градови, таквиот раст на нивото на морето би имал драстичен ефект на нашето сложено општество, особено при нагли промени на климата како во минатото.
- Многу веројатно е со понатамошното затоплување во некои области да се намали количината на врнежите, што ќе доведе до суша.
- Со зголемувањето на морињата и зголемувањето на сушата може да се створи голем притисок за миграција на луѓето.

Трет Конгрес на Геолозите на Република Македонија

Кога и како се формираше денешната клима?

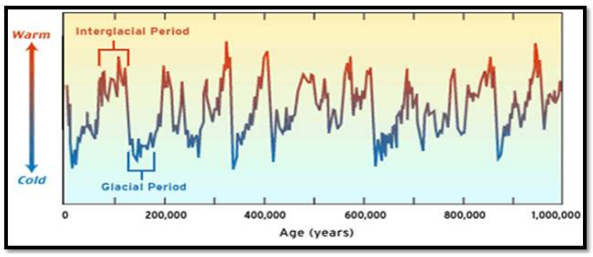
- Климата на Земјата постепено се ладеше најголемиот дел од последниве 50 М год.

- На почетокот на тоа ладење (**во раниот Еоцен**) глобалната просечна **Т** била од 6-7 °C потопла од сегашната.
- Пред околу 34 М год. (**крајот на Еоцен**), ледените површини се соединиле и се формирала континентална ледена покривка на Антарктикот.
- Во северната хемисфера, со продолжувањето на глобалното ладење, **пред околу 2.6 М год**. локалните ледени површини и планински глечери биле заменети со огромни ледени покривки.



Кога и како се формираше денешната клима?

- Земјината клима била во просек посвежа од денешната, и често многу поладна во текот на минатите 2.6 М години (Плеистоцен и Холоцен). Тој период е познат како „Ледена доба“, низа глацијални периоди, поделени со кратки топли „интерглацијални“ периоди кои траеле од 10.000 до 30.000 год.
- Моментално живееме во еден таков интерглацијален период. Сегашниот топол период (познат како **Холоцен**) се формирал пред само 11.500 год., и оттогаш нашата клима е релативно стабилна.

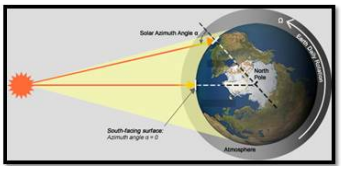


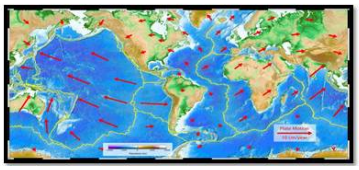
И покрај тоа што моментално ја немаме огромната ледена покривка на Северната Хемисфера од Плеистоценот, постојат огромни ледени покривки на Гренланд и Антарктикот.

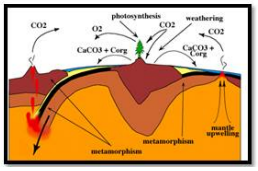
Трет Конгрес на Геолозите на Република Македонија

Што ги предизвикува климатските промени?

- Сонцето ја загрева Земјата (најмногу тропските предели, а најмалку половите). Сезоните доаѓаат и заминуваат како што Земјата орбитира околу Сонцето по својата навалена оска. Климатските промени можат да бидат предизвикани од многу фактори што се испреплетуваат во различни временски периоди, со промена на количината на Сончевата топлина која се задржува на површината на Земјата и распределбата на таа топлина на планетата. Во геолошкото време континентите се поместуваат, океанските базени се отвораат-затвораат, планините растат и се намалуваат. Вулканските ерупции испуштаат гасови и прав високо во атмосферата, предизвикувајќи времено ладење. Промените во изобилието на гасови во атмосферата како водена пара, CO_2 и CH_4 влијаат на климата преку Ефектот на стаклена градина.

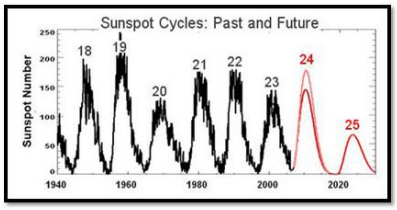


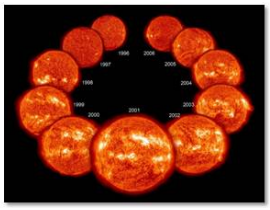


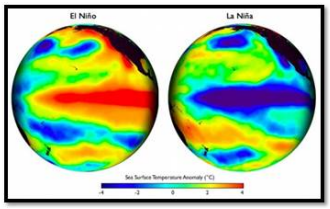


Што ги предизвикува климатските промени?

- Како и долгогодишниот тренд на ладење, постојат докази од ледените и седиментните јадра за циклуси на климатски промени кои траеле десетици до стотици илјади години. Овие климатски промени можат да се поврзат со мали, но предвидливи промени во Земјината орбита и навалувањето на Земјината оска. Овие предвидливи промени го диктираат темпото на глацијалните-интерглацијалните циклуси на ледената доба во последните 2.6 М год. Особено е важен и 11 годишниот циклус на сончевите дамки (предизвикува многу мало загревање на Земјата кога има повеќе сончеви дамки и многу мало ладење кога има малку). Сложените шеми на атмосферската и океанската циркулација предизвикуваат Ел Нињо и Ла Нињa феномени поврзани со климатски осцилации во текот на неколку год.

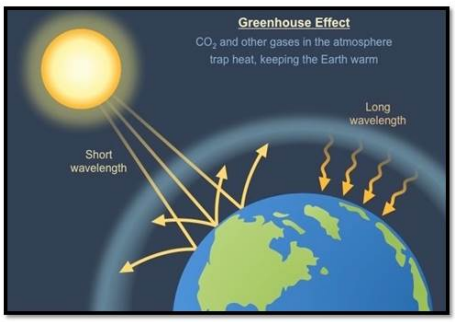


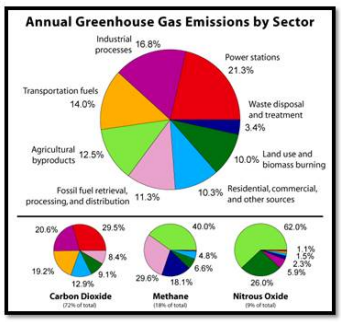




Што претставува Ефектот на стаклена градина?

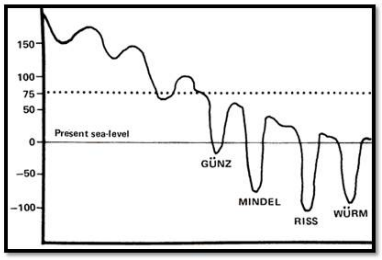
- Ефектот на стаклена градина се појавува бидејќи одредени гасови (т.н. стаклени гасови) во атмосферата ги апсорбираат долгите инфрацрвени зраци кои се емитираат од Земјината површина и повторно ги зрачат, така затоплувајќи ја атмосферата. Овој природен ефект ја одржува нашата атмосфера околу 30°C потопла отколку што би била без овие гасови. Зголемувањето на концентрацијата на овие гасови би го зголемило ефектот (т.е. повеќе ќе ја затопли атмосферата).

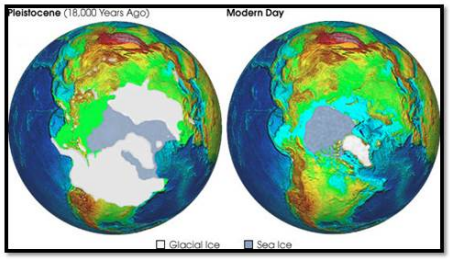




Каков ефект имаат природните циклуси на климатски промени врз планетата?

- Глобалното ниво на морето е многу осетливо на промени на глобалните температури. Ледените покривки растат кога Земјата се лади и се топат кога се затоплува. Затоплувањето исто така го затоплува и океанот предизвикувајќи ширење на водата и раст на морското ниво. Кога ледените покривки го достигнаа максимумот за време на Плеистоценот, светските морски нивоа паднаа најмалку 120м под моменталното ниво.

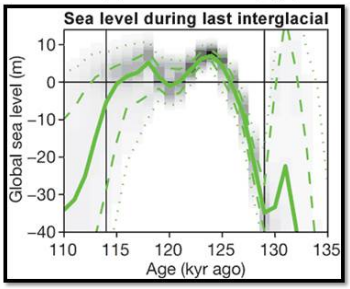




Трет Конгрес на Геолозите на Република Македонија

Каков ефект имаат природните циклуси на климатски промени врз планетата?

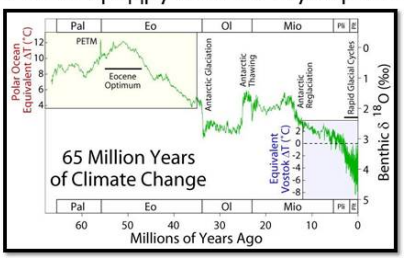
- Релативно малото зголемување на глобалната температура во минатото довело до зголемување на морското ниво од неколку метри. Во одредени делови од претходниот интерглацијален период, кога поларните температури достигнале 3-5°C над денешните, глобалното морско ниво било околу 4-9м повисоко од денешното. Глобалните шеми на врнежи за време на глацијалниот период биле многу различни од денешните.



Дали се случила во минатото нагла климатска промена?

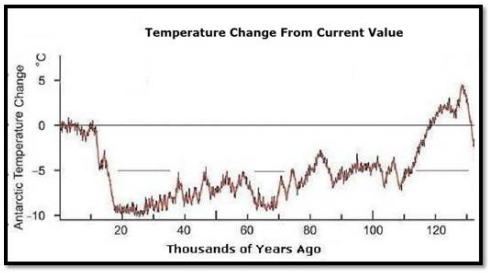
- **Да.** Пред околу 55 М год. пораст на **Т** на глобално ниво 6°C и околу 10-20°C на половите. Изотопите на **С** покажуваат дека ова затоплување (т.н. Палеоценски-Еоценски термален максимум или PETM) бил придружен од големо испуштање на **С** во океанот и атмосферата од 1500-2000 милијарди **т**. или повеќе. Ова зголемување на концентрацијата на **С** може да е резултат на распаѓањето на CH_4 хидрати под длабокото морско дно, веројатно поттикнато од вулканската активност од глобалниот тренд на постепено затоплување кој го достигнал својот врв пред околу 50 М год. во раниот Еоцен. Во тоа време нивото на CO_2 веќе било високо, но додатниот CO_2 во атмосферата и океанот дополнително го затоплил океанот, со помалку **О** и поголема количина на киселина, што било придружено со изумирање на многу видови од морското дно.

Слични ситуации на затоплување се познати и од подалечното минато, на пример од пред околу 120 и 183 М год. Во сите овие ситуации на Земјата и биле потребни околу 100.000 год. за опоравување, што кажува дека испуштањето на CO_2 во такви големи количини може да влијае на климата на Земјата за таков временски период.



Дали постојат скорешни примери на нагли климатски промени?

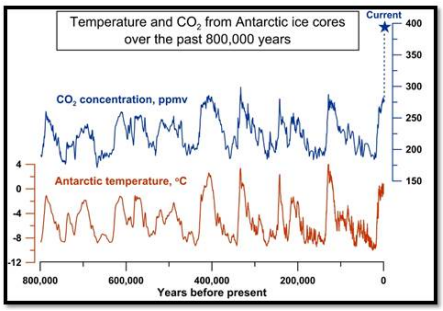
- Ненадејни промени на климата можат да се појават во многу пократки временски периоди. Ледените јадра на Гренланд даваат информација дека за време на последната глацијална фаза (пред 100.000-11.500 год.) температурата претрпела затоплување и ладење неколку пати со повеќе од 10°C. Ова било придружено со голема климатска промена околу северната хемисфера, и особено силно се чувствувало во Северно Атлантскиот регион.



За секоја епизода на ладење и греење било потребно неколку декади за развој и траела неколку стотици години. Климатскиот систем за време на тие глацијални периоди бил нестабилен и подложен за брзи промени со мало предупредување помеѓу двете спротивни состојби. Овие промени се скоро сигурно предизвикани од промени во начинот на кој океаните ја пренесувале топлината помеѓу двете хемисфери.

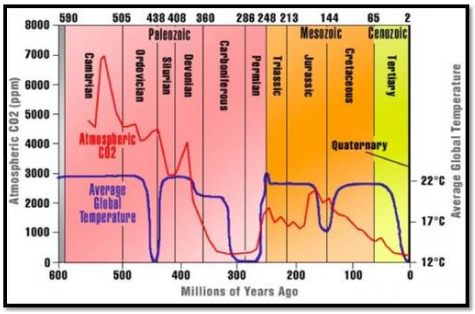
Како нивоата на CO_2 во атмосферата се промениле за време на ледената доба?

- Атмосферата во последните 800.000 год. се испитува преку воздушните меурчиња во ледените јадра во Антарктикот. CO_2 варирал од 180 ppm до 280ppm. Палеоклиматолозите сметаат дека првичното затоплување кое е предизвикано од промените на Земјината орбита и навалувањето на оската со тек на време предизвикале испуштање на CO_2 од затоплениот океан и преку тоа зголемување на **T**.



Како се променувал CO_2 во атмосферата во подолг временски период?

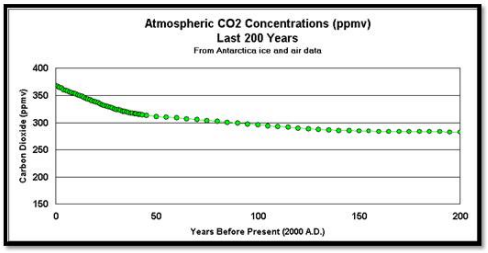
- Тешко е да се пресметаат претходните нивоа на CO_2 во атмосферата за периоди постари од оние кои можат да се испитаат во ледените јадра. Поголемиот дел на експертите се согласни дека имало значително намалување на CO_2 во атмосферата од повеќе од 1000 ppm пред 50 М год. до вредностите пресметани во ледените јадра во минатите 800.000 год.



Намалувањето на CO_2 е веројатно една од главните причини за ладењето кое довело до формирање на големата ледена покривка на Антарктикот. Промените во циркулацијата на океанот околу Антарктикот веројатно играле улога во временскиот распоред и степенот на негово формирање.

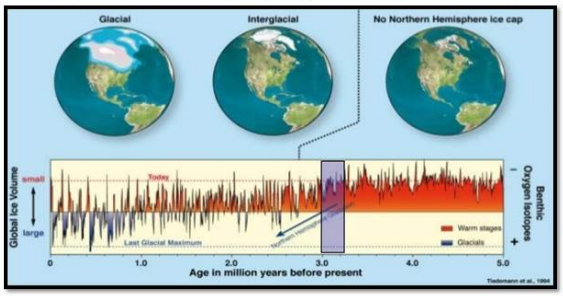
Како се променувал CO_2 во атмосферата во поново време?

- Атмосферскиот CO_2 моментално се наоѓа на ниво на 390 ppm. Во последните 200 год. се има зголемено за 1/3. 1/2 од тоа зголемување се случило во последните 30 год. Ова ниво и стапката на зголемување се невидени во споредба со степенот на CO_2 во воздушните меурчиња во ледените јадра (170-300 ppm). Постои доказ дека стапката на зголемување на CO_2 во атмосферата за време на наглото глобално затоплување од пред 183 М год. (рана Јура) и веројатно пред 55 М год. (PETM) било многу слично на денешната стапка.



Кога последен пат нивото на CO_2 било исто со денешното, и каков бил светот тогаш?

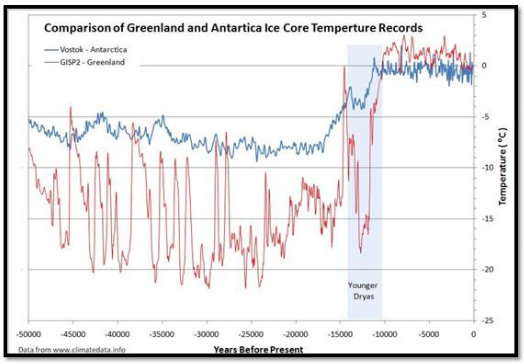
- Најскорашните пресметки укажуваат на тоа дека во одредено време помеѓу 5.2 и 2.6 М год (за време на Плиоценот), концентрацијата на јаглероден диоксид во атмосферата достигнала помеѓу 330 и 400 ppm. За време на овие периоди, глобалната **Т** била 2-3°C повисока од денешната, и морското ниво било за 10-25 **м** повисоко од денешното.



За време на Плиоценот постоело големо варирање на ледената покривка на Гренланд и Западниот Антарктик и за време на топлите интервали овие области биле веројатно во голем дел без мраз. За време на топлите интервали можно е дел од мразот да се изгубил и од делови на Источниот Антарктик. Тундрата била заменета со зимзелени шуми на високите надморски височини на Северната Хемисфера, Арктичкиот океан, исто така, повремено бил без морски мраз.

Дали истата промена во температурата се случила секаде при промената на глобалната температура?

- **Не.** За време на глацијалните периоди во Плеистоценот, намалувањето на **T** било поголемо во поларните отколку во тропските предели. Постои добар доказ дека разликата помеѓу поларните и тропските **T** во потоплата клима на Еоценот до Плиоценот била помала отколку денес.



Истражувањата на ледените јадра исто така покажуваат разлики помеѓу Гренланд и Антарктикот во однос на големината и деталите на историјата на **T** на две места, што покажува спор пренос на океанската топлина помеѓу двата пола.

Трет Конгрес на Геолозите на Република Македонија

ЗАКЛУЧОК

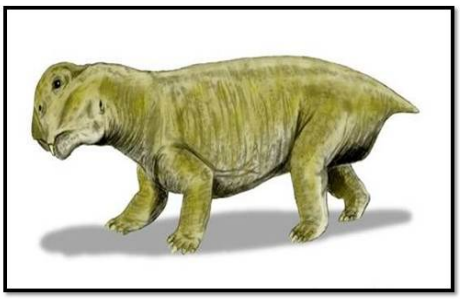
- Во текот на најмалку последните 200 М год. фосилната и седиментната евиденција покажува дека Земјата има претрпено многу варијации на климата, од потопла од денешната клима до многу поладна, во многу различни временски периоди. Неколку затоплувања можат да се поврзат со зголемувањето на „стаклениčкиот гас“ CO_2. Постои доказ за нагло огромно внесување на јаглерод во атмосферата, што се случило пред 55, 120 и 183 М год., веројатно од наглото распаѓање на CH_4 хидрати под морското дно. Во тоа време, затоплувањето кое следувало би го зголемило испарувањето на водата од океанот, со што CO_2 станува причинителот, а не единствено средство за промените. За време на ледената доба во последните 2.5М год. или слично, исто така, периодичното затоплување на Земјата во однос на промената на нејзината положба во однос на Сонцето довело до загревање на океаните, испуштајќи CO_2 и водена пара, со што се проширило затоплувањето во топлите интерглацијални периоди. Тој процес бил зголемен со топењето на морскиот и копнениот мраз, затемнувајќи ја површината на Земјата и намалувајќи ја рефлексијата на сончевата енергија назад во вселената.

ЗАКЛУЧОК

- Додека овие минати климатски промени можат да бидат поврзани со геолошки настани, не е можно да се поврзе Земјиното затоплување од 1970 год. со ништо што може да се препознае како геолошки причинител (како вулканска активност, континентално поместување, или промена на енергијата која се добива од сонцето). Ова неодамнешно затоплување е придружено со зголемување на CO_2 и намалување на мраз на Арктичкиот океан, и двете појави – согласно физичката теорија и геолошките аналогии – се очекува да ја затоплат климата. Различни линии на докази за климатски промени, јасно укажуваат дека голем дел од модерното зголемување на CO_2 е резултат на согорувањето на фосилни горива, со придонес и од производството на цемент и од оголувањето на шумите.

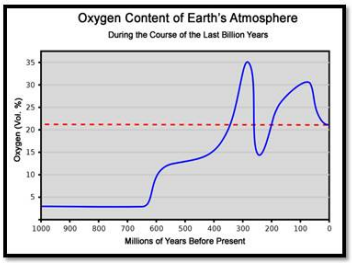
П-Т ГРАНИЦА

- Големото изумивање на врстите на границата ПЕРМ и ТРИЈАС се случило пред 252,28 М год. (граница помеѓу ПАЛЕОЗОИК со МЕЗОЗОИК)
- Ова е најголемо познато изумивање на врстите во целокупната еволуција на земјата како планета: 96 % од сите тогашни морски врсти се изумрени; 70 % од сите копнени врсти се изумрени. Поради масовноста на изумрените врсти, обновувањето на врстите траело околу 10М год.



П-Т ГРАНИЦА

- Како е датирано ова изумирање
- Карпите од овој период се многу ретки
- Со методата на ЦИРКОН од одредени карпести секвенци во јужна Кина границата на ПЕРМ-ТРИЈАС е одредена на 252,28+-0.08 М год.
- Доказите упатуваат на фактот за голема промена во средината со што глобалната температура била зголемена за 8° С
- Како последица на зголемување на количината на CO_2 на 2000 честички на m^3, а намалување на количината на O_2



За споредба, концентрацијата на CO_2 пред индустриската револуција изнесувала 280 честички на m^3, додека во 2010 год. оваа концентрација изнесува 388 честички на m^3.

Трет Конгрес на Геолозите на Република Македонија

П-Т ГРАНИЦА

- Тешко е да се одреди кои се главните причини за глобалните промени на климата
- Ова се случило пред 250М год. при што најголемата количина на докази се веќе уништени или се скриени длабоко во земјените слоеви.
- Океанското дно се рециклира на секои 200 М год. поради што нема корисни докази во океанското дно.
- Кои се теориите за овој настан:

П-Т ГРАНИЦА

- Оваа теорија се појавила после теоријата за изумирањето на диносаурусите на познатата Креда-Терциер (К-Т) Граница (65 М Год.)
- К-Т Границата е маркирана со т.н. ИРИДИУМСКИ СЛОЈ
- На границата на ПЕРМ-ТРИЈАС нема Иридиумски слој

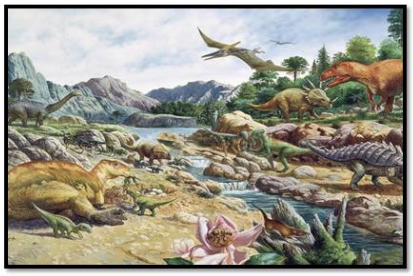
Трет Конгрес на Геолозите на Република Македонија

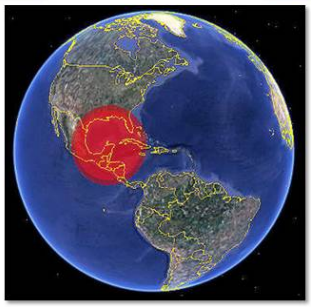
П-Т ГРАНИЦА

- Кон крајот на Перм (на границата П-Т) се случила најголемата вулканска ерупција во Земјината историја
- Базалтни лави во сибир покриле површина од преку 2 М km^2
- Староста на овие лави е одредена на 251,2 М год.
- Оваа ерупција во атмосферата на Земјата исфрлила:
  - Огромна количина на прашина со што се намалила сончевата светлина а со тоа се пореметил процесот на фотосинтезата што на крај доведува до прекин на синџирот на исхраната
  - Зголемената количина на **S** во атмосферата доведува до појава на кисели дождови кои го уништуваат растителниот свет, како и мекотелите и планктонот кој имал скелет од $CaCO_3$
  - Огромна колинина на CO_2 со што настанало глобално загревање на атмосферата

Трет Конгрес на Геолозите на Република Македонија

К-Т ГРАНИЦА





Трет Конгрес на Геолозите на Република Македонија

МАКЕДОНСКО ГЕОЛОШКО ДРУШТВО – Скопје 1952
MACEDONIAN GEOLOGICAL SOCIETY – Skopje 1952

ВИ БЛАГОДАРАМ
НА
ВАШЕТО ВНИМАНИЕ
!!!

ГЕОЛОШКИ ЗАВОД НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

Костадин Јованов
Геолошки завод на Република Македонија, Бул. Св.Климент Охридски бр. 15, 1000 Скопје,
e-mail: kostadin.jovanov@geol.gov.mk

Абстракт
Геолошкиот завод на Република Македонија (во понатамошниот текст: Геолошки завод) е формиран во 2012 година за основните геолошки истражувања од јавен интерес за Република Македонија и за геолошката база со геолошки податоци од геолошките истражувања во Република Македонија. Со цел подигање на квалитетот на геолошката документација, а и пополнување на геолошката база со геолошки податоци стручната оценка (ревизија) на геолошката документација од 2013 година ја врши Геолошкиот завод.
Клучни зборови: Геолошки завод, геолошки истражувања, геолошки карти, ГИС, геолошка документација.

ВОВЕД

За потреби на основните геолошки истражувања, средување, архивирање, уредување и раководење со геолшките податоци во 2013 година формиран е Геолошки завод.

Во рамки на своите активности Геолошки завод воспостави соработка со државните органи и научни институции во државата.

Во делот на меѓународни активности воспостави соработка со геолошките заводи/институти во регионот и Европа, а стана полноправна членка во асоцијацијата на геолошките заводи на европа EuroGeoSurveys-EGS.

Геолошки завод активно работи на прием во други мегународни геолошки здруженија и заедно со други геолошки заводи земаме учество во реализација на меѓународни проекти од областа на геологијата од инетрес за Република Македонија.

Идни планови се екипирање, опремување, усовршување, а со цел поголема спремност и конкурентност.

НАДЛЕЖНОСТ

Геолошки завод има статус на стручна, самостојна, управна организација, со својство на правно лице, основан заради основните геолошки истражувања, а кои се од јавен интерес на Република Македонија, со 100 % финансиран од Буџет на Република Македонија.

Со Геолошкиот завод раководи директор и има 19 вработени распоредени во 5 оделенија (слика 1), од кои 14 се геолошки инженери

Слика 1. Органограм на Геолошки завод

Согласно Законот за Геолошкиот завод на Република Македонија и Законот за минерални суровини Геолошкиот завод е надлежен за вршење на:

- истражувачки, стручно аналитички и други работи од областа на основните геолошки истражувања од јавен интерес на Република Македонија (изработка на основни геолошки, хидрогеолошки, инженерскогеолошки, геохемиски, геофизички и др.) и подготовка нивна за печатење;
- утврдување на закономерноста на концентрацијата и разместувањето на природните минерални суровини во земјината кора;
- подготовка на геолошките подлоги за просторно планирање, градежништво, водоснабдевање, земјоделие, шумарство, урбанизација и изградба на инфраструктурни објекти;
- учествува во изработка на стратегијата за геолошки истражувања, одржливо искористување и експлоатација на минерални суровини;
- воспоставување на контакти со меѓународни геолошки институции преку размена на геолошки информации, за геолошкиот состав и структура на земјината кора, подготвува и реализира заеднички истражувачки проекти;
- подготвува геолошки податоци за меѓународниот геолошки информациски систем;
- подготвува програми за основни геолошки истражувања на просторот на Република Македонија;
- врши архивирање, управување и издава геолошки податоци;
- го креира и развива единствениот геолошки информациски систем;
- издава согласности за вршење на научни и проспекциски геолошки истражувања
- врши стручна оцена (ревизија) на геолошката документација.

РЕАЛИЗИРАНИ АКТИВНОСТИ

1. Основни геолошки истражувања

Се реализират преку годишна Програма за основни геолошки истражувања.

Програмата е финансирана 100% од Буџет на Република Македонија, а на предлог на Геолошки завод ја донесува Владата на Република Македонија.

Во 2015 година изготвени се:

- Проект за изработка на дигитални геолошки карти на Република Македонија во мерка 1:25000 со примена на методологија на ГИС;
- Проект за водење на биланс на геолошки и рудни резерви на минерални суровини во Република Македонија;
- Проект за формирање на катастар на наоѓалишта на минерални суровини во Република Македонија;
- Проект за изработка на дигитални основни геофизички (гравиметриски и геомагнетни) карти на Република Македонија во ГИС и нивна геолошка интерпретација со изработка на толкувачи и
- Проект за усогласување на геологијата во пограничниот појас на Република Македонија со Република Грција.

2. Проект за Геолошка база на Република Македонија

Од поранешните геолошки истражувања во повеќе деценискиот период од Втората Светска војна до денес создадена е голема база на геолошки податоци и информации за територијата на Македонија. Истата во тоа време била сместена на различни места и тоа: фондот на некогашниот Советот за истражувачки работи во рударство на С.Р. Македонија, Геолошки завод – Скопје, Сојузен геолошки завод на СФРЈ, во Министерството за економија на Република Македонија, факултетите и дел во приватните компании.

По отпочнувањето со работа во 2013 година Геолошкиот завод започна со активности за преземање на целокупната геолошка документација од Архивот на Југославија во Белград, од Архивот на Република Македонија и од другите институции во Република Македонија.

По првземање на документацијата се отпочна со нејзино архивирање (слика 2), а се отпочна и со формирање на дигиталната база на геолошките податоци преку

поставување на геолошки имформациски систем на Република Македонија.

Слика 2. Геолошка документација на Геолошкиот завод

Геолошкиот имформациски систем на Република Македонија ќе биде централно место, каде јавниот сектор, научно-истражувачките установи, приватните правни и физички лица, ќе можат да користат геолошки податоци и информации. Податоците од геобазата овозможуваат поефикасно работење на државните институции во контролата, планирањето и управувањето со геолошките ресурси на државата, а исто така се основа за понатамошни истражувања и инвестициони вложувања кои ќе донесат економски бенефит на земјата.

3. Геолошки завод и НИПП

Геолошки завод во 2016 година стана член на Национална инфраструктура на просторни податоци (НИПП), во која со закон е уредено поставувањето, организационата структура, одржувањето и управувањето со просторните податоци на Република Македонија, а во која се вклучени и геолошките податоци од геолошките истражувања и испитувања.

Целта на НИПП-от е олеснување на пристапот, размената, употребата и дистрибуцијата на стандардизирани просторни податоци и услуги на ефикасен, ефективен и усогласен начин, а кој представува технолошка, правна и административна рамка за меѓу институционална соработка која ги поддржува иницијативите за е-влада и го овозможува интегрирањето на просторни податоци од различни извори во една мрежа.

Во Законот за национална инфраструктура на просторни податоци имплементирана е Директивата 2007/2/ЕЗ на Европскиот парламент и на Советот на Европска унија од 14 март 2007 година за воспоставување на инфраструктура на просторни информации во Европската заедница (INSPIRE).

4. Дигитализација на геолошките карти

Геолошкиот завод отпочна со изработка на "дигитална геолошка карта" во мерка 1:25 000 и 1:100 000 во ГИС-технологија на Република Македонија.

Моделот на геобазата се базира на искуствата од развиените земји, како и современите информациски технологии користејќи ГИС база на просторни податоци, овозможувајќи понатамошен нивен развој и нејзина лесна надградливост.

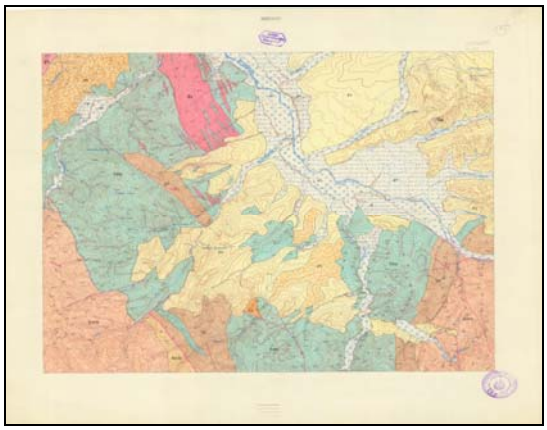
Како основна карта на моделот на геолошката база на Република Македонија е избрана Основна геолошка карта во мерка 1:25000 (слика 3), карта врз основа на која е изработена и печатена Основна геолошка карта на СФРЈ во мерка 1:100 000 (ОГК-1 на 25 листа). Основната геолошка карта во мерка 1:25 000 за територија на Република Македонија опфаќа 298 листа (секции). Ги содржи сите потребни релевантни податоци за цела територија на Република Македонија и како таква истата може да се вгради во сите апликации од областа на геологијата и за користење на НИПП. Времето потребно за векторизација е поголемо во однос на картите со поголем размер, но затоа пак истата како таква дава подетални податоци.

За регионите каде се изработени геолошки карти во покрупна мерка, истите се компилирани и тоа: основна геолошка карта во мерка 1:50000 ОГК-2, лист Ќустендил Д К34-70.D, лист Делчево В К34-82.В и лист Делчево D К34-82.D.

При изработка на дигитална геолошка карта во мерка 1:25 000 (слика 4), а со векторизација на картите се изврши скенирање и дигитализација на печатените основни геолошки карти во мерка 1:100 000 (слика 5 и 6) со внесување и на

толкувачите, извештаи и други текстуални и табеларни содржини во дигитална форма во геолошката база на Република Македонија. За овие потреби Геолошки завод поседува лиценци на ESRI за ArcGIS, како и опремен технички кадар за имплементација на ГИС-от во геологијата.
Можности и употреба на дигиталната основна геолошка карта се:

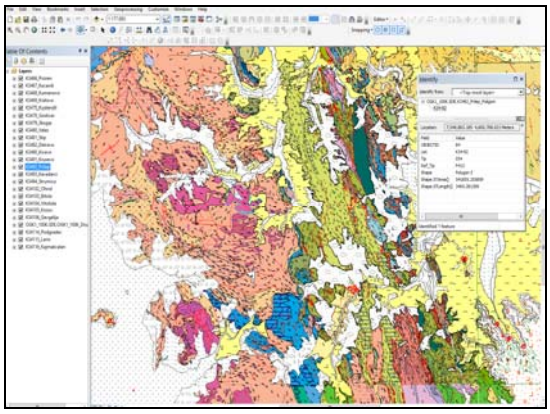
- ефикасна и продуктивна секојдневна работа во Геолошкиот завод и институциите со кои соработува во Република Македонија,
- геолошки карти со сите нивни елементи за секој од 25-те листа на едно место, достапни со еден клик,
- едноставен преглед и идентификација на елементите на картите, како предуслов за основни и напредни геолошки анализи во научни и истражувачки проекти,
- можности за комбинирано користење со други податоци.



Слика 3. Основна геолошка карта 1:25 000, лист Берово - аналогна форма (Ковачевиќ М.и Ракиќевиќ Т., 1973)

Слика 4. Основна геолошка карта на Република Македонија (растерски формат - компилација на листовите во мерка 1:25 000 (Јовичиќ Л., 2014)

Слика 5. Основна геолошка карта на Република Македонија (растерски формат-компилација на листовите во мерка 1:100000) (Јовичиќ Л., 2014)



Слика 6. Основна геолошка карта во мерка 1 :100000 во ГИС

5. Ревизија на геолошка документација

Согласно закон геолошка документација за основните, деталните и проспекциските геолошки истражувања, подлежи на стручна оценка-ревизија.
Цел на ревизијата е проверка и контрола во поглед на пропишаните мерки, стандарди и технички нормативи за заштита при работа, сигурноста на луѓето, на подземните, површинските и соседните објекти и заштитата на животната средина, како и во поглед на примената на современите достигнувања и методи во геологијата и другите научни и технички дисциплини. Ревизиите ги вршат Комисии, а во кои членуваат геолози од Геолошкиот завод како и надворешни членови – експерти.
Покрај вршењето на стручна оцена (ревизија) на геолошката документација оваа процедура претставува и солидна основа за прибирање на геолошки податоци од геолошките истражувања и испитувања во Република Македонија за полнење на геолошката база со геолошки податоци.

6. Усогласување на пограничната геологија

Во рамките на основните геолошки истражувања Геолошкиот завод отпочна со активности во делот на усогласувањето на геологијата во пограничниот појас на Република Македонија со соседите.

За овие потреби во 2015 година е изработен проект за усогласување на геологијата во пограничниот појас помеѓу Република Македонија и Грција, при што се очекува во наредниот период заедничка активност, како и отпочнување на соработка и со другите соседи по оваа прашање.

7. Соработка со институции

Геолошкиот завод воспостави соработка со сите државни геолошки институции во регионот и пошироко, пред се околу размена на геолошки информации, знаења, искуства при подготовка, реализација, како и учество во заеднички проекти.

Соработуваме со сите државни органи, ресорни министерства, агенции, локална самоуправа, како и приватниот сектор во Република Македонија. Воспоставивме соработка со домашни научни институции и тоа: Факултет за природни и технички науки во Штип при Универзитет „Гоце Делчев“-Штип, Природно-математички и Технолошко-металуршки факултет во Скопје при Универзитетот „Св. Кирил и Методиј“ Скопје.

Во регионот воспоставена е соработка со Геолошките заводи - институти на Словенија, Хрватска, Србија, Федерација Босна и Херцеговина, Грција и Албанија.

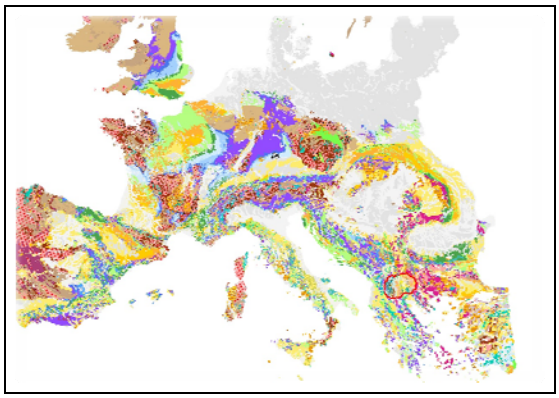
8. Членство во меѓународни организации

Геолошкиот завод на 38-то Генерално собрание на Асоцијацијата на Европските геолошки заводи (EuroGeoSurveys), во март 2015 година во Брисел (слика 7), стана член на EuroGeoSurveys.

Исто така Геолошкиот завод е член и на Конзорциумот за геонауки (Geoscience information consortium), чија главна цел е размена на информации меѓу Геолошките заводи поврзани со употребата и менаџментот на информациските системи.

Во завршна процедура сме за прием во Onegeology заедницата, а која овозможува динамична геолошката карта на податоци од целиот свет, достапна за сите преку интернет (слика 8).

Слика 7. 38-то Генерално собрание на EuroGeoSurveys-EGS



Слика 8. Кориснички интерфејс на Onegeology портал

9. Активности во меѓународни проекти

Во делот на меѓународните активности Геолошкоиот завод зеде учество во:

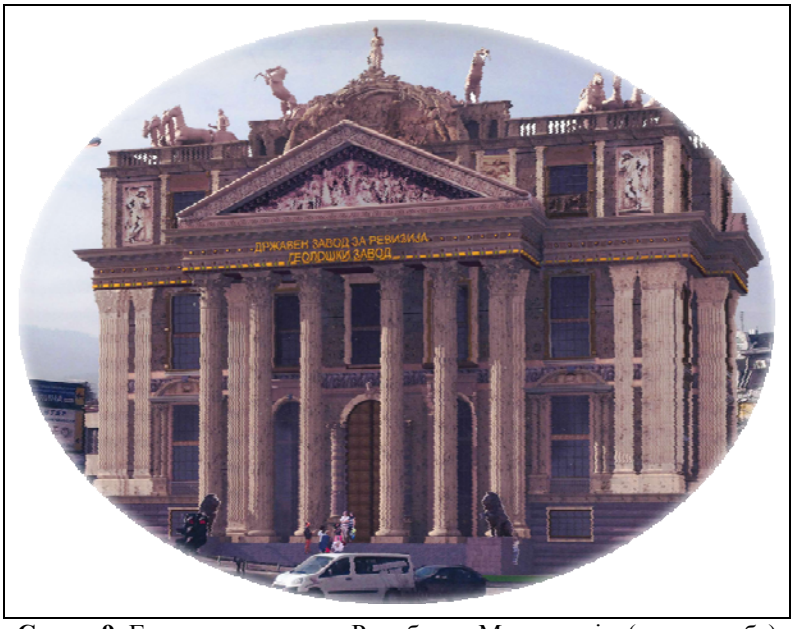
- подготовка на текстот на тема “Минералните, термоминералните и термалните води во Република Македонија”, за потреби на книгата “Wonder water – the value of water” која конкрајот на 2015 година ја издаде EuroGeoSurveys.
- ERA-NET проектот за применета геонаука на EuroGeoSurveys, во две главни теми: гео-енергија и подземни води.
- проектот “Integrating North African, Middle East and Balkan Earth Observation capacities in GEOSS”, под покровителство на EuroGeoSurveys партер во конзорциумот предводен од Национална опсерваторија на Атински Институт за просторни апликации и набљудување (NOA).
- заедничка соработка со Геолошкиот завод на Словенија на предлог проектот Mining/Mineral Support Service, во рамките на јавниот повик на KIC EIT Raw Material’s, а кој е за потреби на

креирање единствен систем на управување со информации за минерални суровини во наоѓалишта на Република Македонија.

ИДНИ АКТИВНОСТИ

Приоритети на Геолошкиот завод во иднина би биле:

- кадровско и техничко дооформување;
- развивање на Геолошко информациски систем на Република Македонија со вклучување на сетови на податоци;
- утврдување и дефинирање на начинот на водење на е-катастар на наоѓалишта на минералните суровини и е-биланс на геолошките и рудните резервите на минералните суровини во Република Македонија преку подзаконски акти;
- изработка дигитални геофизички карти на Република Македонија во ГИС методологија;
- подобрување на состојбата на основните геолошки истражувања кои се од јавен интерес на државата, преку нивното поголоемо инвестициско вложување, интензивирање и рационално управување;
- креирање на web сервис и ГИС портал на Геолошкиот завод.
- учество на Геолошкиот завод во реализација на проекти од областа на геологијата за потреби на Република Македонија како и учество со другите Геолошки заводи во Европа во реализација проекти од корист за Република Македонија и др.
- Како доказ и посебен мотив за иден развој на Геолошкиот завод е изградбата на новиот објект (слика 9), а во кој треба да биде сместен Геолошкиот завод.



Слика 9. Геолошки завод на Република Македонија, (во изградба)

ЛИТЕРАТУРА

Јовичиќ Л., 2014: Студија за геоинформационен систем на Геолошкиот завод на Република Македонија. Стручен фонд на Геолошки завод на Република Македонија, Скопје.

Ковачевиќ М. и Ракиќевиќ Т., 1973: Основна геолошка карта на СФРЈ 1:100 000, лист Делчево К34-82. ОГК лист Берово 1:25 000. Геолошки завод - Скопје.

Собрание на Република Македонија: Закон за минерални суровини (Службен весник на Република Македонија" бр. 136/12, 25/13, 93/13, 44/14, 160/14, 129/15 и 192/15).

Собрание на Република Македонија: Закон за Геолошкиот завод на Република Македонија („Службен весник на Република Македонија" бр. 136/12 и 41/14).

Собрание на Република Македонија: Закон за национална инфраструктура на просторни податоци („Службен весник на Република Македонија" бр. 38/14).

СОСТОЈБА И НАТАМОШЕН РАЗВОЈ НА ОСНОВНИТЕ ГЕОЛОШКИ ИСТРАЖУВАЊА ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

[1]Новица Столиќ

[1]Геолошки завод на Република Македонија, Бул. "Св. Климент Охридски" бр. 15, Скопје, Република Македонија, e-mail novica.stolic@geol.gov.mk

Абстракт

Основна цел на трудот е согледување на сегашната состојба и насоките за натамошниот развој на основни геолошки истажувања во Република Македонија. Во воведниот дел се прикажани основни законски одредби поврзани со основните геолошки истажувања. Во вториот дел е прикажана анализа на состојбата на основните геолошки истражувања, со историскиот преглед, начинот на финансирање и видот на истражувањата, со посебен акцент на изработка на основните геолошки карти во размер 1:500 000, 1:200 000, 1:100 000 (ОГК-1) и 1:50 000 (ОГК-2), основните хидрогеолошки и инженерскогеолошки карти во размер1:100 000, геофизички и други карти. Во третиот дел се прикажани стратешките планови и позначајните активности за развојот на основните геолошки истражувања за периодот 2015-2035 година, во поглед на видот, временската рамка и финансиските средства.

Клучни зборови: основни геолошки истражувања, основна геолошка карта, минерална суровина, состојба и стратегија.

ВОВЕД

Основни геолошки истражувања (ОГИ) се геолошки истражувања кои се вршат со цел да се добијат основни податоци за геолошката градба на просторот на Земјата. Со нив се обезбедуваат основни геолошки податоци кои се користат за истражување на наоѓалишта на минерални суровини, за водоснабдување, за хидротехнички и инфраструктурни објекти, во земјоделството, како и за потребите на просторното планирање.

Основните геолошки истражувања, согласно Законот за минерални суровини (Собрание на Република Македонија, 20016), се дејност од јавен интерес на Република Македонија кои ги врши Геолошкиот завод на Република Македонија.

Основните геолошки карти (ОГК) се изработуваат според посебни правилници во кои е предвиден начинот на нивната изработка и начинот на прикажување на резултатите.

Теренските, кабинетските и лабораториските работи за потребите за изработка на ОГК согласно Законот за Геолошки завод се вршат преку годишни програми за ОГИ, а кои на предлог на Геолошкиот завод ги носи Владата на Република Македонија.

Основните геолошки истражувања се финансираат од Буџетот на Република Македонија.

Геолошката документација од ОГИ (проект за вршење на основни геолошки истражувања; елаборат за основни геолошки истражувања и геолошки карти со толкувачи на истите) подлежи на стручна оценка (ревизија). По извршената стручна оценка (ревизија), се формира државна комисија од експерти од соодветни области, која врши прием и одобрување за печатење на ОГК со толкувачи.

АНАЛИЗА НА СОСТОЈБАТА НА ОСНОВНИТЕ ГЕОЛОШКИ ИСТРАЖУВАЊА

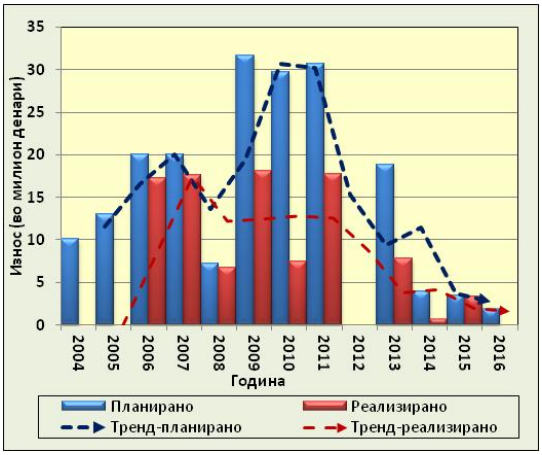
Основните геолошки истражувања во Република Македонија се вршени во долг временски период, почнувајќи од шеесетите години во минатиот век па до денес. Се одвивале со различен интензитет, кој зависел воглаво од висината на издвоените финансиски средства.

Во целост се финансирани од државниот буџет, и тоа преку Сојузниот геолошки завод - Белград (во време на некогашната СФРЈ), Советот за истражувачки работи

во рударство - Скопје, Министерството за стопанство и Министерството за економија на Република Македонија, а од 2014 година преку новоформираниот Геолошки завод на РМ.

Истражувањата беа најинтензивни во периодот од педесеттите до осумдесеттите години на XX-иот век, кога се изработени најзначајните и најкомплексите карти, како што се ОГК-1 1:100 000, основни геолошки карти 1:200 000 (сет од 7 специјални карти) и др.

Резултатите од анализата на состојбата на основните геолошки истражувања во поновиот период од 2004-2016 година, укажуваат на загрижувачко лоша состојба (Слика 1).

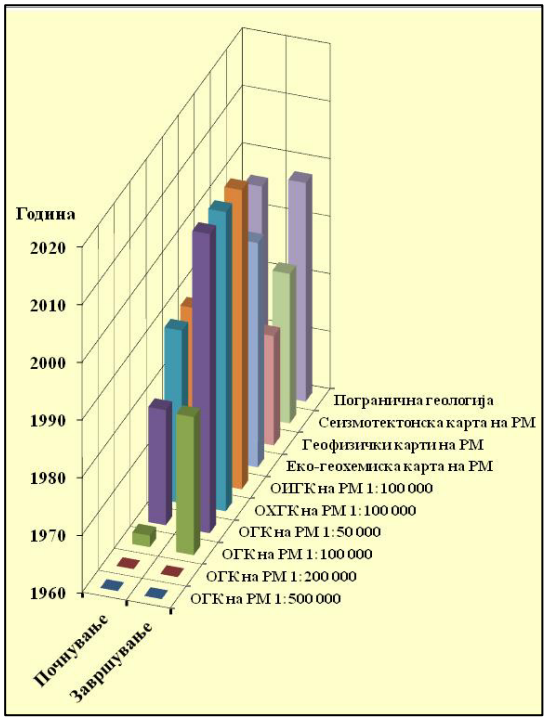


Слика 1. Преглед на висина на буџетски планирани и реализирани средства за основните геолошки истражувања во Република Македонија за период 2004-2016 година (според податоци објавени во изданија на Службен весник на РМ)

Истражувањата многу стагнирале и имаат изразеноо негативен тренд, особено во последните 5 години. Инвестиционите вложувања се мошне мали, околу 16 милиони денари годишно (околу 256.000 EUR), додека во последните три години изнесуваат само околу 3,1 милиони денари годишно (околу 50.300 EUR), колку што чини изработка на една структурна дупнатина до длабина 250 m.

Исто така, анализата укажува дека искористеноста на издвоените буџетски средства е многу мала, просечно околу 50 %, додека за четири години воопшто не биле искористени.

Врз основа на долгодишните основни геолошки истражувања во Република Македонија, изработени се разновидни геолошки карти, со различен размер од 1:500 000 до 1:25 000 (Слика 2). Како финален резултат е нивниот придонес во изнаоѓање на околу 700 наоѓалишта и појави на енергетски, метални и неметални цврсти минерални суровини.



Слика 2. Преглед на периоди на реализација на позначајните основни геолошки истражувања во Република Македонија

Состојбата по видот на досега извршените основни геолошки истражувања во Република Македонија е следнава (Геолошки завод на Република Македонија, 2015).

1. Основна геолошка карта на Република Македонија (ОГК) 1:500 000

Основните геолошки карти во размер 1:500 000 се изработени многу одамна, во седумдесеттите и осумдесеттите години од XX-от век, во рамките на изработката на регионалните геолошки карти на некогашната СФРЈ, од страна на повеќе организации и автори. Територијата на РМ е опфатена со седум карти во размер 1:500 000 (Табела 1). Сите овие карти се многу стари, изработени се само во аналогна (хартиена) форма и не се печатени за поширока употреба, така што е потребна нивна дигитална обработка за да можат да се издаваат на поширок круг на корисници.

Табела 1. Преглед на изработени Основни геолошки карти на РМ во размер 1:500 000

Ред. бр.	Назив на карта	Изведувач и година на изработка
1	Геолошка карта на СФР Југославија со толкувач	Сојузен геолошки завод - Белград, 1971
2	Металогенетска карта на СФР Југославија со толкувач	Сојузен геолошки завод - Белград, 1982
3	Карта на минерални суровини на СФР Југославија со толкувач	Сојузен геолошки завод - Белград, 1983
4	Карта на наоѓалишта на нафта и гас на СФР Југославија со толкувач	Сојузен геолошки завод - Белград, 1981
5	Хидрогеолошка карта на СФР Југославија со толкувач	Сојузен геолошки завод - Белград, 1983
6	Карта на минерални и термоминерални води на СФР Југославија со толкувач	Сојузен геолошки завод - Белград, 1983
7	Инженерскогеолошка карта на СФР Југославија со толкувач	Сојузен геолошки завод - Белград, 1967

2. Основна геолошка карта на Република Македонија (ОГК) 1:200 000

Основните геолошки карти на Република Македонија во размер 1:200 000 се работени во долг временски период од 1975 до 1997 година (Група на автори, 1977), во најголем дел од страна на некогашниот Геолошки завод - Скопје (Табела 2). Ги финансираше државата, и тоа Совет за истражувачки работи во рударство - Скопје и Министерство за наука на Република Македонија.

Табела 2. Преглед на изработени Основни геолошки карти на РМ во размер 1:200 000

Ред. бр.	Назив на карта	Изведувач и година на изработка
1	Геолошка карта на СР Македонија*	Геолошки завод - Скопје, 1977
2	Карта на минерални суровини, рудни и рудоносни формации на СР Македонија*	Геолошки завод - Скопје, 1977
3	Металогенетска карта на СР Македонија*	Геолошки завод - Скопје и Рударско-геолошки факултет - Белград, 1977
4	Хидрогеолошка карта на СР Македонија*	Геолошки завод - Скопје, 1977
5	Хидрогеолошка карта на минералните, термалните и термоминералните води на СР Македонија*	Геолошки завод - Скопје, 1977
6	Инженерскогеолошка карта на СР Македонија*	Геолошки завод - Скопје, 1977
7	Инженерскогеолошка карта на СР Македонија, реонизација на теренот по стабиност и сеизмичност*	Геолошки завод - Скопје, 1977
8	Тектонска карта на Република Македонија**	Рударско-геолошки факултет - Штип, 1998
9	Карта на магматски формации на СР Македонија*	Геолошки завод - Скопје, 1977

*Инвеститор: Совет за истражувачки работи во рударство - Скопје
**Инвеститор: Министерство за наука на РМ

Сите овие карти се изработени во аналогна (хартиена) форма, ревидирани се и испечатени во поголем тираж. Испечатени се на два дела на квалитетна тврда хартија од страна на Завод за картографија "Геокарта" - Белград во 1978 година. За нив не е изработен толкувач, освен за Картата на магматски формации на СР Македонија М 1:200 000, за која постои соодветен толкувач. Сите карти, освен Тетконската карта и Картата на магматските формации, Геолошкиот завод на РМ ги преработи во електронска форма (скенирање и георефернцирање) и се достапни за јавна употреба на поширок круг на корисници.

Може да се заклучи дека Основните геолошки карти на РМ во размер 1:200 000 се изработени целосно, а во натамошниот период потребно е да се изврши нивна дигитализација, како и да се изработат толкувачи за 7 карти.

3. Основна геолошка карта на Република Македонија (ОГК) 1:100 000

Основната геолошка карта на Република Македонија во размер 1:100 000 е изработена во целост (Табела 3).

Табела 3. Преглед на листови на Основна геолошка карта на РМ 1:100 000
(површините се однесуваат за територија на Република Македонија)

Ред. бр.	Назив и ознака на листот	Површина (km^2)	Геолошка карта		Толкувач	
			Автор	Година	Автор	Година
1	Врање К34-56**	2,0	В. Терзин, М. О.Ракиќ, Д. Бодиќ, М. Вукановиќ, М. Димитријевиќ и др.	1976	М. Вукановиќ, М. Димитријевиќ, М.Н. Димитријевиќ и др.	1977
2	Трговиште К34-57**	17,6	М. Бабовиќ и Д. Цветковиќ	1968	М. Бабовиќ , Д. Цветковиќ, В. Аврамовиќ и С. Мариќ	1968
3	Призрен К34-66**	227,1	Љ. Менковиќ, Ј. Каровиќ и М. Кошчал	1979	Ј. Каровиќ, М., Кошќал и Љ. Менковиќ	1982
4	Качаник К34-67***	844,2	П. Петковски, С. Поповски и др.	1983	П. Петковски и Ј. Каровиќ	1985
5	Куманово К34-68*	1.277,7	М. Карајовановиќ и С. Христов	1968	М. Карајовановиќ и С. Христов	1972
6	Кратово К34-69	1.387,5	С. Христов и М. Карајовановиќ	1968	С. Христов, М. Карајовановиќ, Ј. Јанчевски и В. Иванова	1969
7	Ќустендил К34-70*	266,1	С. Христов и М. Карајовановиќ	1968		
8	Гостивар К34-78*	1.130,7	П. Петковски и С. Поповски	1976	П. Петковски	1977
9	Скопје К34-79*	1.537,1	Ј. Јанчески и В. Попвасилев	1978	Ј. Јанчески, К. Галбов и В. Темкова	1982
10	Велес К34-80*	1.537,2	М. Карајовановиќ, С. Хаџи-Митрова и Р. Арангеловиќ	1975	М. Карајовановиќ и С. Хаџи-Митрова,	1975
11	Штип К34-81*	1.537,4	Т. Ракиќевиќ, Н. Думурџанов и П. Петковски	1968	Т. Ракиќевиќ, Н. Думурџанов и П. Петковски	1969
12	Делчево К34-82*	1.383,1	М. Ковачевиќ и Т. Ракиќевиќ	1973	М. Ковачевиќ, П. Петковски и В. темкова	1973
13	Кичево К34-90*	1.470,2	П. Петковски и Т. Ивановски	1972	П. Петковски и Т. Ивановски	1973
14	Крушево К34-91*	1.544,9	Н. Думурџанов, Р. Стојанов и К. Петковски	1971	Н. Думурџанов, Р. Стојанов и К. Петковски	1972
15	Прилеп К34-92*	1.545,1	Т. Ракиќевиќ, Р. Стојанов и М. Арсовски	1965	Т. Ракиќевиќ, Р. Стојанов и М. Арсовски	1965
16	Кавадарци К34-93*	1.545,3	С. Христов, М. Карајовановиќ и М. Страчков	1965	С. Христов, М. Карајовановиќ и М. Страчков	1965
17	Струмица К34-94*	1.441,3	Т. Ракичевиќ, М. Ковачевиќ и Ј. Пенџерковски	1972	Т. Ракичевиќ, М. Ковачевиќ, Н. Радовиќ и Ј. Пенџерковски	1973
18	Охрид К34-102*	1.284,2	Н. Думурџанов и Т. Ивановски	1972	Н. Думурџанов и Т. Ивановски	1972
19	Подградец К34-114*	231,7	Н. Думурџанов и Т. Ивановски	1972		
20	Битола К34-103*	1.552,7	М. Карајовановиќ и Т. Ивановски	1972	М. Карајовановиќ и Т. Ивановски	1972
21	Лерин К34-115*	584,3	М. Карајовановиќ, Т. Ивановски	1972		
22	Витолиште К34-104*	1.447,6	Н. Думурџанов и С. Христов	1976	Н. Думурџанов, С. Христов, Б. Павловски и В. Иванова	1976
23	Кајмакчалан К34-116*	267,7	Н. Думурџанов и С. Христов	1976		
24	Кожуф К34-105*	900,6	Ј. пенџерковски, Т. Ракиќевиќ, Т. Ивановски и Д. Ѓузелковски	1963	Т. Ракиќевиќ и Ј. Пенџерковски	1963
25	Гевгелија К34-106*	466,2	Т. Ивановсски и Т. Ракиќевиќ	1963	Т. Ивановсски	1966
	Вкупно:	**25.429**	**25 карти**	**1963-1983**	**21 толкувач**	**1963-1985**

*Изведувач: Геолошки завод - Скопје, ** Изведувач: "Геозавод" Београд, *** Изведувач: Геолошки завод - Скопје и РО Геолошки институт Белград.

Таа е работена во долг временски период, во рамките на изработката на државна основна геолошка карта на СФР Југославија, и тоа по листови. Финансирана е од страна на Сојузен геолошки завод - Белград (Група на автори, 1963-1985). Територијата на Република Македонија ја опфаќат 25 листа на Основната геолошка карта на СФРЈ, од кои 4 листа се делови од соседните држави Србија и Косово. За сите карти се изготвени вкупно 21 толкувачи, од кои 4 се однесуваат за два листа. Картите и толкувачите се ревидирани од страна на еминентни стручни лица - геолози од некогашната СФРЈ и потоа се испечатени на висококвалитетна тврда хартија од страна на Сојузен геолошки завод - Белград, во голем тираж и во неколку едиции.

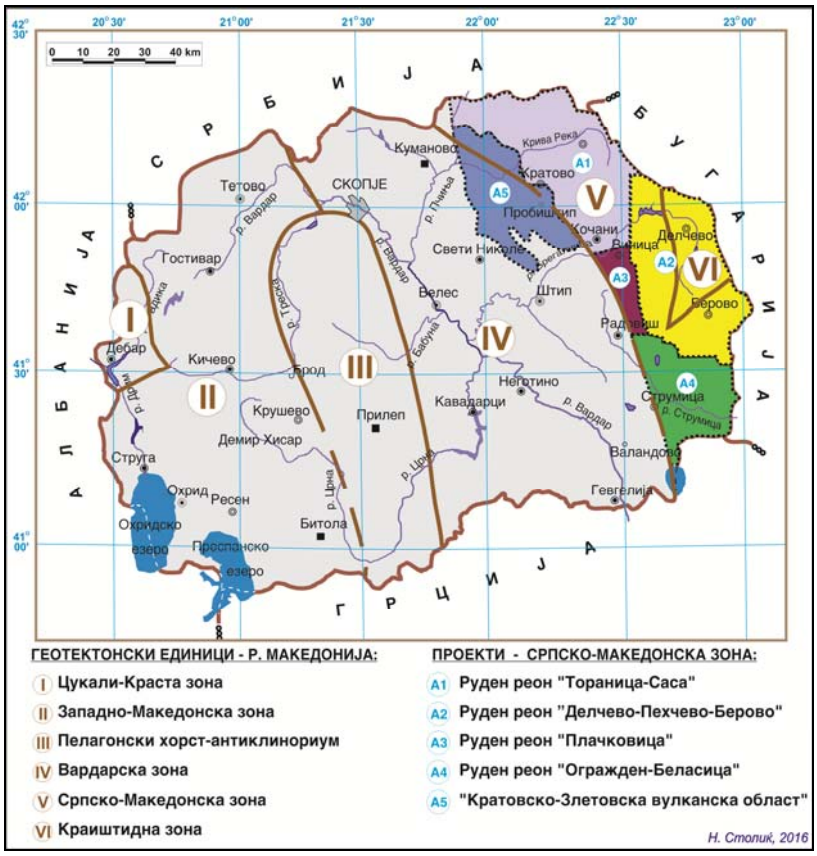
Сите листови кои ја покриваат нашата држава, Геолошкиот завод на РМ ги преработи и во електронска форма (скенирање, георефернцирање и дигитализација) и ги стави достапни за јавна употреба.

Недостатокот кај оваа карта е неусогласеноста на литолошките единици помеѓу соседните листови и со соседните држави Албанија, Грција и Бугарија.

Основните геолошки карти во размер 1:100 000 представуваат основна база на геолошки податоци за литолошката градба, структурата на карпите, минералните суровини и сл., а служат за истражување на минерални суровини, за изведување на детални геолошки истражувања, за планирање и проектирање за понатамошна изработка на другите видови на основни и детални геолошки карти (хидрогеолошка, инженерскогеолошка, геофизички и др.).

4. Основна геолошка карта на Република Македонија (ОГК-2) 1:50 000

Основната геолошка карта (ОГК-2) во размер 1:50 000 се реализира согласно Макропроектот "Српско-Македонска маса", кој се состои од следните проекти: А-1 руден реон "Осогово-Саса-Тораница", А-2 руден реон "Делчево-Пехчево-Берово", А-3 руден реон "Плачковица"; А-4 руден реон "Огражден-Беласица" и А-5 руден реон "Кратовско-Злетовско вулканска област" (Слика 2).



Слика 2. Положба на рудните реони во макропроектот "Српско-македонска маса"

Проектите се финансирани единствено од страна на државата, преку Советот за истражувачки работи во рударство - Скопје, потоа преку Министерство за стопанство и Министерство за економија на Република Македонија.

До 2007 година оваа карта е реализирана по рудни реони, но новите научни сознанија укажуваат дека овој пристап треба да се промени и да се пристапи кон реализација по листови/секции. На овој начин се реализираат истражувањата на проектите А-3, А-4, а од Проект А-2 се завршени три листа на ОГК-2 (Ќустендил D, Делчево B и Делчево D.).

Рудниот реон "Осогово-Саса-Тораница" (Проект А-1) е во најголем дел завршен, за кој е изработена синтезна геолошка карта со геолошка интерпретација и тоа само во хартиена форма. Проценето е дека до сега се реализирани околу 90 % од потребните работи. Останува да се изготви толкувач и да се изврши дигитална обработка на податоците.

Рудниот реон "Делчево-Пехчево-Берово" (Проект А-2) е истражуван во долг период од 1990 до 2006 година, а во 2008 година се изработени шест синтезни геолошки карти со толкувачи, во хартиена и дигитална форма, и тоа: Геолошка карта, Шлиховско-минералошка карта, Карта на минерални суровини - формациона карта, Металогенетска карта, Геохемиска карта и Геофизичка карта ("Геологинг" ДОО Скопје, 2008).

Во рамките на овој проект изработени се три листа на Основна геолошка карта 1:50 000 (ОГК-2) (Табела 4).

Табела 4. Преглед на изработени листови на Основна геолошка карта на Република Македонија 1:50 000 (ОГК-2)

Ред. бр.	Назив и ознака на листот	Површина (km^2)	Геолошка карта		Толкувач	
			Автор и изведувач	Година	Автор и изведувач	Година
1	K34-70.D Ќустендил D.	37	Петрушев Е., Николов С. и Божинов Б.	2008	Петрушев Е.и Столиќ Н.	2008
2	K34-82.B Делчево B.	232	Петрушев Е., Николов С. и Божинов Б.	2008	Столиќ Н.и Петрушев Е.	2008
3	K34-82.D Делчево D.	383	Петрушев Е., Николов С. и Божинов Б.	2008	Петрушев Е.и Столиќ Н.	2008
	Вкупно:	**652**	Изведувач: Геологинг ДОО Скопје и Геохидроинженеринг ДОО Скопје		Изведувач: Геологинг ДОО Скопје	

Овие карти се изработени во дигитална форма ("Геологинг" ДОО Скопје, 2008), ревидирани се и испечатени на висококвалитетна тврда хартија во мал тираж. Податоците од овие карти Геолошкиот завод на Република Македонија ги трансформира во софтверот "ArcGIS" и ги вклопи во Геолошкиот информационен систем на РМ.

Реализацијата на ***рудниот реон "Огражден-Беласица"*** (Проект А-4) започнала во 2006 и прекината е во 2012 година. Со досегашните истражувања целосно е истражен само ридско-планинскиот Огражденскиот дел, или 46 % од вкупниот простор кој зафаќа површина од 961 km^2.

За ***рудниот реон "Плачковица"*** (Проект А-3) изготвена е само проектна документација во 2012 година, или реализирани се околу 5 % од потребните работи.

Рудниот реон "Кратовско-Злетовско вулканска област" - Проект А-5 во најголем дел е завршен, каде што е изработена синтезна геолошка карта и тоа само во хартиена форма, или реализирани се околу 90 % од работите. Останува да се изготви толкувач и да се изврши дигитална обработка на податоци.

Според сегашниот степен на истраженост, реализацијата на основна геолошка карта во размер 1:50 000 е околу 5-7 %.

5. Основна хидрогеолошка карта на Република Македонија (ОХГК) во размер 1:100 000

Со реализацијата на основната хидрогеолошка карта е започнато во 1985 г., при

што согласно динамиката на финансирање досега се завршени следните работи:

- проекти за изработка на Основна хидрогеолошка карта (ОХГК) во размер 1:100 000 за листовите: Охрид и Подградец, Битола и Лерин, Крушево, Кичево, Кратово и Ќустендил, Гостивар, Струмица, Гевгелија, Куманово, Призрен и Качаник, вкупно 14 листа (реализираност околу 61%);
- во целост е изработена, ревидирана и испечатена Основна хидрогеолошка карта (ОХГК) во размер 1:100 000 за листовите Крушево, Кичево, Кратово со Ќустендил и Трговиште, Битола со Лерин и Гостивар, вкупно 7 листа (реализираност околу 30 %) и
- во целост се изведени теренски, лабораториски и кабинетски работи на Основна хидрогеолошка карта (ОХГК) во размер 1:100 000 за листовите: Охрид и Подградец, вкупно 2 листа (реализираност околу околу 9 %).

Овие карти представуваат основа за програмирање и изведување на понатамошни детални и специјални хидрогеолошки и други истражувања, во поглед на откривање на нови експлоатациони резерви на течни минерални суровини, односно пресни подземни води, минерални и термоминерални води и природни гасови за катастар на подземни води.

Картите се финансирани единствено од страна на државата, преку Министерството за стопанство на РМ кое потоа прерасна во Министерство за економија.

6. Основна инженерскогеолошка карта на Република Македонија (ОИГК) во размер 1:100 000

Со реализацијата на основната инженерско-геолошка карта исто така е започнато во периодот 1985/86 година, при што согласно динамиката на финансирање досега се завршени следните работи:

- изготвени се проекти за изработка на Основна инженерскогеолошка карта (ОИГК) во размер 1:100 000, за листовите Охрид, Подградец, Битола, Лерин, Крушево, Кичево, Кратово, Гостивар, Струмица, Гевгелија, Куманово, Призрен и Качаник, вкупно 13 листа (реализираност 56,5%);
- во целост е изработена Основна инженерскогеолошка карта (ОИГК) во размер 1:100 000 за листовите: Крушево, Кичево, Гостивар, Кратово со Ќустендил и Трговиште, Битола и Лерин, вкупно 7 листа (реализираност 30,5%) и
- во целост изведени се теренските, лабораториските и кабинетските работи на Основна инженерскогеолошка карта (ОИГК) во размер 1:100 000 за листовите: Охрид и Подградец, вкупно 2 листа (реализираност 8,7%).

Овие карти представуваат основна база на инженерскогеолошки податоци за инженерскогеолошките карактеристики на карпите и сл., а кои служат за планирање и проектирање на натамошни детални инженерскогеолошки истражувања, за просторно планирање во градежништвото, шумарството, рударстството, земјоделството, водостопанството и индустријата, за научни студии и толкувања на инженерскогеолошките процеси и појави со прогноза за натамошен развој, за изработка на другите видови карти и др.

Картите се финансирани единствено од страна на државата, преку Министерството за стопанство на РМ односно Министерство за економија.

7. Геофизички карти на Република Македонија

Регионални геофизички истражувања (гравиметриски, геомагнетни, аеромагнетни, длабоко сеизмичко сондирање, геолелектрични и др.) на територија на Р. Македонија, се вршени многу одамна во периодот од 1961-1979 година, за истражување на нафта и гас во СФРЈ, за изработка на основните геолошки карти на СФРЈ во размер 1:500 000, како и за дефинирање на длабоките делови на земјината кора, односно за дефинирање на дисконтинуитет на Мохоровичиќ (Мохо).

Врз основа на регионалните геофизички истражувања, направени се следните позначајни регионални геофизички карти и толкувачи:

- Гравиметриска карта на СФРЈ - Бугеови аномалии, 1:500 000, лист Скопје, со толкувач, во печатена хартиена форма (1976 г.);
- Геомагнетна карта на СФРЈ - аномалии на вертикалната компонента, во размер 1:500 000, лист Скопје, со толкувач, во печатена хартиена форма (1976 г.);
- Гравиметриска карта (карта на изогами) на СР Македонија 1:200 000 во печатена форма на фолија (1976 г.);
- Геомагнетна карта (Z - вертикална компонента на Земјиното магнетно поле) на СР Македонија 1:200 000, во печатена форма на фолија (1976 г.);
- Аеромагнетна карта (ΔT-тоталниот вектор на Земјиното магнетно поле) на СР Македонија 1:200 000, во печатена форма на фолија (1989 г.) и
- Структурна карта на Мохо дисконтинуитет на СФРЈ 1:500 000, во печатена хартиена форма (1976 г.).

Овие карти представуваат основна база на геофизичките податоци за физичките карактеристики на Земјината внатрешност, за физичките полиња на Земјата (гравитационо и магнетно), а кои служат за истражување и пронаоѓање на различни минерални суровини како што се: нафта и гас, геотермална енергија, јаглен и металични минерални суровини.

Покрај набројаните, реализирани се и други специјални основни геолошки карти на РМ (сеизмотектонски, геохемиска и други карти), како и разновидни проекти и активности, од кои позначајни се: утврдување потенцијалност со енергетски минерални суровини, утврдување на геотермална потенцијалност во СЗ дел на РМ, утврдување на потенцијалност со минерална вода и CO_2 во Пелагониската котлина, формирање на државниот геолошки завод, воведување на Геолошки информационен систем и др.

ПЛАН ЗА НАТАМОШНИОТ РАЗВОЈ НА ОСНОВНИТЕ ГЕОЛОШКИ ИСТРАЖУВАЊА

За планирање и одржлив развој на основните геолошки истражувања, а со тоа и на минералните суровини, потребна е добра стратегија, позитивна државна политика и поголеми финансиски средства.

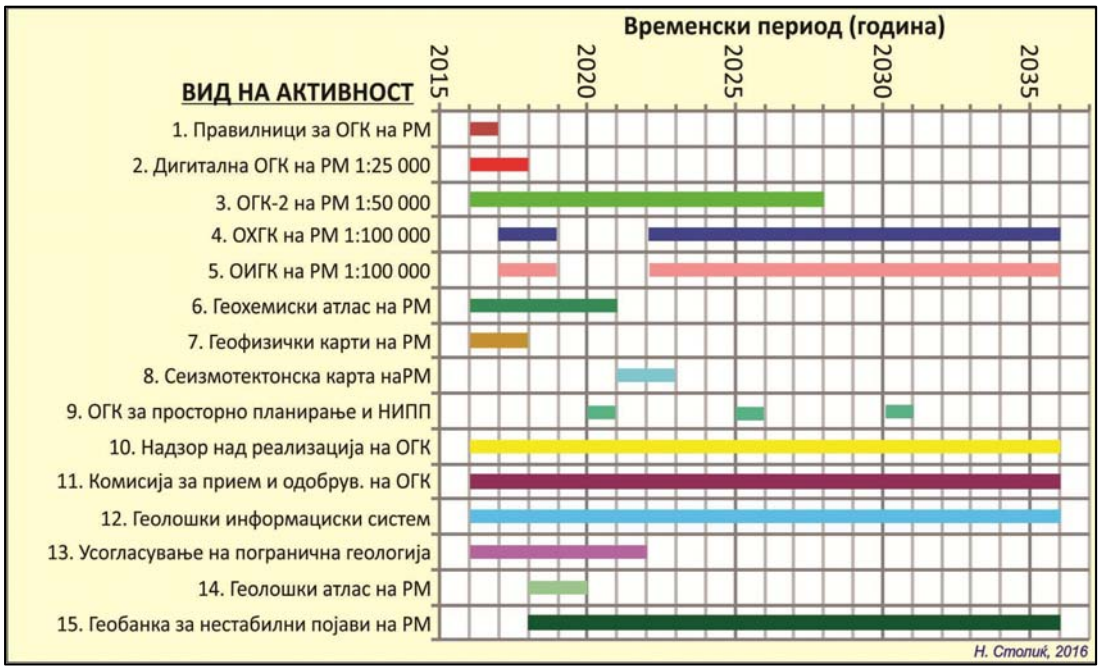
Стратегијата за геолошки истражувања, одржливо искористување и експлоатација на минералните суровини во Република Македонија за периодот 2015-2035 година, која е во фаза на донесување и во која значајно место имаат основни геолошки истражувања (Геолошки завод на Република Македонија, 2015), е базирана на сеопфатна анализа на досегашниот степен на геолошките истражувања (основни и детални) и степен на истраженост на минералните суровини, како и на постоечките капацитети и можности (технички, финансиски и други ресурси за вршење на истражните работи и активности). Исто така, земени се во предвид основните правци на развој на државата, светските трендови во управување и користење на минералните суровини, како и потребите на нашето стопанството од минерални суровини.

Во оваа национална стратегија се дадени насоките за натамошен развој на основните геолошки истражувања, кои се во функција на национален одржлив развој на геологијата и рударсвото во Република Македонија, со реализација на следните стратешки приоритети:

1. Уредување на законска регулатива - донесување на посебен Закон за геолошки истражувања и подзаконски акти (правилници, тарифници и др.), со прилагодување кон ЕУ стандарди и кон најсовремените научно - технолошки достигнувања;
2. Основна геолошка карта на РМ (ОГК) 1:25 000 - дигитализација;
3. Основна геолошка карта на РМ (ОГК-2) 1:50 000;
4. Основна хидрогеолошка карта на РМ (ОХГК) 1:100 000;
5. Основна инженерско геолошка карта на РМ (ОИГК) 1:100 000;
6. Геохемиски атлас на РМ;
7. Геофизички карти на РМ;
8. Сеизмотектонска карта на РМ;
9. Геолошки карти на РМ за просторно планирање и Национална структура на инфраструктурни податоци (НИПП);

10. Надзор над реализација на Основните геолошки карти;
11. Формирање на Државна комисија за прием и одобрување за печатење на Основните геолошки карти;
12. Имплементирање на Геолошко информациски систем;
13. Усогласување на геологијата во пограничен појас со соседните држави;
14. Геолошки атлас на РМ и
15. Формирање и развивање на банка на податоци за нестабилни појави за територијата на РМ.

Динамичкиот план за реализација на овие работи и активности за период 2015-2035 година (Геолошки завод на Република Македонија, 2015) е прикажан на Слика 3.



Слика 3. Динамички план за реализација на основните геолошки истражувања во период 2015-2035 год.

Претходните анализи укажуваат дека основните геолошки истражувања во РМ во последните години се изведувани со мали финансиски средства, што се одразило на нивната бавна динамика и во целина на исклучително лошата (алармантна) состојба. За подобрување на оваа состојба потребно е менување на политиката на финансирање и управување со основните геолошки истражувања, пред се во поглед на значително поголемо инвестиционо вложување, интензивирање, како и порационално и поефективно менаџирање. На тој начин ќе се овозможи довршување на сите започнати работи и активности, како и отпочнување со изработка на новите карти за целата територија на Р. Македонија и реализирање на другите стратешки проекти.

ЛИТЕРАТУРА

Геолошки завод на Република Македонија, 2015: Предлог-Стратегија за геолошки истражувања, одржливо искористување и експлоатација на минералните суровини за периодот 2015-2035 година.

Група на автори, 1963-1985: Основна геолошка карта на СФРЈ 1:100 000 со толкувачи. Издание на Сојузен геолошки завод - Белград.

Група на автори, 1977: Сет на Основни геолошки карта на СР Македонија 1:200 000. Геолошки завод - Скопје. Издание на Советот за истражувачки работи во рударство Скопје.

Собрание на Република Македонија, 20016: Закон за минерални суровини („Службен весник на Република Македонија“ бр. 136/12, 25/13, 93/13, 44/14, 160/14, 129/15 и 39/16).

РЕАЛИЗАЦИЈА НА ГЕОПРОСТОРНИ МРЕЖНИ УСЛУГИ ВО РАМКИТЕ НА ГЕОИНФОРМАЦИОНИОТ СИСТЕМ НА ГЕОЛОШКИОТ ЗАВОД НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

Лука Јовичиќ

ГИС консултант на Геолошкиот завод на Република Македонија
jovicic.luka@gmail.com

Апстракт
Во основните цели на работата на Геолошкиот завод на Република Македонија е остварување на ефикасна размена на податоци на стандардизиран начин, со кој треба да се реализира и унапреди соработката со домашните и меѓународните институции, односно да се унапреди начинот на размена и управување со податоците кои ги користат вработените во Геолошкиот завод на Република Македонија. Ова се мотивите на кои се базираше проектот за изработка на Техничка документација за реализација на геопросторни мрежни услуги според барањата на европските стандарди и националното законодавство, за потребите на Геолошкиот завод на Република Македонија реализиран во текот на 2015 година. Трудот ја претставува методологијата и имплементацијата на стандардизираниот и законски усогласениот пристап за реализација на геопросторните мрежните услуги – *Web Map Services* (WMS) и *Catalog Service for the Web* (CSW) во рамките на геоинформациониот систем на Геолошкиот завод на Република Македонија.

Клучни зборови: мрежни услуги, ГИС, геологија, INSPIRE, OGC, WMS, WCS

ВОВЕД

Трудот ги презентира важноста, текот и резултатите од проектот за изработка на Техничка документација за реализација на геопросторни мрежни услуги според барањата на европските стандарди и националното законодавство, за потребите на Геолошкиот завод на Република Македонија (ГЛЗРМ) реализиран во текот на 2015 година.

Технолошката ориентација кон геоинформациони системи (ГИС), законодавство на национално и европско ниво, реализираните проекти и современите тенденции во областа, упатуваат на имплементација на ГИС и мрежни услуги како стандардизиран, интероперабилен и ефикасен начин на управување со геолошките податоци и нивната размена во рамките на Геолошкиот завод. Трудот ја обработува областа на геопросторните мрежни услуги како столб за понатамошниот развој на ГИС во Геолошкиот завод, околу кој ќе се развиваат и дополнуваат другите компоненти на системот за управување со геолошки податоци.

Рамката на мрежни услуги како прв дел на проектот дава преглед на потребите, обврските и праксата, фокусирајќи се на мрежните услуги како основа за развојот на ГИС во ГЛЗРМ. Прикажани се и теоретските концепти на стандардите за кои се однесуваат услугите, како и опкружувањето во кое треба да бидат реализирани. Делот **Спецификација на клучни фактори** за реализација, дефинира, опишува и става во контекст на ГИС на Геолошкиот завод конкретни стандарди, услуги и примери на употреба. **Спецификација на објавување на основните мрежни услуги** претставува процес на припрема на ГИС, податоци, мрежни услуги и дефинирање на конкретни портали на кои ќе бидат ралізирани услуги. Понатаму е опишан текот на **реализација** на наведените мрежни услуги во референтно опкружување. На крај, **резултати и заклучоци** ја прикажуваат остварената вредност и потенцијалот за идното искористување на развиениот пристап.

РАМКА НА МРЕЖНИ УСЛУГИ

Клучни елементи кои го одредуваат процесот на реализација на мрежни услуги се националното законодавство, европските стандарди и постоечката инфраструктура во Геолошкиот завод на Република Македонија. Основ за реализација претставува стандардизирана размена на просторни податоци по угледот на релевантните институции и просторните инфраструктури во Македонија и Европа.

Национална легислатива

Со законите се поставени и утврдени целите, обврските, потребите и рамките во кои треба да биде дефиниран и реализиран ГИС на Геолошкиот завод. Истиот треба да овозможи воспоставување, организациона структура, одржување и управување и размена на геолошките податоци. Националното законодавство (*Законот за Геолошкиот завод на Република Македонија ("Службен весник на Република Македонија" бр. 136/12 и 41/14)*, *Законот за минерални суровини ("Службен весник на Република Македонија" бр. 136/12 од 05.11.2012), Законот за националната инфраструктура на просторните податоци на Република Македонија (Службен весник на РМ, бр. 38/14)*) директно укажува на креирање и работа со мрежни услуги како стандарден начин за увид, превземање и размена на податоците, според угледот на европската пракса. Дополнително Геолошкиот завод на Република Македонија е надлежен да ги структуира и да ги направи достапни просторните податоци со кои располага, во вид на мрежни услуги.

Меѓународна легислатива

На ниво на Европската унија, INSPIRE претставува рамковна директива за размена на просторните податоци според одлуката на Европскиот парламент од 2007 година. Формулирана е како инфраструктура на просторни податоци која може да овозможи пребарување, пристап и размена на податоци и услуги од различни извори, за различни потреби без ограничувања, на ефективен и флексибилен начин. Поаѓајќи од фактот дека сопствениците и производителите на податоци доаѓаат од различни индустриски области, кои работат со различни процедури, стандарди и нивоа на квалитет, како и фактот дека INSPIRE не им наметнува, на оние кои управуваат со податоците, менување на самите податоци или нивната структура, клучниот сегмент на успешност на ваквиот систем е ефикасна размената на податоци.

Директивата претставува рамка за регулирање на начинот на размена на податоци, стандарди и нивна имплементација на ниво на цела Европа. За земјите кои ја интегрираат во своето законодавство, истата е задолжителна, така да и во Република Македонија се бара нејзина примена. Геолошкиот завод има обврска за имплементирање на темата која се однесува на геолошките податоци.

Геолошки информационен систем

Геолошкиот завод на Република Македонија се наоѓа во рана фаза на воспоставување на ГИС, па затоа и податоците од интерес се уште се во фаза на структуирање и дигитализација. Предност во оваа фаза е можноста за полесно ориентирање на управувањето со податоци на интероперабилен начин во согласност со националните и европски стандарди. Недостатоци се моментална неприменливост на сите концепти од интерес и недостаток на брзо видливи резултати.

Овој проект се фокусира на избран сет на податоци за:

- да може да се дефинира процесот на имплементација на мрежни услуги на репрезентативен пример,
- да се тестира пристап за други сетови на податоци,
- да се покаже значењето на стандардизиран пристап и
- да се унапреди соработката на Геолошкиот завод со други институции и проекти.

Основно проектно барање во правец на ГИС инфраструктура, беше да се искористат постојните капацитети (интранет, со поделени лиценци на *ArcGIS for Desktop*, управувани од страна на *ArcGIS for Server*) и да се најде оптимална конфигурација на системот за реализација на мрежните услуги, како во рамките на

ГЛЗРМ така и за функционирањето на интернет. Тоа е постигнато со доделување на користење на посебен сервер со пристап до интернет и можност за користење на геолошки податоци од ГИС.

На тој начин се обезбедени и услови за имплементација на софтверската компонента на инфраструктурата – мап сервер, кој треба да управува со просторните податоци во контекст на мрежни услуги. Постоечки *ArcGIS for Server* заради работните процедури на Геолошкиот завод ја опслужува само интерната мрежа. Од таа причина е одбран достапен мап сервер - *Geoserver* кој ги поддржува европски INSPIRE и OGC спецификации за реализација на основни мрежни услуги.

СПЕЦИФИКАЦИЈА НА КЛУЧНИ ФАКТОРИ

Стандарди

Стандардите на кои упатуваат законските документи во Република Македонија и европската легислатива претставуваат отворени стандарди, кои обезбедуваат највисоко ниво на интероперабилност, структурирање и управување со податоците. Различни институции во светот ги пропишуваат стандарди за реализирање на мрежните услуги.

Од интерес за трудот е примената на ISO (*International Standardisation Organisation*) стандарди, серија *ISO 19100*, кои се однесуваат на структурата и содржината на геопросторните податоци, мрежните услуги и нивната интеракција. Друга група стандарди од интерес е покриена со стандардите OGC (*Open Geospatial Consortium*) и во најголема мерка тие се однесуваат на концептот на геопросторни мрежни услуги и нивна имплементација. Конечно, низата стандарди кои ги покриваат ISO и OGC се дополнети со стандарди од други институции во индиректна врска со геопросторната проблематика, а се однесуваат на мрежните протоколи, интероперабилноста на хардверот и софтверот.

Мрежни услуги

Овој проект ја разработува основната група на мрежни услуги како приоритетни и возможни за изведување во оваа фаза на развој на ГИС во Геолошкиот завод. Во таа насока, проектот ќе се ориентира на услугите за откривање и преглед, преку имплементација на практичен пример од Геолошкиот завод. Во тој контекст**,** OGC е клучна институција врз која се темелат стандардите од областта на геопросторни податоци. Конкретно од интерес за проектот се:

- услуга за откривање, каталошки услуги за веб (CSW);
- услуга за преглед, услуга за веб-карти (WMS);
- визуелизацијата на податоците - Дескриптор на стилизирани леери (SLD).

Репрезентативни примери од пракса

Мрежни услуги со нивните карактеристики од интерес за овој проект, на ниво на Геолошкиот завод можат да бидат реализирани на повеќе нивоа, користени симултано за различни случаи и да се вклопат со постоечката ГИС инфраструктура. Имплементацијата на мрежната услуга треба и да остави простор за континуиран развој на управување со просторните податоци и нова потенцијална примена.

Реализацијата на овие препораки во проектот е остварена со одбирање на референтни национални и светски успешни примери од пракса кои ги одсликуваат потребите и мотивите на Геолошкиот завод во насока на развој на геолошкиот информациски систем. Одбраните примери ги имплементираат претходно опишаните нормативи. Целта на примерите од пракса е да се искористат позитивните искуства и оствари соработка со институции со веќе развиени мрежни услуги. Во таа насока, во продолжение е прикажан пристапот и реализацијата на соработка со Националната инфраструктура на просторни податоци (НИПП), *OneGeology* и *OneGeology-Europe*, како најрелевантни примери по критериуми: стандарди, тема геологија, мрежни услуги и подрачје на примена.

Со дефинирана рамка и спецификација на клучните елементи е истражена, анализирана и испланирана имплементацијата на мрежни услуги во Геолошкиот завод со конкретни компоненти.

СПЕЦИФИКАЦИЈА НА ОБЈАВУВАЊЕ НА ОСНОВНИТЕ МРЕЖНИ УСЛУГИ

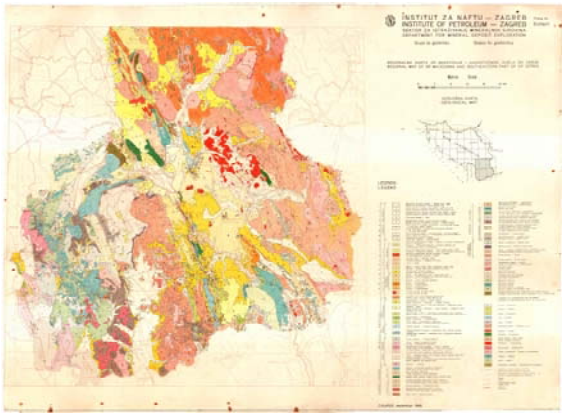
Практичниот дел на проектот, пристапува и го прикажува начинот и резултатот од имплементацијата на мрежните услуги во Геолошкиот завод на Република Македонија. Мрежните услуги, теоретски објаснети во првиот сегмент на трудот, се реализирани земајќи ги во предвид следните услови:

- да ги исполнуваат барањата на НИПП и препораките на INSPIRE Директива,
- да се реализираат низ пример на податоци кои се достапни, со едноставна структура и се репрезентативен тип на сетот од геолошки податоци на Геолошкиот завод,
- да се согласни со отворените стандарди на кои упатува INSPIRE Директивата,
- да бидат основните мрежни услуги,
- да бидат активен дел на НИПП, *OneGeology* и *OneGeology-Europe*, низ овозможеното учество на ГЛЗРМ во овие инфраструктури.

Понатаму во текстот е прикажана спецификацијата на параметри во рамки на: **постоечка инфраструктура**, **стандарди и мрежни услуги,** како и фактори земени во предвид за **реализација на примерите од пракса.**

Постоечка инфраструктура

За предмет реализација на мрежни услуги, е одбрана репрезентативна карта - Регионалната карта на СР Македонија и југоисточниот дел на СР Србија, изработена од страна на Институт за нафта-Загреб, 1966 година, во мерка 1:500 000. Активностите во насока на подготовка на ОГК 1:500 000 опфаќаа спецификација на структурата и форматот на податоците, метаподатоците и начинот на чување, како подлога за управување со податоците.

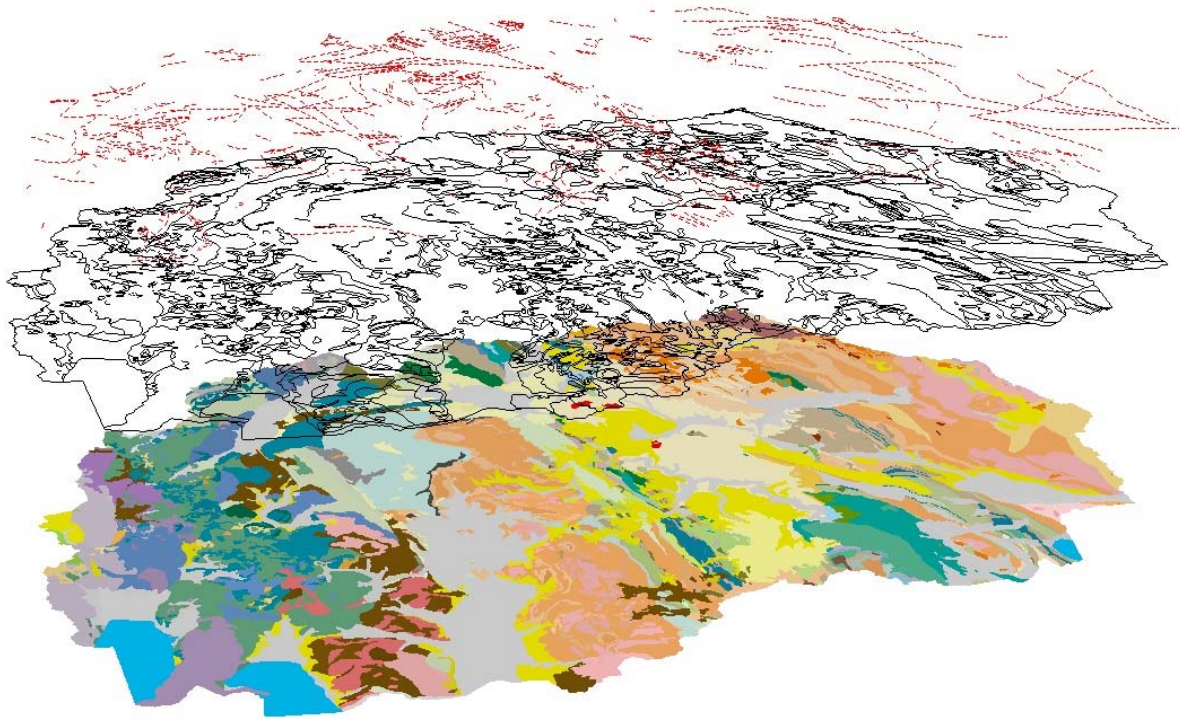


Слика 1. Скенирана регионална карта на СР Македонија и југоисточниот дел на СР Србија, 1:500 000

Картата е скенирана, георефернцирана, трансформирана во светскиот географски координатен систем (WGS 1984 - EPSG:4326), а овзможено е прикажување на мрежна услуга и во национален координатни систем (EPSG:6313). Дигитално репрезентирање на геолошките елементи е дефинирано во вид на полигони и линии зачувани во .shp интероперабилен векторски формат. Исто така креирана е растерска карта од леерите со конвертирање на векторски објекти во *GeoTIFF* формат. Со вака структуирани податоци беше потребно посебно да се креира и симбологијата на сите елементи, на стандардизиран и интероперабилен начин според OGC спецификацијата - SLD, што претставува и основа за достапноста на легендата според спецификацијата за мрежни услуги.

На овој начин добиена е дигитална регионална геолошка карта во мерка 1:500 000, чие понатамошно користење може да се развива во повеќе правци (основа, пребарување, размена на податоци, контрола на податоци и сл.) без ограничувања, и со можности за симултано работење од повеќе корисници.

Подготвените податоци е потребно да се публикуваат како мрежни услуги со користење на мап сервер. Со оглед на тоа дека од избраниот мап сервер зависи и пристапот кон реализацијата на наведените активности, во проектот е претставена процедурата која се однесува специфично



Слика 2. Дигитализирани слоеви на регионалната карта на Македонија; визуализација направена во *ESRI ArcGIS for Desktop*

за *Geoserver*, како пример за интероперабилност на ниво на развојна платформа и апликативни решенија од *Open Source* средина. Спрема потребите на Геолошкиот завод мап серверот може да биде реализиран и како комерцијално решение (како на пример *ArcGIS for Server* кој е дел од планираниот ГИС во Геолошкиот завод).

Имплементација на стандарди и мрежни услуги

Во рамки на мап серверот, услугите се специфицирани според бараните стандарди и независни се од користениот софтвер, што е еден од цели на овој труд. Користена верзија на *Geoserver*, 2.8 поддржува WMS 1.1.1 и 1.3.0, CSW 3.0 и SLD 1.1.0.

Процедурата за публикување на мрежни услуги ќе послужи како модел за подготовка на другите карти на Геолошкиот завод. Проектот третира и подесување на софтверското опкружување за работа на презентираниот систем.

Достапноста на мрежните услуги не е воедно и гарант за можноста на нивно користење на различни хардверски и софтверски платформи. Клучниот дел во реализацијата на мрежните услуги, кој не зависи од софтверот ниту од хардверот, се однесува на начинот на специфицирање на вредностите за опишаните подесувања према стандардите кои ќе гарантираат независност и достапност на мрежната услуга.

Реализација на примери во пракса

Во тек на проектот се реализирани мрежни услуги на откривање и преглед во вид на технички пристап кон националната инфраструктура на просторни податоци и соработка со меѓународни мрежи кои управуваат со геолошки податоци:

- спецификација на метаподатоци спрема светските (*OneGeology*) и европските норми (*OneGeology–Europe*) и националната легислатива (НИПП);
- реализирање на мрежна услуга на веб карта, со објавување во рамки на *OneGeology* и НИПП;
- валидација на метаподатоците и мрежна услуга на веб карта;

РЕАЛИЗАЦИЈА

Метаподатоци во рамки на WCS

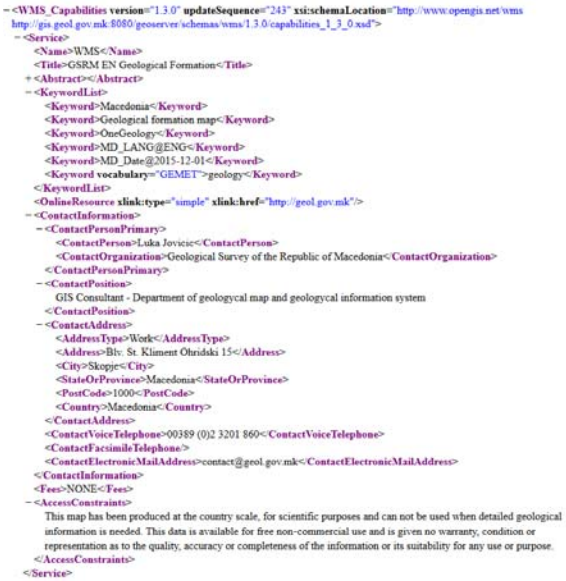
Спецификацијата на метаподатоци детално ги опишува сите обавезни, потребни и препорачани метаподатоци кои треба да се најдат во спецификацијата, дава објаснување за нивното креирање и можните вредности. Спецификацијата се базира на упатствата на *OneGeology* при тоа проширувајќи и прилагодувајќи ја спецификацијата кон потребите на конкретна мрежната услуга на веб карта.

Во соработка со *OneGeology – Europe* обезбеден е пристап и користење на едитор на метаподатоци на оваа организација. На тој начин, за потребите на Геолошкиот завод е достапен стандардизиран едитор на метаподатоци со контрола на квалитетот во склад со барањата на ISO и OGC. Од како Геолошкиот завод стана член на НИПП (декември 2015), и е препознат како институција надлежна за податоците од областа на геологијата, на располагање на претставниците на Заводот им се ставени и функционалности на порталот, каталог на податоци и услуги, како и можност за администрирање и публикување на мрежни услуги.

Слика 3. Изглед на НИПП порталот со едитор и каталог на мрежни услуги *http://nipp.katastar.gov.mk/*

Мрежна услуга на карта – WMS

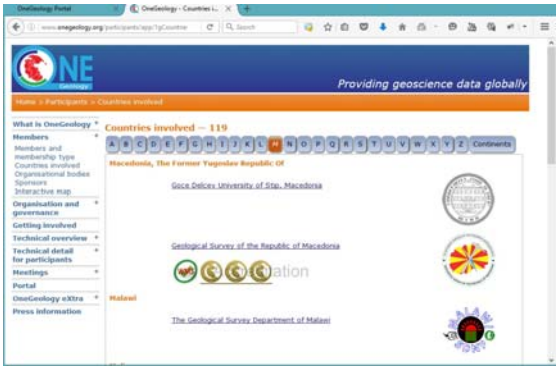
Публикувањето на мрежната услуга на карта е одредено во согласност со спецификациите во стандард и софтверски можности кои го дефинираат начинот на објавување на услугата. Барањата кои се наведени во документацијата која е пропишана од страна на *OneGeology* и НИПП се пренесени во формат овозможен од *Geoserver* а се однесуваат на структурата на податоците, метаподатоци, координатни системи, конвертирање на форматот за прикажување на податоците и слично.



Слика 4. Дел на *WMS* спецификација

Валидација

Врз основа на опишаниот процес, валидирањето на мрежни услуги се однесува на прием, потврда и објавување на метаподатоците во каталозите на *OneGeology, OneGeology-Europe* и НИПП, а потоа и потврда и објавување на мрежните услуги на овие три портали.



Слика 5. Акредитирани мрежни услуги во рамки на *OneGeology, http://www.onegeology.org/participants*

Имено, реализирана мрежна услуга ги задоволува предвидените стандарди и потреби, и ги исполнува следните услови:

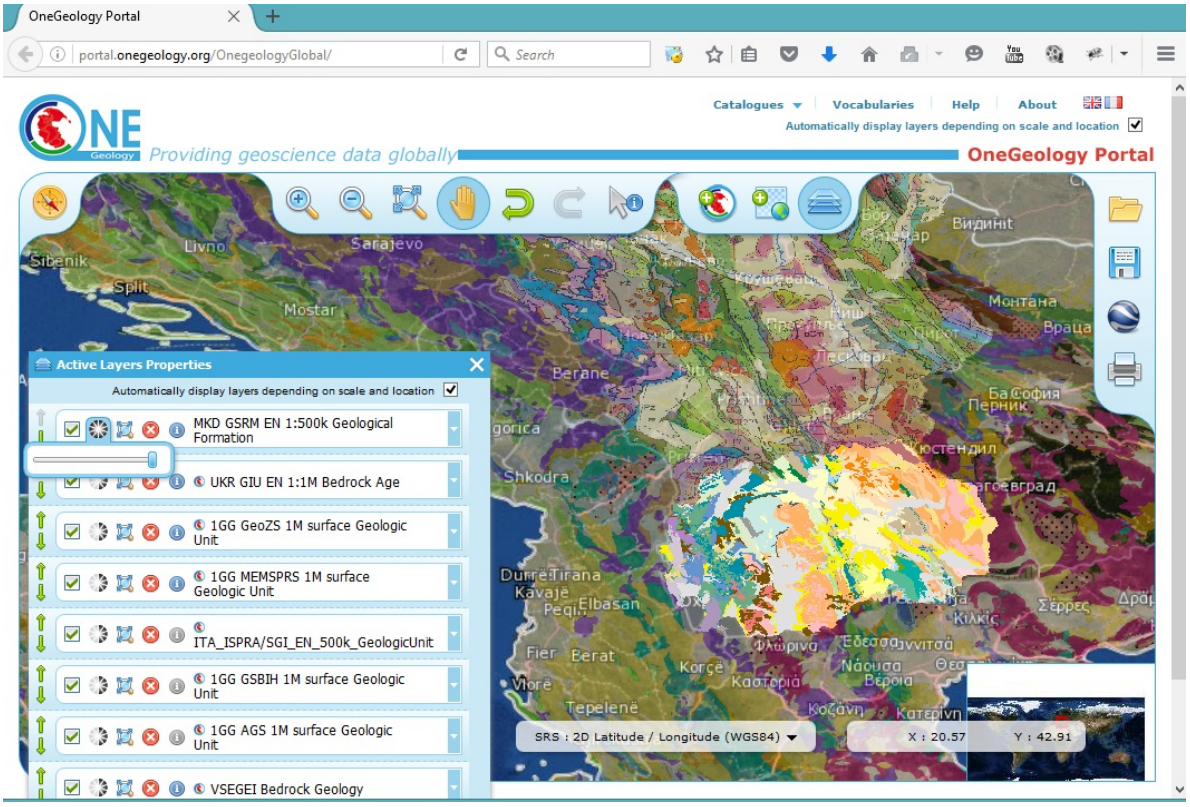
- ги подржува стандардизираните OGC *GetCapabilities* и *GetMap* барања за преглед на веб карта;
- ја прави достапна легендата како мрежна услуга за веб карта преку стандардизираниот OGC *GetLegend* пребарувач;
- подржува WMS во верзија 1.3.0, што е обезбедено согласно карактеристиките на мап серверот кој е користен за управување со мрежните услуги;
- клучните зборови на услугата се дефинирани според стандардот ISO19115, што е обезбедено со користење на спецификација за метаподатоци и потврдување на истите;
- дефинирани се ограничувањата за пристап и користење на мрежната услуга.

РЕЗУЛТАТИ

Со припрема на податоците во дигитална форма и нивно симболизирање, стекнати се услови за објава и прикажан е пример на процесот на конфигурирање на мап сервер за објава на мрежна услуга. По опишаната фаза беа подготвени сите елементи на опкружувањето и конкретните податоци за суштинскиот дел од работата, спецификацијата на мрежни услуги. Процесот на обработка на податоците ја превзема постоечката структура и упатува на развој на овој сегмент во Геолошки завод, бидејќи моменталната состојба ја ограничува можноста за објава на мрежни услуги само на основни: откривање и преглед. Форматите на податоци се одбрани така да покажат разновидни можности на мап серверот и како би опфатиле потенцијални случаи на обработка на други врсти на геолошки податоци.

Одбраниот пример на карта за реализација се фокусира на репрезентативност на сет од геолошки податоци, но и едноставност, како постапката на обработка на податоци и подготовката на мрежни услуги би можела да се примени и на други геолошки карти.

Спецификацијата на метаподатоци се придржува кон спецификациите препорачани од INSPIRE Директивата. Низ три репрезентативни примери е профилтриран процес на спецификација на

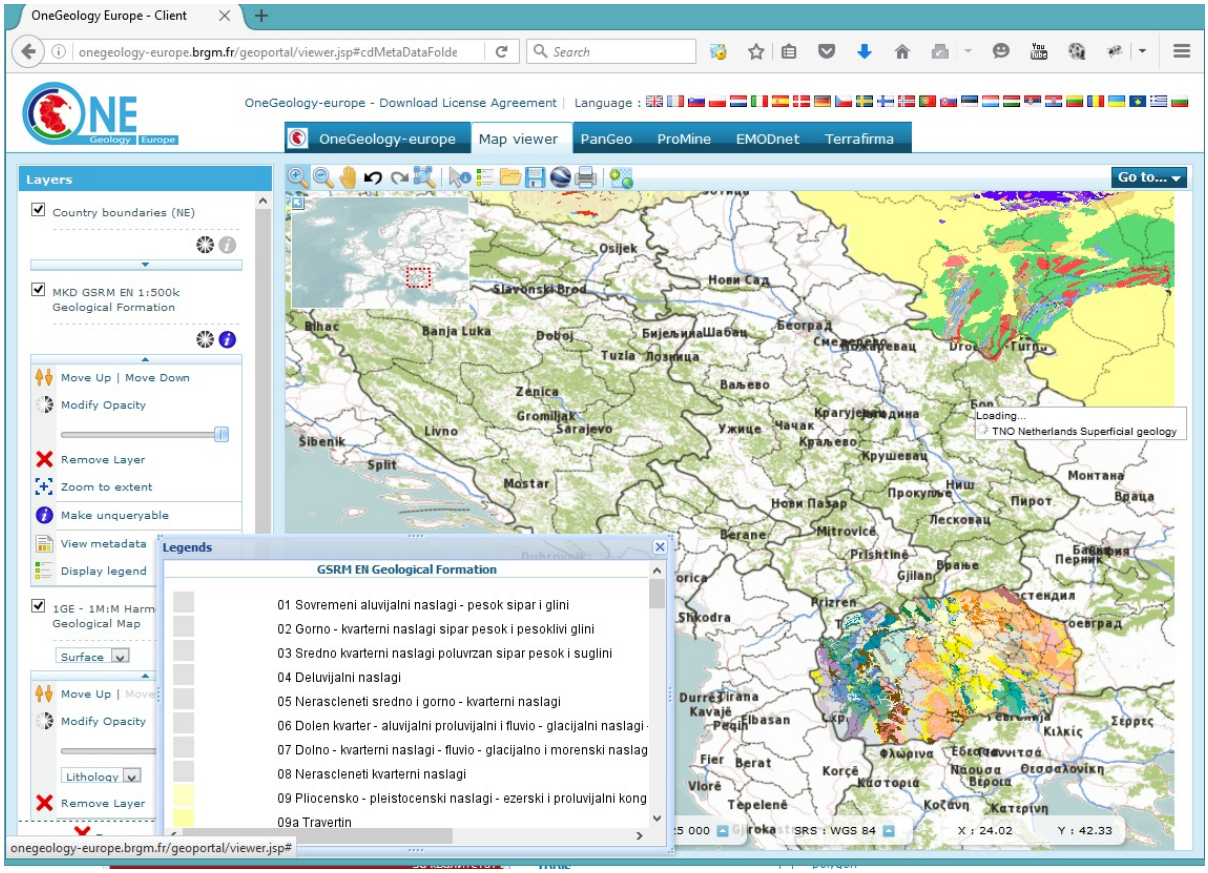


Слика 6. Мрежна услуга на карта во рамки на *OneGeology, http://portal.onegeology.org/OnegeologyGlobal*

метаподатоци и објава на мрежни услуги. Процесот бараше по завршувањето да се валидира со секоја од трите дефинирани спецификации односно со сите три мрежни услуги на веб карта.

Резултатите од процесот можат да се групират во:

- развиен пристап и реализирани активности за објавување на мрежна услуга на веб карта WMS во рамки на информациониот систем во Геолошкиот завод; URL линк до WMS: *http://gis.geol.gov.mk:8080/geoserver/GSRM_EN_Geological_Formation/wms?*
- креирање на профилот на метаподатоци за објавениот WMS; URL линк до метаподатоци: *http://gis.geol.gov.mk:8080/geoserver/GSRM_EN_Geological_Formation/wms?&service=WMS&request=GetCapabilities&version=1.3.0*
- објавување на метаподатоците и мрежните услуги на Геолошкиот завод на Република Македонија во рамките на националната инфраструктура на просторните податоци на Република Македонија;
- објавување и сертифицирање на метаподатоците и мрежните услуги на Геолошкиот завод на Република Македонија во рамките на *OneGeology*, според спецификација и стандарди на носителот на *OneGeology* проект - Европска асоцијација на геолошки заводи (EGS) ; URL линк до метаподатоци: *http://onegeology-geonetwork.brgm.fr/geonetwork3/srv/eng/catalog.search#/metadata/564638e274d3f5883753fc7c4ae81bad9edcaf31*
- овозможен пренос на знаење и достапност на материјали за вработените во Геолошкиот завод на Република Македонија во овие активности, со што методологијата и процедурите можат да бидат користени и развивани во понатамошниот развој на работата Заводот.

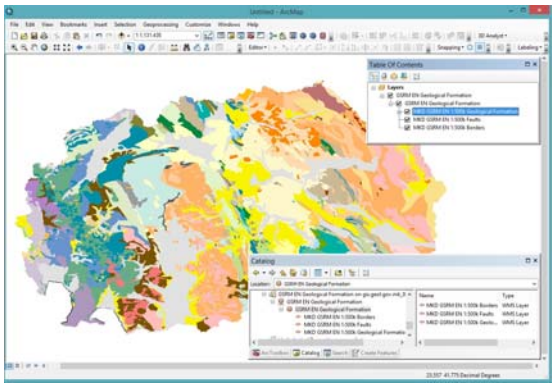


Слика 7. Мрежна услуга на карта со легенда во рамки на *OneGeology-Europe, http://onegeology-europe.brgm.fr*

ЗАКЛУЧОК

Фокусот на проектот е ставен на концептуален пристап спроведен на конкретен пример, како би се овозможила флексибилност во понатамошната работа во Геолошкиот завод за потенцијално користење на други апликации за објава на податоци во вид на мрежна услуга.

Суштината на проектот се огледува во спецификацијата на метаподатоци, размената и валидацијата на метаподатоци и мрежни услуги.

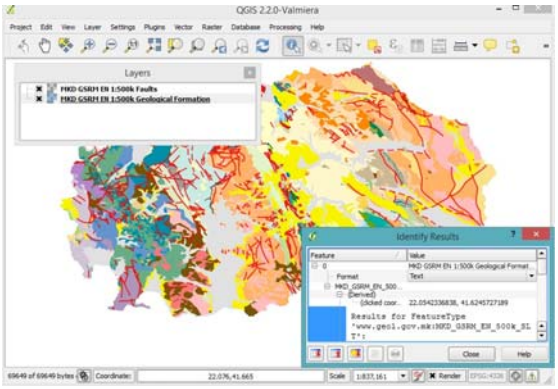


Слика 8. Мрежна услуга на карта достапна како подлога во рамки на ГИС на Геолошки завод во апликација *ArcGIS for Desktop*

Преку практични примери на имплементација на специфицирани мрежни услуги во различни геопортали, задоволена е основната цел, да процесот на специфицирање на метаподатоци и мрежни услуги може да се повтори за различни типови на податоци во рамки на Геолошки завод.

Како последна фаза следеше валидизација на реализираниот процес, која ги потврди квалитетот на процедурите и дава можност за понатамошен развој на мрежни услуги со:

- Присутност во три различни каталози на метаподатоци на национално, европско и светско ниво кои користат стандарди кои се однесуваат на дигитални геолошки податоци;
- Постоење на мрежна услуга на регионалната геолошка карта на Македонија на три различни геопортали од национално до глобално ниво;
- Сертификат за квалитет на мрежна услуга на веб карта на светскиот геопортал за геолошки податоци *OneGeology*;
- Директна соработка со сите три инфраструктури кои претставуваат геопортали и можност за развој на мрежни услуги, унапредување на капацитетот на Геолошкиот завод и учество во нови иницијативи во иднина.



Слика 9. Мрежна услуга на карта достапна како подлога во рамки на *open source* ГИС апликација QGIS

По завршувањето на проектот од големо значење е одржувањето на спроведениот процес и директно пренесување на овој модел на други геолошки карти и податоци. Стандардите и технологијата во оваа област брзо се развиваат и одржувањето на достигнатото ниво ќе биде од корист за развој на ГИС, економичноста и ефективноста во управувањето со дигиталните геолошки податоци. Како надградба на овој проект се гледа потреба од структурирање на геолошките податоци на Геолошкиот завод према европските стандарди, поблиска соработка и повеќе активности со идентификуваните и слични инфраструктури чии претставници се НИПП, *OneGeology-Europe* и *OneGeology*.

Креираната добра основа на мрежни услуги и соработката со репрезентативни инфраструктури на просторни податоци се гледа како можност за понатамошен перспективен развој на геоинформациониот систем на Геолошкиот завод на Рапублика Македонија.

ЛИТЕРАТУРА

Curtis Smith, "*Geographic information systems*", Alaska Department of Fish and Game, 2000.

http://www.habitat.adfg.state.ak.us/geninfo/kbrr/colkbayinfo/kbec_cd/html/gishtml/intro.htm

Douglas D. Nebert, Technical Working Group Chair, GSDI, *"SDI Implementation Cookbook V 2.0"*, 2004.

Henry Tom, Co-Chair, ISO/TC 211 Advisory Group on Outreach, *"ISO/TC 211 for geographic information/geomatics"*, The Global Geospatial Magazine, GIS Development, Noida, India, 2006.

Jos Van Orshoven (SADL), *"Summary report of Activity 3 of a study commissioned by the EC (EUROSTAT & DGENV) in the framework of the INSPIRE initiative - Spatial Data Infrastructures in Europe: State of play Spring 2003",* K.U.Leuven (SADL + ICRI) + Margaret Hall consultant (HALL), 2003.

Open Geospatial Consortium (OGC) White Paper *"The importance of going open"*, http://www.opengeospatial.org, 2005.

Open Geospatial Consortium Inc., Document: OGC 03-040 *"OGC Reference Model"*, 2003.

Open Geospatial Consortium, Document: 01-068r3, *"Web Map Service Implementation Specification Standard"*, 2008.

Open Geospatial Consortium, Document: 04-094, *"Web Feature Service Implementation Specification Standard"*, 2005.

Open Geospatial Consortium, Document: 07-067r5, *"Web Coverage Service Implementation Specification Standard"*, 2008.

The U.S. Geological Survey and Remote Sensing, *"Geographic Information Systems"*, USGS Online Edition, 2007. http://erg.usgs.gov/isb/pubs/gis_poster/

Ulrich Voerkelius, Jelena Glavina, Claudia Specht-Mohl, Matthäus Schilcher, *"GIS Priručnik za Lokalne samouprave u Srbiji"*, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Stalna konferencija gradova i opština (SKGO), 2008.

University of Sheffield – USFD, *"Geographic Information Policies in Europe: Recommendations for Action"*, European Umbrella Organisation for Geographic Information-EUROGI, Joint Research Centre of the European Commission- JRC, Open GIS Consortium (Europe) –OGCE, 2003.

Vincent Dessard, OGC Europe Forum – Chairman, OGC Management & Planning Committee – Member, OGC Strategic Members Committee – Member, ISO TC211 - Head of Belgium Delegation, ISO TC211 / ESA - Liaison Officer, *"Interoperability Provided by the OGG/ISO Open Standards - Open Geospatial Web Services & Service-Oriented Architecture for a Better Decision Support based on Geospatial Information"*, OGC Technical and Planning Committee Meetings, 2008.

Xiaodong Hong, GIS Manager, *"A road map to implementing an enterprise GIS"*, InfoTech Enterprises, Inc., 2005.

THE METHODOLOGY AND CONCEPTION OF DEVELOPING GEOLOGICAL MAP (GK-50) OF REPUBLIC SERBIA AND SYNTHESIS OF GEOLOGICAL FORMATIONS AFTER FINISHED SHEETS

Rodoljub Gajić, Divna Jovanović, Dejan Barjaktarović, Petar Stejić and Mihailo Pandurov

Geological Survey of Serbia, Rovinjska 12, 11000 Belgrade, Serbia
rodoljub.gajic@gzs.gov.rs; divna.jovanovic@gzs.gov.rs; dejan.barjaktarovic@gzs.gov.rs; petar.stejic@gzs.gov.rs mihajlo.pandurov@gzs.gov.rs

Abstract
After finalization of Basic Geological Map of SFRJ is continued creation of New geological map based on formational principe. In Serbia is named as Geological map of Serbia in scale, 1:50.000 (GK-59). In Serbia last 15-20 years more than 20 maps in scale 1:50.000 are prepared for printing and many informal formations are established.

Key words: Geological Map 1:50.000, Methodology, Conception, Stratigraphic Codex, Formation,Serbia

INTRODUCTION

The main importance of developing a geological map of a state is reflected in the establishment of the fundamental geological structure of the territory and activating existing natural geological resources. Data from these studies are the basis of all further geological investigations, basic and detailed, also provide basis for all kinds of geological informations. Therefore, research on the development of geological map of Serbia in scale 1:50 000, as the most complex and the most extensive geological researches, has strategic and economic importance for the state Serbia. It was realized as a continuous perennial project, through upgrade of the existing data and knowledge obtained by systematic geological research both the Basic Geological Map (OGK) of ex-Yugoslavia and the Thematic Geological Map (TGK) of Serbia, and through scientific and professional papers, studies, monographs and theses.

THE CHRONOLOGIC REVIEW OF DEVELOPMENT OF GEOLOGICAL MAP OF SERBIA 1:50.000 (GK-50)

After finalization of Basic Geological Map (OGK) of ex-Yugoslavia, i.e. SFRJ (1989), it was decided that the next phase of regional geological investigations will be Thematic Geological Map (TGK) organized in geotectonic units (parts) and based on formational analysis (1985). On XI Geological Congress of Yugoslavia (Tara, 1986) and after Meeting about New Geological Map of SFRJ (Donji Milanovac, 1987) Thematic geological map was renamed in Geological Map of SFRJ, 1:50.000. Also is agreed to publish maps in scale 1:50.000, and methodological approach is stayed formational analysis. After breaking-up of SFRJ, and later Serbia and Montenegro, Geological Map of SFRJ, is named in Geological Map of Serbia, 1:50.000 (GK-50). Suitable standards (JUS B.A4.054=ISO) for that map were accepted and published (Federal Institute for standardatization) in 2001. New, Draft of Instruction for Geological Map of Republic of Serbia, 1:50.000 is finished in 2004. y. (Đoković, unpubl. mat.), but officially wasn't adopted, because intoductary parts never were legaly regulated. In that time Ministry, because of control of making GK-50 and because of rising of higher level, is created Commission in which it has been professors from Faculty of Mining and Geology and employees from Ministry. The realization of GK-50 is given to Geolological Survey of Serbia. Commission stopped with activities in 2008. After few year, in 2012, Ministry established new Special group for regional geological maps in scale 1:50.000 to 1:2.000.000, but never had any appointment.
Last more than ten years for finalization of new geological maps of Serbia, 1:50 000, is used mentioned JUS standards (2001) and Draft of Instruction for Geological Map of Republic of Serbia, 1:50.000 (2004).

METHODOLOGY AND CONCEPTION OF MAKING GEOLOGICAL MAP OF SERBIA 1:50.000 (GK-50)

The creation of Geological map of Serbia in scale 1:50.000 must follow a complex process to standardize and control of work. First of all, it was necessary to find the right solution for making geological maps by shortened method, and without losing the quality of the data. That means that a new geological map of Serbia should finished as soon as possible (projects of fifty years no one state will finance), and the data must be exact and can easily upgradeable to new insights. Therefore, it is necessary to create a geological map of the implements of GIS technology, which would allow the rationalization of geological researches, and then their evaluation of through, modern and easily provided geological informations. The quality control of data takes adequate professional and technical committee, which monitors the work on the preparation of maps. The work of this committee as well as the team in the preparation of geological maps would have to be harmonized with the standards, norms, nomenclature, Stratigraphic Codex and Stratigraphic Lexicon etc.

In terms of methodology GK-50 would be created on complex works that are organized as the cabinet-field research, during which the most modern methodological procedures were applied and highly sophisticated computer equipment used. From the time it would be carried out a significant depth interpretative procedure, which allows the modern understanding of geology of the Republic of Serbia, in the context of modern, generally accepted interpretation of tectonic-stratigraphic relations, compatible with territories of neighboring countries.

Geological map of Serbia in scale 1:50. 000 is done on a digitalized topographic base, rectangular, limited to 15 'latitude and 15' longitude. Average size of such a limited field is approximately 550 square km, and the map sheets in the north of Serbia have a slightly smaller area than those in the south. That base is used for field work (in this case has full topographic content) and for the construction of previous or the final version of the geological map, when in accordance with legal provisions has reduced topographical elements. According to the provisions of the Guidelines (the Regulations) for the field mapping, and construction and finalization of maps are made in scale 1:50.000. For fields that are of great economic importance, such as urban areas, areas of mineral raw material, areas of hydrogeological potential, national parks, environmentally vulnerable areas and areas of high seismic risk mapping is carried out at a scale of 1:25.000. Both maps are subjected to subsequent conversion into a smaller scale to fit into the GK-50, or used as a basis for geological and specialized maps in scale 1:10.000, rarely larger. If they are caught in urban areas and national parks, the plans are usually supplemented with outer frame content and printed with greatly increased utility value.

THE DYNAMICS OF MAKING GEOLOGICAL MAP AND CURRENTLY STATE

For making any new sheet of GK-50, depending of geological complexity of field, is suggest three years for research, plus one year for completion graphic and textual results of investigations. The following dynamics is recommended:

The first year of investigations is for preparation. It include analysis and synthesis of textual, graphic and material data from previous geological investigations and analysis of method remote sensing, using sattelite photos of newest generation and classic stereoscopic analysis of comtemporary aerophotos. Parallel to mentioned activities is practised digitalization to implement in GIS format. This is very important part of the program and ordinary for contemporary approach for presentation results. In preparation phase, as a beginning of field researchs, is planned consideration of geological composition of investigated field-area, than collecting the samples, prelimirary laboratory investigation of collected material. On the base of preliminary results is first prepared some kind of factographic map, than map with all previous and new results in scale 1:50.000. On that map, besides surely established elements, are marked geologically problematic or incompletely explained areas. If given data are enough, will be define formational units.

The second and third year of investigations include, through field work, systematic mapping and specialistic researches of geology on the field for the whole sheet area. In the same time the processed materials are

prepared as draft version of geological map, also with textual report. In the third year will finish draft and final version of geological map, final reports and booklet. After review of Commission the mistakes will be removed and material will be prepared.

From the beginning of making GK-50, after review of former Commission, first is printed sheet Prijepolje 2, 1:50.000. The booklet, also reviewed, never was not printed. After sheet Prijepolje 2, geological investigations were continued on sheets Užice 4, Prijepolje 1 (together with Geological Survey, Montenegro), Zaječar 1 and Kladovo 3. Because of more quality finishing of already started sheets, the deadline for their finishing is prolonged. Mentioned sheets are reviewed, booklets are repaired and sheets are in printing phase. In meantime is finished 8 new sheets with booklets: Pljevlja 2, Višegrad 4, Zvornik 2, Šabac 4, Požarevac 4, Žagubica 4, Aleksinac 2, Vlasotince 3 and Negotin 1. They must be reviewed, and after that prepared for printing.

Also, till 2015.y. are finished investigations on the following sheets: Šabac 3, Čačak 1, Valjevo 4, Negotin 3, Žagubica 2, Užice 2, Užice 3, Bor 2 and Veliko Gradište 3. In final phase are sheets Zvornik 1 (together with Geological Survey, Republic of Srpska), Aleksinac 4 and Novi Sad 4. The sheet Novi Sad 3, taken as a representative standard, on which worked professors of Faculty of Mining and Geology (Belgrade), also is not finalized. All sheets, as soon as possible, must be reviewed, prepared for printing and also incorporated into Geological Informational System of Serbia (GeolISS).

From 2016. is started with work on the following sheets of GK-50: Bačka Palanka 4 (actually started in 2014, as collaboration with HGI, Croatia), Užice 1, Prijepolje 3 and 4, Kruševac 4, Kriva Palanka 1, Lapovo 1 and Bor 1. They must be finalized in the next three years. Distribution of sheets and dynamics is presented on Fig. 1.

Unfortunatelly, till nowadays is missing Stratigraphic Lexicon in spite of that Stratigraphic Codex is finished in 2012.y. In Serbia, till 2016.y. is established more than 100 formations which belong to different geotectonic units. Because Commission for adoption formations for territory of Serbia not existed, could be considered that all separated formations are informal, and must be adopted using ordinary rules like all over the world (Salvador, 1994; Jovanović&Jovanović, 2006).

CONCLUSION

During more than 15 years, in spite of decrease of regional geologists and specialists (petrologists, sedimentologists, paleontologists and others) of Geological Survey of Serbia, with a large efforts were finished more than 20 sheets of GK-50. As is said, the Commission of competent specialist-geologists, named by state, already reviewed five sheets and they are printed. To finalize other sheets and print the maps and accompanying booklets, is necessary to systematize all remarks of reviewers, recognize defects and mistakes, include all informal formations defined by the finalized map sheets, implement maps and following data in GIS technology, and harmonize all data with International Stratigraphic Codex and Stratigraphic Lexicon.

REFERENCES

Jovanović, R., Jovanović D. (Eds.) 2006: International Stratigraphic Quide and Glossary of Stratigraphic Terms (Internacionalni stratigrafski vodič i rečnik stratigrafskih termina). DIT NIS - Naftagas, 1-185, Novi Sad.

Salvador, A. (ed.) 1994: International Stratigraphic Guide second edition. A guide to stratigraphic classification, terminology and procedure. Trondheim (Norway), International Union of Geological Sciences and The Geological Society of America, 214 p.

Savezni geološki zavod. 1985: Nacrt uputstva za izradu tematske geološke karte SFRJ (OGK-2) – regionalna geološka istraživanja. 1-129, Beograd.

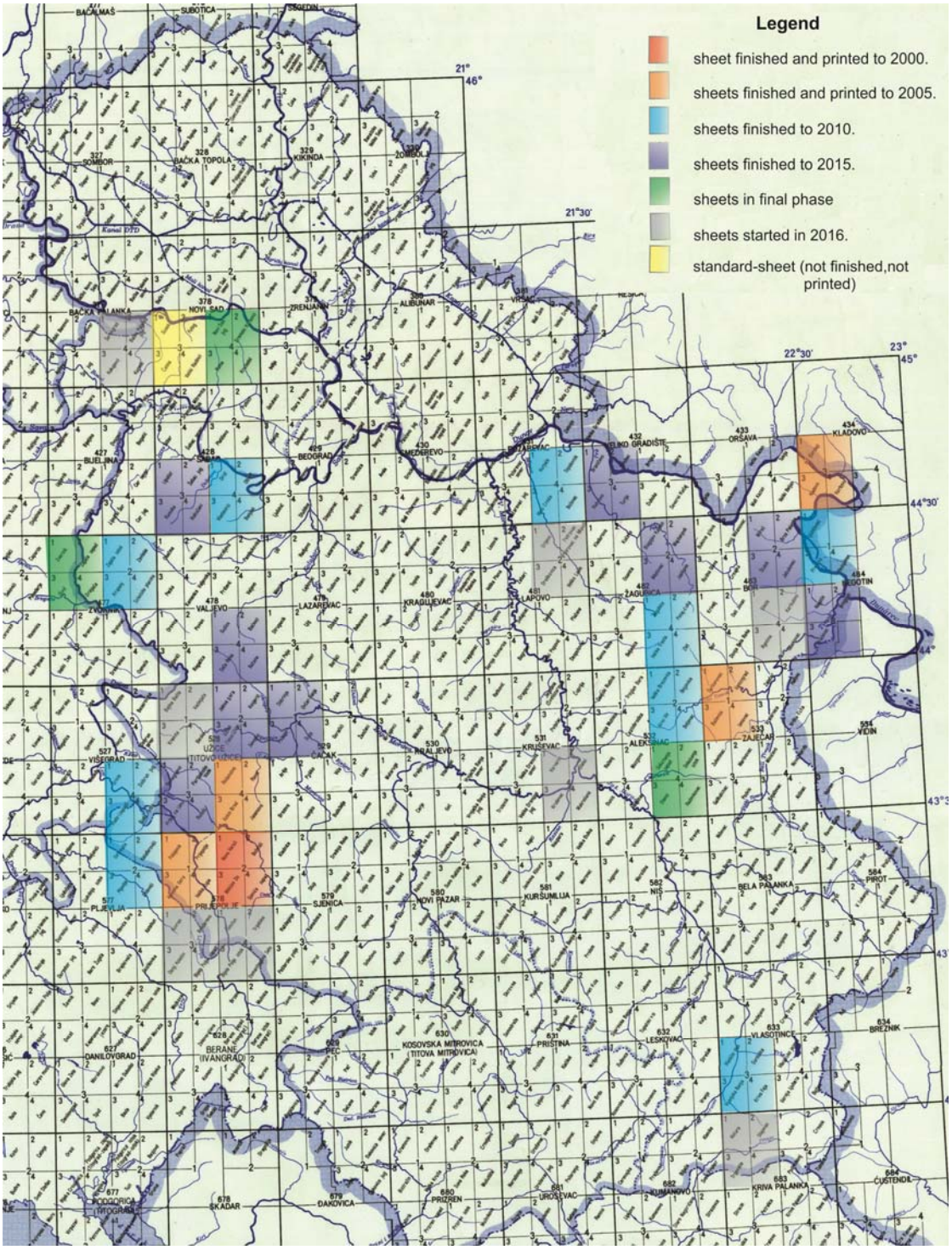


Fig. 1 *The distribution of sheets and dynamics of making Geological map of Serbia, 1:50.000 (GK-50)*

ПОДЕЛБА И НОМЕНКЛАТУРА НА ОСНОВНИТЕ ГЕОЛОШКИ КАРТИ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

[1]Новица Столиќ

[1]Геолошки завод на Република Македонија, Бул. "Св. Климент Охридски" бр. 15, Скопје, Република Македонија, e-mail: novica.stolic@geol.gov.mk

Абстракт

Основна цел на овој труд е да им помогне на геолозите кои се занимаваат со основни геолошки истражувања да се запознаат со начинот на поделба и номенклатура на Основните геолошки карти (ОГК) и со нивната математичка основа. Прикажана е нивната општа поделба според содржина, намена, размер и меридијан. Понатаму е прикажан начинот на поделба и номенклатура на топографските карти и ОГК по листови, која е воспоставена многу одамна во некогашната СФРЈ. Во последниот дел од трудот е прикажан постоечкиот геодетски датум и картографска проекција на топографските карти, кои се користат како подлоги на ОГК. Наскоро и нашата држава ќе премине на новиот геодетски датум WGS84 и новата картографска проекција (UTM) според ETRS89, што ќе услови менување на координатите на точките, размерот, форматот и номенклатурата на листовите на топографските карти а со тоа и на ОГК. Се препорачува, на сите карти покрај Гаус-Кригерова да се внесува и UTM мрежа.

Клучни зборови: основна геолошка карта, топографска карта, лист, номенклатура и проекција.

ВОВЕД

Геолошка карта е графички приказ на геолошката градба (старост, состав и склоп) и други геолошки значајни појави на површината на теренот на одреден простор на топографска основа.

Основна геолошка карта претставува графичка документација на основни геолошки податоци за геолошката градба на површината на теренот на одреден простор на Земјата на топографска основа и други значајни податоци кои се користат за истражување на наоѓалишта на минерални суровини, за водоснабдување, за хидротехнички и инфраструктурни објекти, во земјоделството, како и за потребите на просторно планирање.

Секоја државна територија е составена од повеќе листови на картите со различен размер кои прават една целина. Преглед на сите листови на една карта, т.е. нивниот меѓусебен однос, се дава во т.н. прегледен лист.

Номенклатура, од картографскиот аспект, претставува систем на правила кои го уредуваат означувањето на картите и нејзините листови според одредена хиерархија.

Во Република Македонија не постои законски, подзаконски или друг акт (правилник, упатство) кој ја уредува оваа проблематика, а од стручната литература единствено е третирана во факултетските учебници по општа геологија (Димитријевиќ М., 1978, Думурџанов Н. и Петров Г. 2005 и Гапковски Н. и Јовановски М. 2007). Поделбата и номенклатурата е мошне значајна за изработка на основните геолошки карти и за проектирање на основните геолошки истражувања.

ОПШТА ПОДЕЛБА НА КАРТИТЕ

Геолошките карти се делат според според повеќе критериуми, од кои најчесто е според содржината и намената (комплексни и специјални) како и според размерот (мал, среден и крупен).

Во групата на комплексни геолошки карти кај нас можат да се сврстат единствено Основна геолошка карта на СР Македонија 1:100 000 (вообичаена кратенка е ОГК-1) и Основна геолошка карта на Република Македонија 1:50 000 (ОГК-2), додека во групата на специјални геолошки карти се останатите основни геолошки карти кои се изработуваат со

одредена намена и содржат податоци од одредена геолошка област. Тоа се повеќе видови на карти кои се изработени или се во фаза на изработка: Основна хидрогеолошка карта на Република Македонија 1:100 000 (ОХГК), Основна инженерскогеолошка карта на Република Македонија 1:100 000 (ОИГК), Основна геолошка карта на СР Македонија 1:200 000, Карта на минерални суровини на СР Македонија 1:200 000, Металогенетска карта на СР Македонија 1:200 000, Хидрогеолошка карта на СР Македонија 1:200 000, Хидрогеолошка карта на минералните, термалните и термоминералните води на СР Македонија 1:200 000, Инженерскогеолошка карта - реонизација на теренот по стабилност и сеизмичност на СР Македонија 1:200 000, Тектонска карта на Република Македонија 1:200 000, Гравиметриска карта на СР Македонија - Бугеови аномалии 1:500 000, Геомагнетна карта на СР Македонија - аномалии на вертикалната компонента 1:500 000 и др.

Според размерот, Основните геолошки карти на Република Македонија припаѓат во групата на геолошките карти со мал и среден размер.

Основни геолошки карти со мал размер се картите изработени во размер 1:100 000 и помал (1:200 000, 1:500 000 и друг), на кои е прикажана геолошката градба и други податоци за целата територија на Република Македонија.

Основни геолошки карти со среден размер се картите изработени во размер поголем од 1:100 000 до 1:10 000 и се изработуваат за поголемо подрачје. Кај нас тоа се: Основна геолошка карта на Република Македонија 1:50 000 (ОГК-2) и Основна геолошка карта на Република Македонија 1:25 000 (теренска верзија за картите ОГК-1).

Според меридијани картите се делат според Феро (Ferro), Ромскиот (Roma), Парискиот (Paris) и Гриничкиот (Grinich) меридијан. За подрачјето на Република Македонија Основните геолошки карти се работени главно според Парискиот и Гриничкиот меридијан. Поделбата според Парискиот меридијан е користена за старите карти (пред Втора светска војна), додека сите понови карти (ОГК-1 1:100 000 и 1:25 000, ОГК-2 1:50 000, ОХГК 1:100 000, ОИГК 1:100 000 и други) се изработени според Гриничкиот меридијан.

ПОДЕЛБА И НОМЕНКЛАТУРА НА КАРТИТЕ НА ЛИСТОВИ

Номенклатурата, како традиционална форма на означување на листовите на топографските и други карти, може да се подели на дел кој го дефинира листот во системот на поделба на листовите и дел кој го содржи името на листот, кој им служи на поширокиот круг на корисници што поедноставно да го пронајдат бараниот лист.

Компаративен преглед на поделбата на листовите на топографските карти и Основните геолошки карти на Р. Македонија од размерот 1:1 000 000 до 1:10 000 е прикажана во табела 1.

Табела 1. Размери, формати и номенклатура на листовите на топографски карти и Основни геолошки карти на РМ

Размер	Топографска карта			Основна геолошка карти на Република Македонија			
	Геогр. ширина φ (° ’ ”)	Геогр. должина λ (° ’ ”)	Номенклатура	Геогр. ширина φ (° ’ ”)	Геогр. должина λ (° ’ ”)	Номенклатура	Број на листови
1:1 000 000	6°	4°	SKOPJE K-34	6°	4°	SOFIA K 34	1 (1*)
1:500 000	3° 20’	3° 40’	СКОПЈЕ 56	Целина		-	1 (1*)
1:200 000	1°	1°	СКОПЈЕ 4221	Целина		Р. Македонија	1 (1*)
1:100 000	30′ 00"	30′ 00"	СКОПЈЕ 731	30' 00"	20' 00"	СКОПЈЕ К 34-79	144 (24*)
1:50 000	15′ 00"	15′ 00"	СКОПЈЕ 731-2	15'00"	10' 00"	СКОПЈЕ-ЈУГ К 34-79.В	576
1:25 000	7′ 30"	7′ 30″	СКОПЈЕ 731-2-2	7' 30"	5' 00"	СКОПЈЕ-ЈУГ К 34-79.Bb	2304 (269*)
1:10 000	3' 45"	3' 45"	СКОПЈЕ 731-2-2	3' 45"	2' 30"	СКОПЈЕ-ЈУГК 34-79.Bb4	9216

*Податоци за Република Македонија

Во табелата е прикажана и номенклатурата на листовите во кои припаѓа точката 1 која се наоѓа во градот Скопје (центар на палатата во изградба "Емануел Чучков", во која ќе биде сместен Геолошки завод на Република Македонија).

Топографските, геолошките и другите карти, поради нивниот покрупен размер и примена, воглавно се изработуваат на повеќе одвоени листови. Поделбата на листовите не е произволна туку според одреден систем, односно според меридијаните и напоредниците, одредувајќи ја географската положба на територијата која е опфатена со некој лист на картата. За подобра употреба и полесно снаоѓање, секој лист има своја ознака, односно номенклатура.

Во табела 1 се гледа дека топографските и Основните геолошки карти со најситен размер 1:1 000 000 се со иста поделба на листовите, но со различно обележување на називите на листовите. За разлика од тоа, за сите останати размери поделбата и номенклатурата на листовите не е иста, иако топографските карти и Основните геолошки карти се работени според Гриничката поделба.

Основата за поделба и составување на топографските карти е прегледниот лист на меѓународната карта во размер 1:1 000 000 која е направена на следниот начин (Ganić A. i dr., 2012).

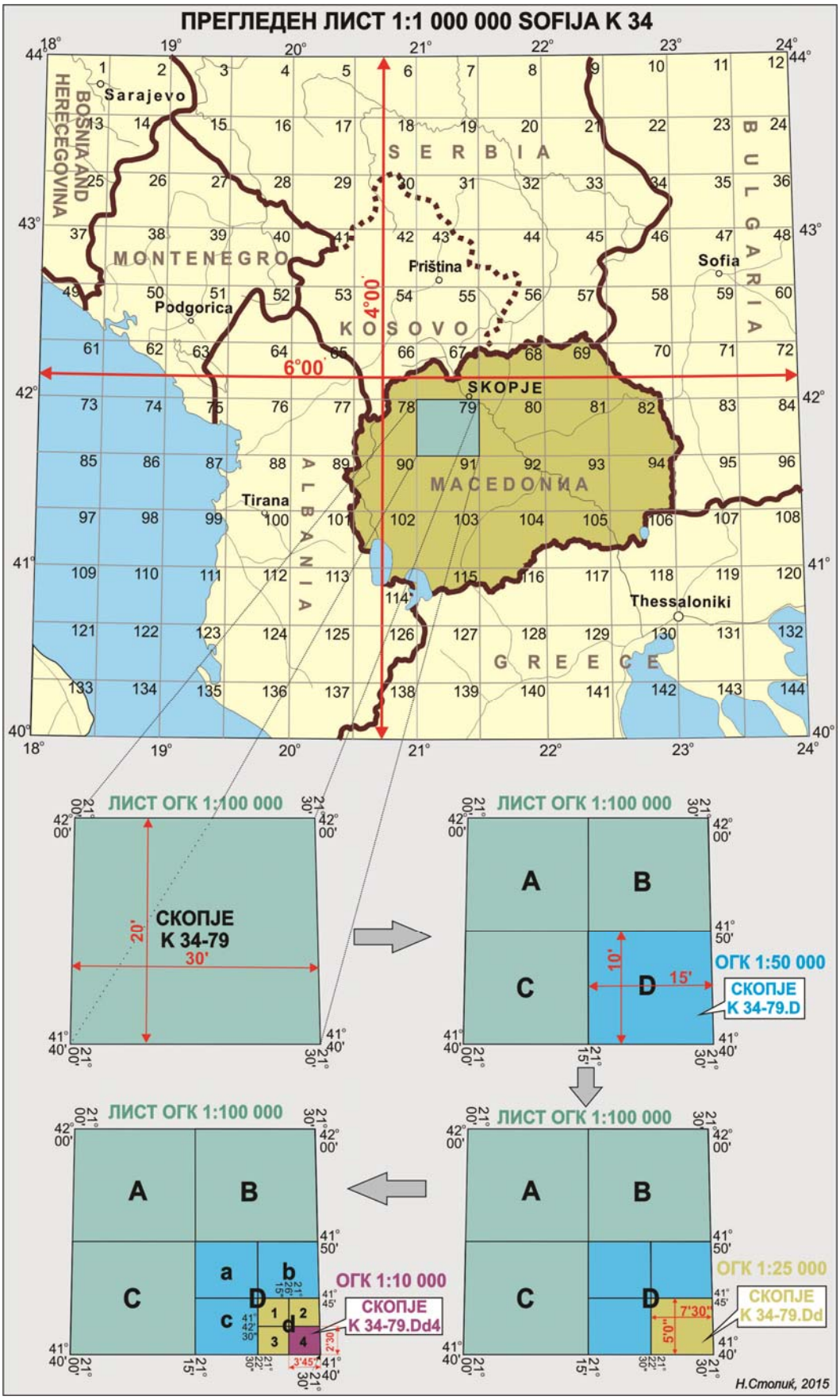
- целата земјина површина е поделена со меридијани и напоредници на 60 меридијански зони (колони) со 6° по географска должина и појаси (редови) по 4° по географска ширина;
- ширинските појаси се означени со големи латинични букви, почнувајќи од екваторот кон половите, а меридијанските зони (колони) со арапски броеви од 1 до 60, почнувајќи од 180° - тиот Гринички меридијан кон исток;
- сфероидниот трапез со димензии од 6° по топографска должина и 4° по географска ширина прикажува еден лист од картата и
- ознаката (номенклатурата) на секој лист од картата се состои од знак од латинична буква на редот, односно појасот и знак со бројот од меридијанската колона (зона) и од името на најголемиот град што се наоѓа на тој лист од картата (пример: листот на картата за Скопје е К 34 – Скопје).

Основните геолошки карти во Република Македонија се изработуваат според поделба и номенклатура на топографските карти според Гриничката поделба, која е воспоставена многу одамна во некогашната СФР Југославија, пред започнување со изработка на ОГК-1 (Savezni geološki zavod, 1964).

Од меѓународната топографска карта во размер 1:1 000 000 е изведена поделба и номенклатура за сите останати карти со покрупен размер. Следствено на тоа, сите номенклатури на листовите со покрупен размер содржат ознака на листот од картата во размер 1:1 000 000. Исто така, на називот на секој лист се додава соодветен географски назив (име). Називот на листот се добива според најзначајниот географски објект (топоним), најчесто тоа е името на одредено доминантно место на листот (град, село, планина, река итн). Меѓутоа, кога на листот не се наоѓа ниту едно место или подоминантни се други топоними (ороними, хидроними, региоими и сл.), се отстапува од тоа правило.

Топографската карта во размер 1:200 000 е поделена со меридијански и напореднички линии на листови со димензии 1° по географска должина и 1° по географска ширина. Територијата на Република Македонија е опфатена со 6 листа од топографската карта со размер 1:200 000, и тоа: Скопје 4221, Куманово 4222, Ќустендил 4223, Битола 4121, Прилеп 4122 и Солун 4123. Нашите 8 специјални Основни геолошки карти во размер 1:200 000 не се работени по оваа поделба по листови, туку се работени во една целина, со која е опфатена целата државна територија.

Поделба на основните геолошки карти во размер 1:100 000, 1:50 000, 1:25 000 и 1:10 000 по листови и секции и нивната номенклатура е направена по следниот принцип (слика 1).



Слика 1. Шема на поделба и номенклатура на Основните геолошки карти на Р.Македонија по Гриничка поделба

Секој лист од меѓународната топографска карта во размер 1:1 000 000 е поделен на 144 листа и ја прават Основна геолошка карта во размер 1:100 000 (Димитријевиќ М., 1978). Секој лист од оваа карта по Гриничката поделба зафаќа простор од 30' по географска должина и 20' по географска ширина. Листовите имат назив (име), кој се одредува според најголемото населено место (вообичаено град), и сигнатура која се состои од 3 дела (знакови). Првиот дел (латиничната голема буква) и вториот дел (арапските броеви) означуваат припадност на листот во картата со размер 1:1 000 000 (ширински појас - ред и меридијална зона – колона). Третиот дел (арапските броеви) го означува неговиот положбен реден број во картата 1:1 000 000. Пример: лист Скопје K 34-79 има назив Скопје бидејќи е најголемо населено место на тој лист, а сигнатура K 34-69, бидејќи припаѓа во ширинскиот појас K и 34-тата меридијанската зона и по ред е 79-тиот лист на листот СОФИЈА K 34 од картата во размер 1:1 000 000.

Понатаму, секој лист во размер 1:100 000 се дели на 4 листа (секции) со размер 1:50000, кои задржуваат исти имиња од листот 1:100 000 како и сигнатурата, со тоа што на крај се додава дополнителна ознака со латинична голема буква (A, B, C и D) според неговата положба на листот со размер 1:100 000.

Истиот принцип е застапен и кај картата со размер 1:25 000. Секоја секција во размер 1:50 000 се дели на 4 секции со размер 1:25 000 или 16 секции од листот со размер 1:100 000. Тие задржуваат иста номенклатура од претходниот лист со поситен размер (1:50 000), а во сигнатурата на крај се додава ознака од мали латинични букви (a, b, c и d) според неговата положба на листот со размер 1:50 000. Треба да се напомне дека секциите од нашата основна геолошка карта во размер 1:25 000 имаат свои имиња според најзначајниот географски објект - топоним (град, село, планина, река ...) на подрачје на секцијата.

Секцијата во размер 1:25 000 понатаму се дели на 4 секции со размер 1:10 000. Овие секции задржуваат исти имиња и сигнатура како претходните листови во размер 1:25 000, а во сигнатурата на крај се додава знакот од едноцифрени арапски броеви (1, 2, 3 и 4) според неговата положба на листот со размер 1:25 000. На тој начин крајната југоисточна секција во размер 1:10 000 на листот 1:100 000 K-34-59 ќе има сигнатура K 34-59.Dd4.

Според опишаниот принцип на поделба и номеклатура, во Република Македонија е изработена, или е во фаза на изработка, следната геолошка документација: ОГК-1 1:1 000 000, ОГК 1:25 000 (теренска верзија), три листа на ОГК-2 1:50 000, дигитализација на ОГК 1:25 000, неколку завршени листови на ОХГК 1:1 000 000, неколку завршени листови на ОИГК 1:1 000 000, проекти за изработка на ОХГК и ОИГК 1:1 000 000, како и неколку листови на геолошка карта 1:10 000 за Радовишкиот и Струмичкиот регион во рамките на истражувања на нуклеарни суровини.

Во иднина, овој начин на поделба и номенклатура треба се смени и да се прифати според топографските карти, како што го направиле другите земји од регионот, Србија, Хрватска, Федерација Босна и Херцеговина и Република Српска.

ГЕОДЕТСКИ ДАТУМ И КАРТОГРАФСКА ПРОЕКЦИЈА

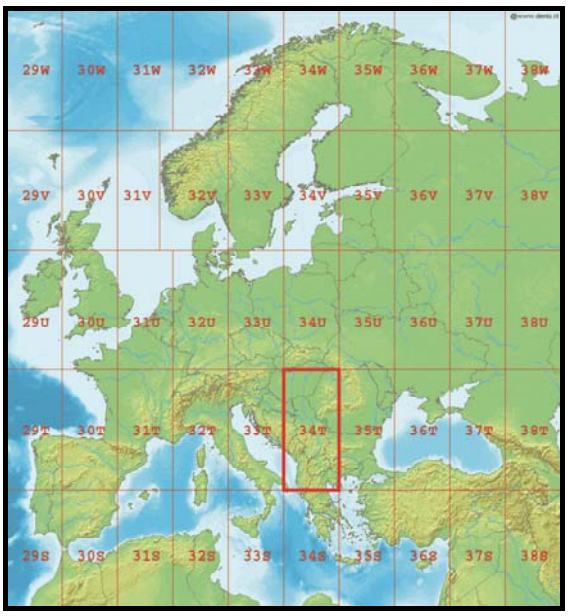
Уште од 1924 година и според сегашната македонска законска регулатива (Агенција за катастар на недвижносите на Република Македонија, 2013) топографските карти, кои се користат како подлоги на основните геолошки карти, треба да се изработуваат во актуелниот државен координатен систем, кој е со следната математичка основа (геодетски датум и картографска проекција):

- референтен елипсоид: Беселов (Bessel 1841);
- картографска проекција: Гаус-Кригерова (Gauss Krüger) државна картографска проекција за Република Македонија 7 зона и
- почетен меридијан: Гринич (Greenwich).

Интегративните процеси на Република Македонија за членство во НАТО и ЕУ, покрај другото наложуваат применување на картографски стандарди, пред сѐ на интегрирање на постоечкиот геодетски

систем во новиот светски проекциски систем според Европскиот терестички референтен систем ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989) (Србиновски Ј. и др. 2005). Така, по примерот на другите земји од регионот, Европа и светот (Ganić A., и Borisov M. и др., 2012), наскоро ќе треба да се донесат нови геодетско-картографски стандарди, односно нова математичка основа на картите со преминување на:

- референтен двоосен обртен елипсоид GRS80 (Geodetic Reference System 1980) или WGS84 (World Geodetic System 1984) и
- Универзална трансверзална Меркаторова проекција (The Universal Transverse Mercator - UTM), (модификована Гаус - Кригерова проекција).



Слика 2. UTM зони во Европа (http://en.wikipedia.org)

Главните причини за напуштање на Беселовиот елипсоид и Гаус-Кригерова проекција се поради тоа што елипсоидот GRS80 на глобално ниво подобро се совпаѓа со Земјата, како и поради тоа што поголем дел од европските земји имаат преминато на референтен координатен систем ETRS89, со што во иднина ќе биде олеснета размената на геопросторните податоци помеѓу Македонија и другите европски држави. На овој начин исто така дополнително се форсираат сателитски мерења, бидејќи, како што е познато, уредите за глобално позиционирање (GPS) се базирани на елипсоидот WGS84, кој многу малку се разликува од GRS80.

Преминувањето во новиот геодетски датум и новата картографска проекција (слика 2) ќе предизвика менување на координатите на точките, размерот, форматот и номенклатурата на листовите на топографските карти а со тоа и на основните геолошки карти.

Така, координатните оски тогаш нема да се обележуваат со X и Y, туку со N (North) и E (East). Координатите E (сегашни Y) нема да го содржат бројот на координатниот систем на кој му припаѓа точката, бидејќи целата територија на Република Македонија ќе се наоѓа во еден координатен систем (34T).

Координатната мрежа и формата на листовите нема да биде сфероиден трапез, туку ќе биде правоаголна мрежа.

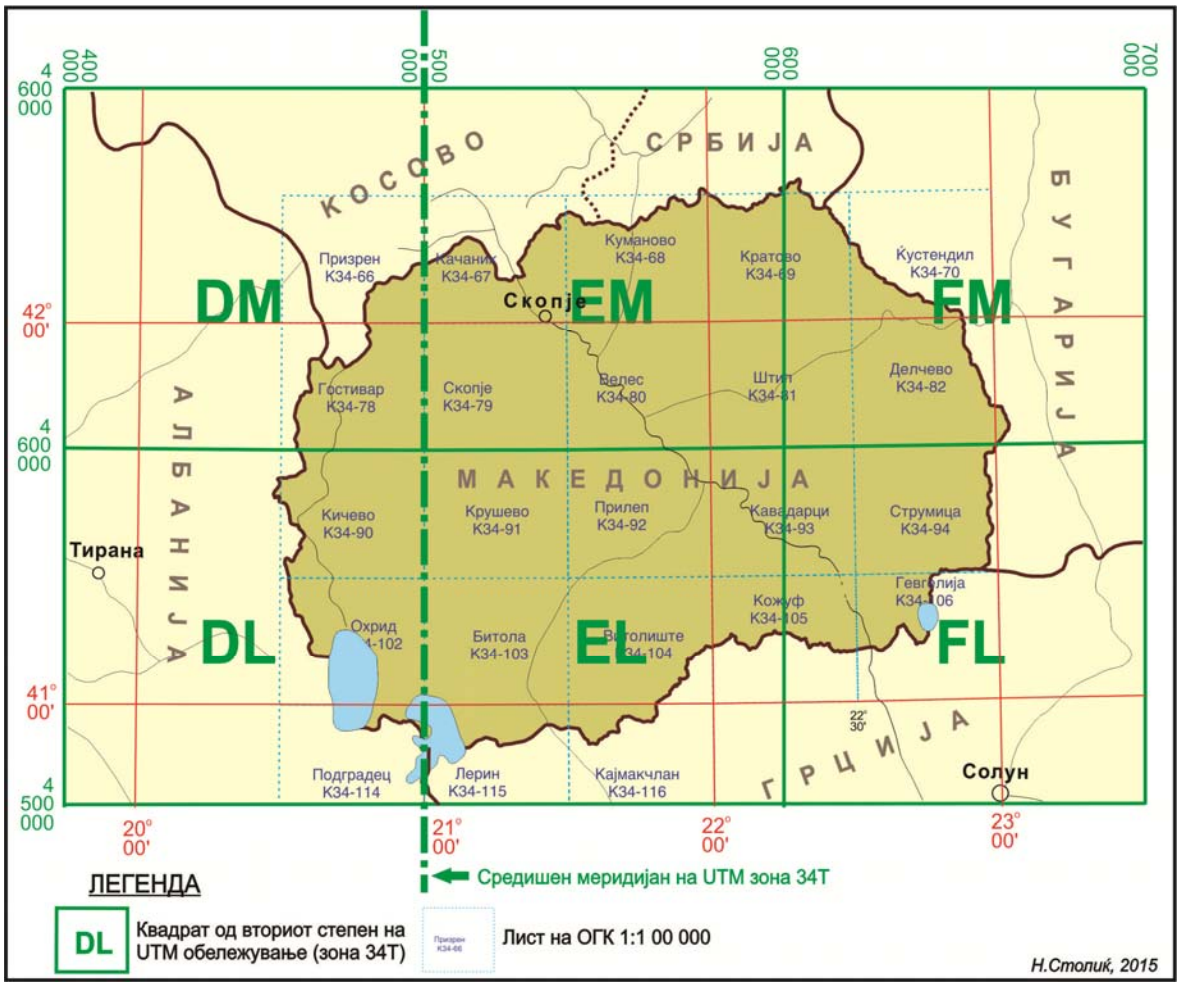
Понатаму, ќе треба да се смени и начинот на поделба и номенклатура на листовите на картите на кои се прикажува Р. Македонија, кадешто поделба на листовите ќе започне од размерот 1:250 000.

Според првото ниво на UTM обележување, целата територија на Република Македонија припаѓа на зоната 34T, чии граници се од 40° до 48° по географска ширина и од 18° до 24° по географска должина, додека според второто ниво (поделба на квадратни површини со страна од 100 km) Република Македонија зафаќа 6 квадрати (слика 3) и тоа: DL, EL, FL, DM, EM и FM (Србиновски З., 2001).

Пример: точка бр. 1, која се наоѓа во градот Скопје (центар на зградата во изградба на Геолошкиот завод на РМ) со сегашните координати во Гаус-Кригеровата проекција Y_1=7536189m и X_1=4649416m, според новата поделба во UTM проекција (UTM Zone 34T ETRS89) ќе ги има следните координати: N_1=4648535m и E_1=535744m (41°59'16.85" N и 21°25'53.49" E), а ќе има номенклатура: 34T_EM_535744_4648535. Првата ознака е бројот на UTM зона (34) и бројот на редот (T), втората ознака се однесува за колона (E) и редот (M) во

квадратот со страна од 100 km, додека третата и четвртата ознака се географски координати на точката N и E во метри.

За подобра функционална употреба на картите и полесно прилагодување кон новиот проекциски систем, до неговото усвојување од страна на надлежните државни институции, се препорачува на постоечките основни геолошки карти во размер 1:100 000 и 1:50 000 да се направи допечатување на UTM мрежа, додека сите карти кои ќе се изработуваат во блиска иднина да ги содржат старата Гаус-Кригерова и новата UTM мрежа. Исто така, поделбата и номенклатура на основните геолошки карти по листови треба да биде по ист принцип како што ќе се усвои за топографските карти, а не како досега да се разликуваат.



Слика 3. Поделба и означување на квадрати 100×100 km од UTM мрежа на територијата на Република Македонија со распоред на листовите на ОГК 1:100 000.

ЛИТЕРАТУРА

Агенција за катастар на недвижносите на Република Македонија, 2013: Правилник за начинот на изготвување на топографски карти, ортофото карти / планови и картографски производи ("Службен весник на РМ", бр.159/13).

Borisov M. i dr., 2012: Nova službena kartografska projekcija Srbije, pp. 201–215. Vojnogeografski institut, Beograd. Vojnotehnički glasnik, 2012., Vol. LX, No. 1.

Ganić A., Milutinović A., Trifunović P., 2012:. Novi državni referentni sistem Republike Srbije i podela na listove karata i planova. Podzemni radovi 21 (2012) 69-82. Rudarsko-geološki fakultet Beograd, Srbija.

Гапковски Н. и Јовановски М., 2007: Општа геологија. Учебник на Универзитет "Св. Климент Охридски"-Скопје, Градежен факултет - Скопје. Скопје.

Dimitrijević M., 1978: Geološko kartiranje. I izdanje. Izdavačko-informativen centar studenata (ICS). Beograd, 1978.

Думурџанов Н. и Петров Г., 2005: Геолошко картирање. Учебник на Универзитет "Св. Климент Охридски" - Скопје, Рударско-геолошки факултет - Штип. Штип.

http://en.wikipedia.org/wiki/File:LA2-Europe-UTM-zones.png [29/09/2012].

Savezni geološki zavod, 1964: Uputstvo za izradu osnovne geološke karte SFRJ. 2 izdanje Građevinska knjiga Beograd.

Србиновски З., Рибаровски Р., Јованов Ј., 2001: Примена на светскиот проекциски систем во картографското производство на Република Македонија. Зборник на трудови од научниот собир "Дигитална картографија, состојби, перпективи и можности за примена во Република Македонија", стр. 33-45. Научна установа „Самостоен истражувач Д-р Борис Никодиновски". Скопје.

ТРАНСФОРМАЦИЈА НА ОДНОСОТ ПОМЕЃУ ГЕОИНЖЕНЕРИТЕ И ДОНОСИТЕЛИТЕ НА ОДЛУКИ ПРИ УРБАНОТО ПЛАНИРАЊЕ (COST ACTION TU1206 SUB-URBAN)

[1]Игор Пешевски, [2]Diarmad Campbell, [3]Милорад Јовановски

[1]Градежен факултет – Скопје, Универзитет Св. Кирил и Методиј - Скопје, pesevski@gf.ukim.edu.mk
[2]British Geological Survey, United Kingdom, sdgc@bgs.ac.uk
[3]Градежен факултет – Скопје, Универзитет Св. Кирил и Методиј - Скопје, jovanovski@gf.ukim.edu.mk

Абстракт
Акцијата TU1206 – SUB-URBAN, којашто се реализира во рамките на програмата за Европска соработка во науката и технологијата (COST) е тесно поврзана со одржливата убанизација на просторот. TU1206 претставува европска мрежа за унапредување на познавањето и искористувањето на геолошките ресурси под Европските градови. Целта на оваа акција е да се трансформираат односите помеѓу стручните лица кои ја развиваат науката за познавањето на геосредината – во принцип тоа се најчесто организации од видот на Геолошките заводи на Европските земји, и оние кои можат да извлечат најголема корист од добиените резултати – доносителите на одлуки при урбаното планирање, урбанисти (планери), практичари и поширокатa истражувачка јавност.
Под доменот за транспорт и урбан развој на COST, SUB-URBAN воспостави мрежа на Геолошки заводи и други истражувачки институции и поединци од повеќе од 25 земји, кои имаат за цел да соберат и евалуираат резултати од гео-истражувања кои опфаќкат 3D/4D карактеризација, моделирање и визуализација на подземниот простор во урбани средини. Дел од учесниците во акцијата имаат изготвено 3D/4D модели на ниво на градови (кои се во фаза на понатамошен развој), на пример Обединетото кралство (Глазгов, Лондон) и Германија (Хамбург). Овие модели се развиваат врз база на многубојни истражувања на подземниот простор (десецити до стотици илјади истражни дупнатини) и други податоци. Поврзувањето на моделите овозможува предвидување на нивото на подземната вода, предвидување на трансферот на топлина, проектирање на одржливи урбани дренажни системи, и преглед на геотехничките својства на теренот. Во фаза на подготовка се и комбинирани подземни и надземни (CityGML, BIMs) модели. Овие модели ќе претставуваат корисни алатки за посеопфатно урбано планирање, осознавање на можностите кои ги нуди подземната средина и заштеда на средства преку редуцирање на неодреденоста на условите во истата. Размената на знаења помеѓу истражувачите и градовите-партнери доведе кон развој на нови проекти за теренот во урбаната средина. Осло (Норвешка) и Оденсе (Данска) предничат со сеопфатни мулти-дисциплинарни тимови вкучени во управувањето со податоци и моделирање на плитката подземна средина, и развој на сеопфатни системи за планирање и управување со истата. Ротердам (Холандија) ги прави пионерските чекори за иновативен трансфер на знаењата помеѓу специјалистите на теренот и урбанистите. Преку тренинг, ваквиот трансфер на знаење ќе се реализира и во други градови. Во поглед на легислативата, Холандија е пионер во примената на законски мерки за задолжителна консултација на, и доставување на податоци до BRO, нејзиниот регистер (база на податоци) за подземната средина. Во Глазгов пак, се предпочита слободен проток на податоци за теренот на доброволна основа на имателот на податоците, а преку примена на усогласен правилник за оваа намена. Како и да е, и двата начини овозможуваат модели со кои и другите градови можат да се адаптираат и да ги трансформираат односите помеѓу геоинженерите и доносителите на одлуки при урбаното планирање.

Клучни зборови: Sub-Urban, COST, 3D/4D моделирање, геоинженери, доносители на одлуки, урбано планирање

ВОВЕД

Градовите низ светот се сметаат за основни придвижувачи на економскиот развој. Популацијата во Европа значително е сместена во урбани средини, а до 2050 год. проценето е дека 2/3 од светската популација ќе живее во нив (UN-HABITAT 2012). Како што се зголемува бројот на жители на земјата, одржливиот развој (дефиниран од Brundtland - ската комисија 1987 год.), а особено оној на нашите градови, е значително загрозен.

За разлика од вниманието посветено на видливите (надземни) облици на градовите, постои забележан недостаток во давањето значење на подземниот простор, и тоа од страна на оние кои ги планираат, развиваат

и управуваат градовите (Marker, 2008; Huggenberger и Epting, 2011). Овој недостаток се манифестира преку немањето на интегриран пристап. На пример, подземниот простор не е експлицитно нагласен во Европската Иницијатива за Заедничко Програмирање која е во фаза на развој 'Urban Europe' (www.jpi-urbaneurope.eu). Како резултат, теренот во нашите градови: се користи неефикасно во најдобар, и неразвојно планирано во најлош случај; на сервисите за заштитата на подземните екосистеми им недостасува робусност; конфликтните намени на подземната средина се особено ненагласени (на пример во Admiraal 2006, Bobylev 2009); и многу често теренот не е осознаен во доволна мера (Parriaux et al. 2004).

Подземниот простор во урбаните средини, како ресурс, треба да биде подобро разбран од страна на доносителите на одлуки (во сите делови од Светот) доколку сакаме да се искористи неговиот целосен потенцијал при адаптацијата на градовите на многуте предизвици со кои ќе треба да се справуваат во следните декади. Ова значително ќе ја вклучи потребата од препознавање и споделување на конфликтните намени на подземниот простор, и на заштитата на подземните екосистеми од кои зависат градовите доколку сакаме да постигнеме подобра сеопфатна искористенсот на подземните ресурси и простор. Оттука, постои потреба од планирање и управување со користењето на теренот, како било кој друг ресурс. Ова за првпат е нагласено во примерот на планот за прераспределба на подземниот простор за Хелсинки од 1984 (Rönkä et al. 1998), и во генералните планови за Монтреал (Yong 2012) и Ст. Петерсбург (Bobylev 2009), каде развојот неговиот развој е интегриран во системот за планирање на користење на земјиштето. Доколку ова не се случи, дури и моментално најголемите придобивки од подземната средина ќе се покажат како краткорочни (ITACUS White Paper 2010).

За да се постигне максимална ефикасност, планирањето на подземниот простор треба да го надмине конвенционалното дводимензионално (2D) распоредување на површинските градби и да ги земе во предвид тродимензионалните односи во градежната средина, како над така и под површината на теренот, а соодветно внимание да се посвети и на пропратната основна инфраструктура. Во секој случај, главна пречка која треба да се надмине е неадекватниот начин на кој познавањето за подземниот простор се става на располагање на донесителите на одлуки при урбаното планирање. Најновите достигнувања во технологијата и компјутерското програмирање целосно го револуционизираа начинот на кој подземниот простор може се интерпретира, визуелизира, анализира, и презентира, со премин од 2D во 3D и 4D формат. Овие достигнувања се применуваат во многу градови и се иницирани од страна на државните Геолошки заводи и други истражувачки институции во Европа. Како и да е, истражувања се одвиваат индивидуално, што резултира во недостаток на заеднички цели, дуплирање на напорите и дисипација на ефектите, а особено се губи ефектот во поглед на нивната промоција.

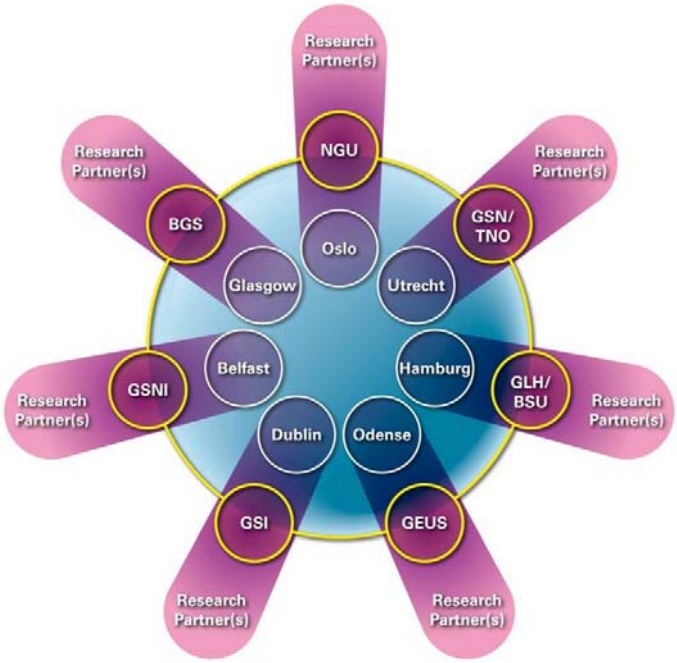
ЕВРОПСКА АКЦИЈА COST SUB-URBAN (TU1206)

Урбанизацијата и нејзината одржливост се во сржта на Европската COST акција Sub-Urban (TU1206) – Европска мрежа за подобрување на познавањето и употребата на подземниот простор во нашите урбани средини. Акцијата е планирана да трае во периодот 2013-2017 година, во рамките на доменот за Транспорт и Урбан развој на COST програмата. Координирани групи на експерти од над 25 земји го потпишале Меморандумот на разбирање кој се однесува на: интегрирање на нивните истражувања и нивниот пристап за пренесување на знаењето за подземниот простор; овозможување поврзаност, како и препознавање на потребите кои ги имаат донесувачите на одлуки во урбаното планирање и практичарите (приватни консултанти и изведувачи), следствено и поширокатa заедница на истражувачи; да се обезбеди размена на меѓусебните методологии, идеи и напредоци во разбирањето на подземниот простор како гео-ресурс од сите аспекти.

Основна цел на COST акцијата Sub-Urban е да ја промени врската помеѓу експертите

кои го развиваат познавањето на подземниот простор во урбаните средини, а особено помеѓу националните и регионалните Државни организации и оние кои имаат најголема корист од тоа – донесувачите на одлуки во урбаното планирање, вклучувајќи ја и поширокаата заедница на истражувачи. Мрежата на Акцијата врши: проценка на актуелното познавање и пракса поврзани со подземниот простор и теренот во урбаните средини низ Европа; промовирање на подобар пристап кон податоци за подземниот простор; интегрирање и забрзување на моделирањето на подземниот простор; и развој на алатки како насока за добра практика за да се овозможи познавањата за подземниот простор да бидат широко дистрибуирани и ефективно употребени.

Централна улога во акцијата имаат градовите партнери низ Европа (на пр. Хамбург, Ротердам, Осло, Варшава, Глазгов, Виена итн. (сл. 1).



Слика 1. Врска помеѓу претставници на градовите во Акцијата TU1206, Геолошки Заводи (како на пример GSI, BGS, GSN/TNO, GLH/BSU и други) и партнери – истражувачи од Универзитети и други истражувачи институции

Овие градови имаат искуство во планирање и политика, одговорност на менаџментот да ја развива инсфраструктурата, давање одобренија за планови поднесени од урбанистите. Нивното учество во сите фази од акцијата е витално во насочувањето и приоритизацијата на Акцијата. Исто така, тие се крајните корисници на резултатите од Акцијата донесени од страна на Геолошките заводи и партнери од Универзитети и други истражувачки институции.

За целосно да се искористат економските и социјалните можности кои ги нуди подземниот простор под градовите, акцијата ќе:

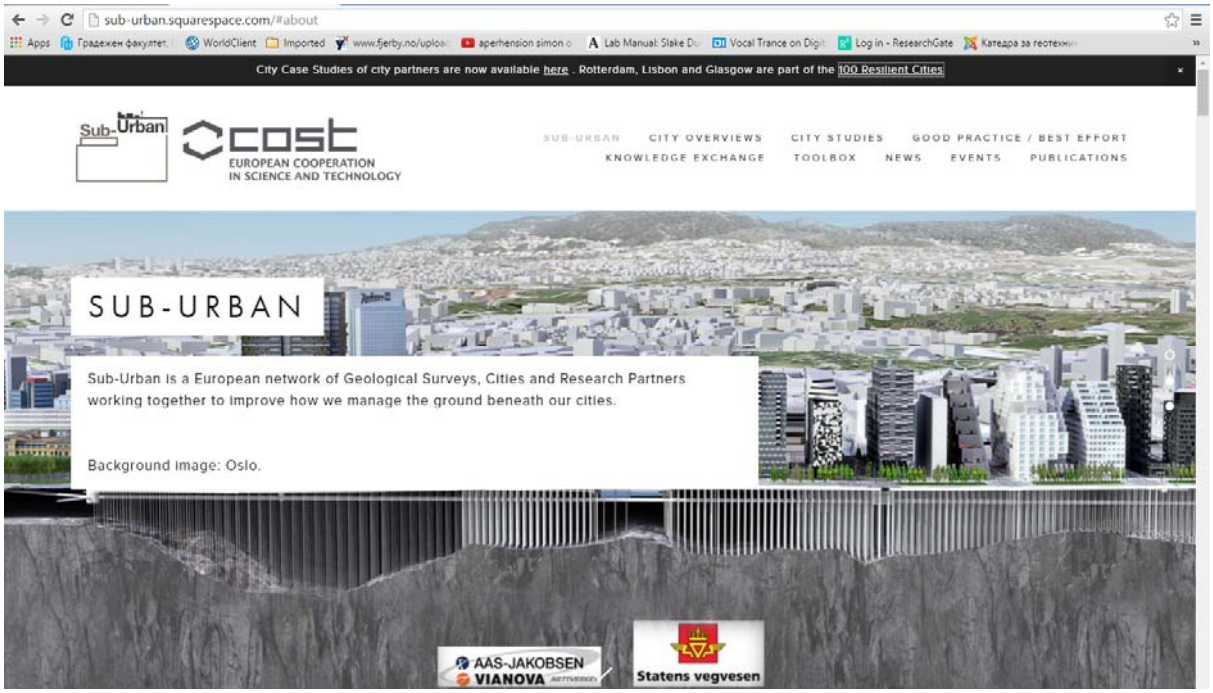
- *собере на едно место колективни способности за истражување и добра пракса (техники, работни шеми) во централизацијата на податоците за подземниот простор, менаџмент и нивна повторна употреба, 3D и 4D карактеризација, предвидување и визуализација на подземниот простор;*
- *ги дистрибуира и тестира овие техники на добра пракса во соодветна форма (т.н. Toolbox);*
- *им помогне на другите партнери во раната фаза на примена на овие техники;*
- *го промовира развојот на примери за модели на подземниот простор (за размер на големина на град) во земјите партнери, за да овозможи подобро разбирање на процесите кои се одвиваат во подземниот простор (на пр. процеси поврзани со подземната вода, трансфер на топлина, инженерски карактеристики на теренот, одржлива дренажа, дистрибуција на урбаните загадувачи);*

- *овозможи соодветен тренинг и советување за подобро информирање и усовршување на донесувачите на одлуки во урбаните средини и други крајни корисници;*
- *поттикнува развој на политика која ќе го промовира значењето на подземниот простор во урбаните средини.*

Иницијалната група на учесници кои ја започнаа Акцијата претежо потекнуваат од северозападна Европа, но има постојан прираст на учесници од јужна и југоисточна Европа. Во моментот, во акцијата се вклучени повеќе од 25 земји (април 2016).

Актуелен статус во познавањето на геосредината во урбаните центри

Акцијата подготвува серија студии за градови со цел да ги претстави актуелните состојби со познавањето на урбаниот подземен простор. Овие студии (иницијално 10, како на пример за Хамбург, Осло, Ротердам, Гласгов, Оденсе) ќе бидат публикувани на веб – страната на Акцијата www.sub-urban.eu (сл.2). Исто така тие ќе претставуваат база за приоритизација на содржината на алатките кои ќе бидат развиени во рамките на Акцијата.



Слика 2. Официјана веб страница на COST акцијата TU1206 SUB-URBAN (http://sub-urban.squarespace.com/#about)

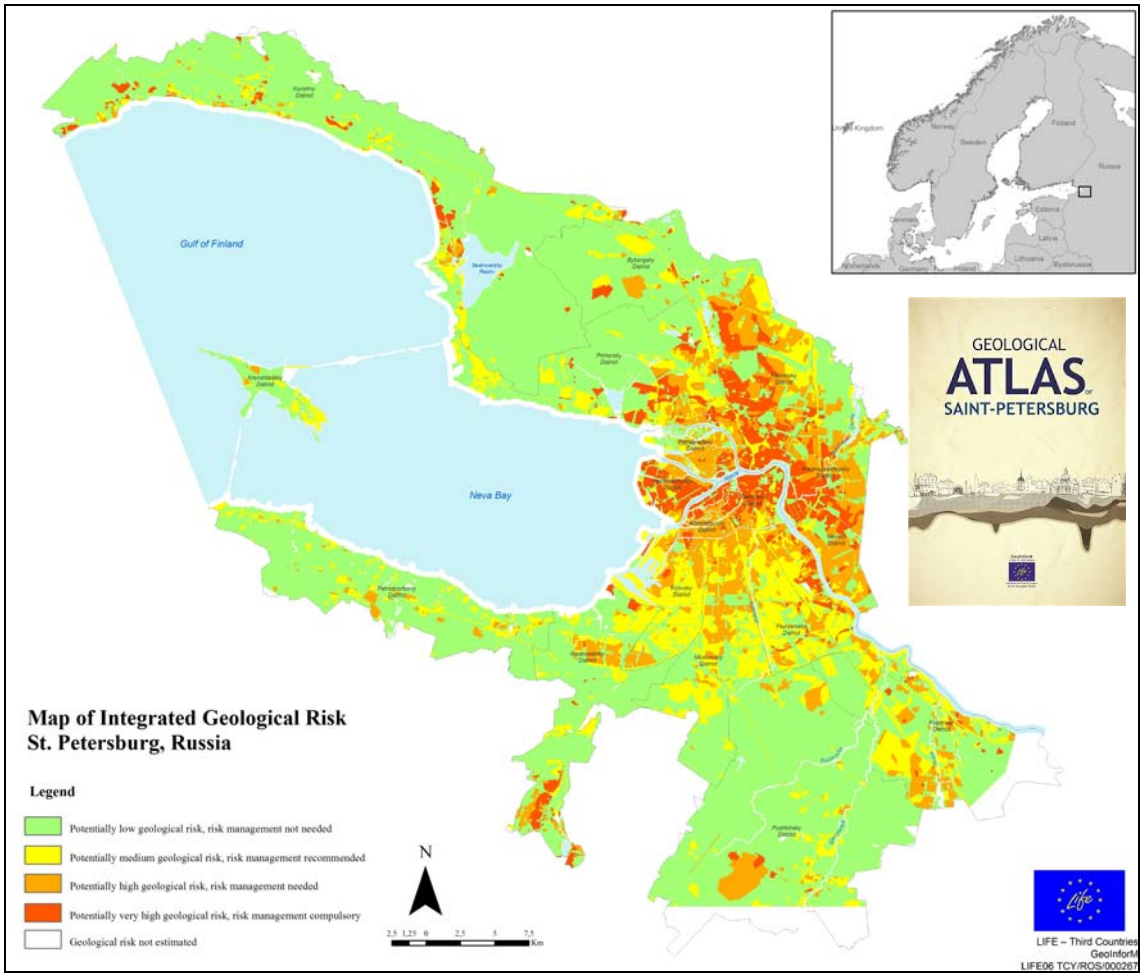
Многу од актуелните напредни пристапи во управувањето со податоците за подземниот простор (ГИС, моделирање) и негова визуелизација која овозможува подобри начини на претставување и употреба на информациите за истото, за прв пат се креирани од Геолошките заводи и други истражувачи, кои работат независно, во Европа и пошироко. Како и да е, за да се убедат урбанистите и донесувачите на одлуки да ја зголемат употребата на информации за подземниот простор кога донесуваат одлуки, од основно значење е ова знаење да се обезбеди во форма компатибилна на нивните потреби и системите кои веќе ги употребуваат за надземно планирање. Од овој аспект, постои мал напредок во поглед на унифицирање и интегрирање на информаиите за подземниот простор и површината како база за вистинско просторно планирање и целосен систем за моделирање на животната средина. INSPIRE Директивата (2007/2/EC) изготвува просторни податоци за животната средина, вклучувајќи податоци за подземниот простор, подостапни за организациите од јавниот сектор и за јавноста, но сепак (сеуште) не се поврзува поконкретно со 3D/4D моделирањето. За да се постигне максимална економска и општествена корист, податоците за подземниот простор треба да бидат собирани ефикасно, да се овозможи нивна

повторна ефективна употреба од страна на клучни експерти, да бидат доставени во форма погодна за поврзување на специфични потреби, и да овозможат искористување на капацитетот на доносителите на одлуки. Со тоа противречната употреба на подземниот простор може да биде разрешена, а ќе се овозможи и заштита на екосистемите.

Геолошките заводи се главните иматели на податоци за подземниот простор низ Европа, како и даватели на знаење кое произлегува од тие податоци. Некои од заводите преминале од традиционално 2D картирање во 3D геолошко моделирање (се нарекува и 3D геолошко картирање). Заедно со некои други Европски институции, Геолошките заводи забрзано развиваат експертиза и капацитети во воспоставувањето на повеќе-размерни и дигитални модели на подземниот простор кои имаат голем број на атрибути. Тука се вклучени детерминистички, атрибутни, геолошки мрежни модели, стохастички, воксел (voxel) модели на својствата на подземниот простор, и 4D сериски предиктивни модели (како на пример токот на подземната вода) со истовремено означување на непознатите состојби. Иако подземните 3D/4D модели за мал број издвоени европски градови се веќе употребени за обезбедување информации при спроведување на локална политика (на пример Хамбург) или за таргетирано и ad hoc носење на одлуки (на пример Глазгов), овој притап е слабо искористен. Доколку го разгледуваме проблемот на пошироко ниво, јасно е дека не постои врска помеѓу овие примери на градови и нема ефективна координација на пристапите, што важи и за познавањето кое ги облежува истите. Слично, постои и релативно слаб напредок во интеграцијата на информациите за подземниот и надземниот простор како основи за целиот систем на моделирање на животната средина, со исклучок на некои добри, но изолирни примери. CityGML е информационен модел кој овозможува корисниците да споделуваат информации за виртулен 3D град, и приказ на рељефни модели за сложени анализи и задачи (сл.3).

Слика 3. Генерален преглед на CityGML моделот и неговите можности

Како и да е, овој и други модели, во најголем дел се однесуваат на техники на моделирање за надземјето, т.е. под широката категорија Building Information Modeling (BIM), а посветуваат доста ограничено внимание на подземниот простор. Меѓународниот проект LIFE06 "Интеграција на геолошки информации во управувањето со градовите за превенција од ризици по околината (GeoInforM)", ги разгледа условите на подземниот простор при развојот на геолошкиот Атлас и менаџирање на ризикот за градот Ст. Петерсбург во Русија (сл.4).



Слика 4. Интегрална карта на геолошки ризици во градот Ст. Петерсбург – Русија (http://www.infoeco.ru/geoinform/)

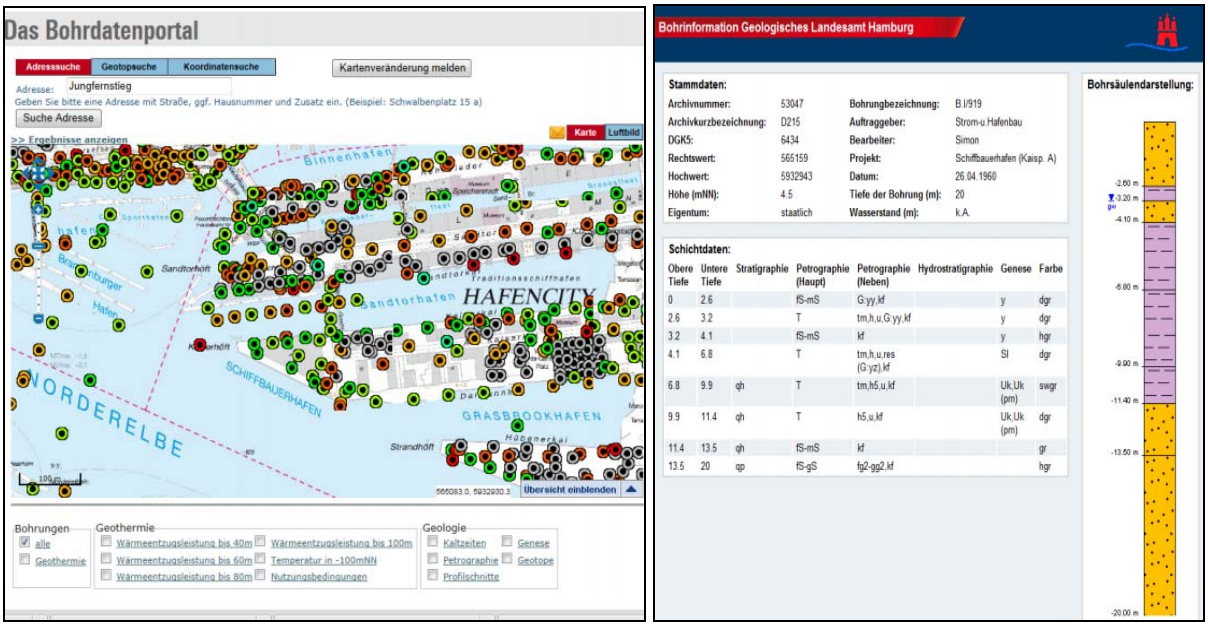
Експерти од Германија и Финска кои дадоа голем придонес во овој проект се учесници во и оваа Акција. Слично истражување се врши и надвор од Европа, а како најзнчани да се споменат се проектите за 3D моделирање на подземниот простор на 20 градови во Кина, иако пристапот до ова истражување е релативно ограничен. Иницијативи во почетен стадиум се прават и во некои други градови од Азија - на пример Сингапур, Хонг Конг – кој е претставен во оваа Акција, Dhakar City, Дубаи и Абу Даби. Во Северна Америка, ограниченият пристап на трети корисници до податоците за подземниот простор го попречува напредокот во оваа област. 3D моделирањето за Big Dig проектот (изградба на тунели) во Бостон е еден исклучок. Постои значаен потенцијал за заедничка придобивка од мрежата надвор и од Европа, особено за експертите од земјите во развој.

Централизација и управување со податоци за подземен простор во урбани средини

Централизацијата и управувањето со податоците се основни предуслови за подобрување (унапредување) на познвањето за подземниот простор во урбаните средини. Во Европа постојат два фундаментални пристапи: првиот е базиран на законско барање (обврска) за пријавување податоци за истражуваниот терен, воглавно усвоен за приватни проекти, како и за јавни/приватни големи инфраструктурни проекти кога се бара доставување на податоци во јавна датабаза; другиот пристап е базиран на споделување на податоците за истражуваниот терен на доброволна основа, т.е. доколку инвеститорот е согласен на тоа.

Одличен пример за функционирање и долгогодишно исполнување на законските барања во однос на достапност и споделувње на податоци за истражуван

терен е германскиот град Хамбург, каде постои база на податоци за повеќе од 250 000 евидентирани дупнатини за последните 80 години, а истата е управувана (раководена) од страна на Геолошкиот Завод на Хамбург (BSU). Овие податоци се кодирани, достапни на интернет, а го потпомагаат моделирањето на подземниот простор во градот.



Слика 5. Податоци за истражни дупнатини на интернет страницата http://www.hamburg.de/bohrdaten-geologie/ Геолошки завод на Хамбург (BSU Geological Survey)

Во Холандија пак, постои нова иницијатива која е покрената на национално ниво и која има постигнато добар напредок. Истата е во согласност со законот кој стапи на сила во 2015 година, и со истата, националната база на податоци управувана од Геолошкиот завод на Холандија ќе стане официјален владин регистер („клучен регистар“ за подземниот простор - во понатамошниот текст се користи под холандскиот акроним – BRO). Холандските владини органи ќе бидат обврзани да ги пријават сите податоци за подземниот простор кои се прибрани под нивна одговорност во BRO регистарот, и да го консултираат истиот кога изготвуваат политики или одлуки кои се однесуваат или можат да влијаат на подземниот простор. Оттука, BRO регистарот претставува револуција во податоците за подземниот простор во Холандија и управувањето со овие податоци, и истиот може да служи како пример за останатите земји. BRO регистарот ја естаблира базата на податоци од истражувањата како национално богатство и преставува голем чекор нанапред во разбирањето и управувањето со подземниот простор во Холандија, ресурсите кои истиот ги нуди и предизвиците при работа во него.

За разлика од законските обврски во Холандија, Велика Британија во голема мера се потпира на доброволна активност. Во рамките на неодамнешна соработка помеѓу Британскиот геолошки завод (BGS), Советот на град Глазгов (GCC) и приватниот сектор претставуван од Grontmij Ltd се деомнстрираше потенцијалот за креирање на условите потребни за подобрување на достапноста на доброволно доставени податоци, како и потребата да се направи исчекор во поглед на повторно искористување на податоците од страна на јавниот и приватниот сектор. Потребните услови за оваа промена во Глазгов биле следните: развој на мрежа за размена на податоци и знаење помеѓу јавниот и привтниот сектор во Глазгов – ASK (Accessing Subsurface Knowledge); имплементација на стандардизиран формат на извештаи за подземниот простор, подобрување на интегритетот и достпноста на податоците, и развој на централизирано складиште на податоци. Ваквите услови ќе овозможат развој и размена на висококвалитетни податоци за подземниот

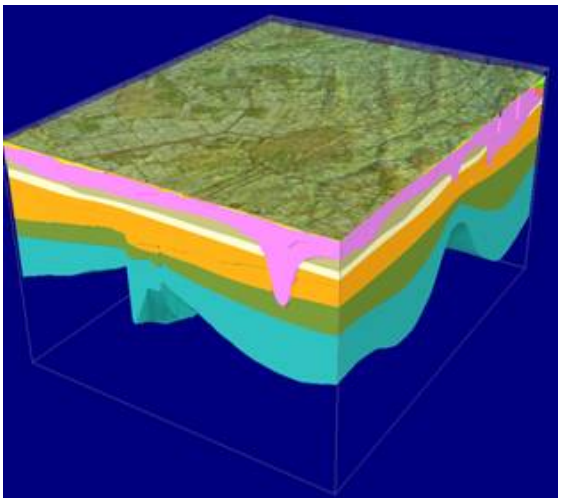
простор помеѓу јавниот и приватниот сектор во урбаните подрачја, кои ќе можат да се употребуваат и ажурираат за да се потпомогне донесувњето на одлуките. GCC е координатор на овие промени, и има воспоставено договорно барање податоците кои се однесуваат на подземниот простор да бидат пријавени до советот во стандардизиран дигитален формат (GSPEC базиран на индустрискиот стандард UK AGS 3.1). Податоците се пренесуваат и валидираат преку web портал кон BGS за долгорочно чување и повторна употреба од сите заинтересирани страни. Оваа иницијатива има силна поддршка од Владата (особено локалните власти), националните агенции и консултанти од приватниот сектор. Поради тоа ASK е водечки пример од овој тип, и потенцијален стандард во отсуство на легални барања, за доброволно објавување и управување со податоците за подземниот простор помеѓу јавни и приватни корисници, како во границите на Велика Британија, така и пошироко.

Моделирање на подземниот простор во урбаните средини

Постоечки примери на 3D/4D модели за одредени градови се во фаза на развој од страна на парнерите во Акцијата. Како примери се наведуваат Обединетото Кралство (Глазов), Германија (Хамбург), Австрија (Виена), Швајцарија (Базел) и Чешката Република (Острава). Овие и други примери се базирани на обемни податоци за теренот (десетици – стотици илјади дупнтини и други податоци), кои ќе бидат објавувани преку веб – страната на Акцијата (www.sub-urban.eu), како и на веб – страни на партнерите во истата.

Размената на знаење помеѓу истражувачите и градовите вклучени во акцијата овозможи содавање на нови важни проекти за подземниот простор во градовите. Осло (Норвешка) и Оденсе (Данска) предничат со сеопфатни мулти-дисциплинирани тимови вклучени во управувањето со податоците и моделирањето на плиткиот подземен простор, како и развој на нови сеопфатни системи за планирање и управување на со истиот. Преку обуки, ќе бидат иницирани моделирања на други градови, како на пример Загреб и Варшава.

Паралелно со управувањето на податоците за подземниот простор во Холандија (под иницијатива на BRO регистарот), се развиваат и модели како на национално така и на локално ниво. Овие национални модели се први од овој вид во Европа, и веќе е постигнат одреден напредок. Геолошкиот завод на Холандија (GSN) ги подготвува овие различни модели на подземниот простор. GeoTOP е најновата генерација на нивните 3D модели кои го прикажуваат подземниот простор до длбочина од 50 метри во милиони воксели (voxels) со големина 100x100x0.5m, што овозможува преглед и проценка за геолошката градба (сл. 5).



Слика 5. Дигитален геолошки модел (DGM) на градот Асен – Холандија со 3D приказ на геолошките формации под градот (http://www2.dinoloket.nl/nl/about/modellen/dgm.html)

За подобрување на применливоста на во урбани подрачја, моментално се посветува внимание на: подобрување на резолуцијата на моделот со зголемување на количината и вариететот на влезните податоци; подобрена карактеризација на вештачките насипи; интегрирана 3D визуелизација на геологијата, подземна и надземна инфраструктура.

Во Велика Британија, како резултат на интеракцијата помеѓу глечерите, реките и морето во најновото геолошко минато, на пример во градот Глазгов, настанати се комплексни површински наслаги. Хетерогеноста претставува предизвик за оние кои имаат намера да градат, да изведуваат тунели низ нив, или да ги

искористат како извор на топлина/ вода. 3D моделите за наслагите во Глазгов изготвени од страна на BGS се развиени преку примена на детерминистичка методологија за искористување на сите достапни геолошки податоци. Овие модели ја откриваат закономерноста во појавувањето на секвенци на површински наслаги, оттука и теренските услови кои ги карактеризираат различните гео-еколошки домени. На локално ниво, моделите покажуваат просторна врска помеѓу различни гелошки единици што овозможува подобри предвидувања на условите на теренот во подрачја предвидени за развој на нова инфраструктура или оценката за состојбата на подземните води. Позитивен „страничен“ ефект на рударството и индустријализацијата во јагленосни подрачја во и околу Глазгов се обемните податоци од истражни дупчења и достапни податоци за рударски ископи. Овие податоци се употребени од страна на BGS за подготвка на пакетот 11 GOCAD® (стратиграфски подземен модел со приказ на раседни структури за подрачјето на Глазгов). Геометријата на раседите е комплексна, со поместувања од еден до стотици метри. Моделите вклучуваат модели на локално ниво за проценка на хазард, планирање на инфраструктурата итн., како и регионални модели корисни за одредување на потенцијалот за енергетски суровини. Како надополнување, пет интерпретативни GSI3D™ модели ги дефинираат вулканските и постарите (карбонски) подрачја во околината на градот. Оттука, пакетот на подземни модели достапни за градот Глазгов може да се смета како еден од најсепофатите за некој град, а во поглед на објавувањето на мета податоците и пристапноста, тие се единствен пример од овој тип.

Моделите на геолошката градба под градот Глазгов се подготвени во рамките на одредена литостратиграфија. Како и да е, бидејќи овие единици се доста хетерогени, ова не е најефективниот начин на опишување на варијабилноста на карактеристиките на подземниот простор. Како последица, литологијата, и инженерскогеолошките и геотехничките својства на површинските наслаги во центарот на Глазгов исто така се стохастички моделирани во 3D мрежа, со екстраполација на физичките карактеристики низ мрежата. Моделирањето е споредливо со GEOTOP моделирањето во Холандија. Моделираните карактеристики вкучуваат волуменска тежина (податоци од геотехнички дупнатини) и водопропусност (пресметана од гранулометрискиот состав). И покрај тоа што моделирањето на овие параметри се покажа статистички доста сложено, моделите обезбедија нови сознанија за варијабилност на условите на геолошката средина. Стохастичкото моделирање е изведено само за централниот дел на Гразгов (с.100 km2) за кој постоеле доволен број на податоци.

Поврзувањето на моделите овозможува предвидување на токот на подземната вода, трансферот на топлина, одржливи системи за дренажа (SuDS), и инженерскогеолошките карактеристики. Во фаза на комбинирање се надземните и подземните модели (CityGML и BIMs). Овие модели ќе претставуваат вредни алатки за посеопфатно урбано планирање, ќе овозможат идентификација на можностите на подземниот простор и ќе допринесат за намалување на трошоците, како и намалување на непознатите состојби за подземниот простор.

Моделот на подземните води за урбанизираниот дел на Хамбург претставува пример за наменски развиена алатка за донесување на одлуки. Истиот е изготвен неодамна од страна на Consulaqua Hamburg (за Hamburg Wasser), во соработка со државниот Геолошки завод на Хамбур, со примена на SPRING софтвер, развиен од ‘delta h’, и ќе служи за моделирње на 2D/3D токот на подземните води, режимот на ламинарниот/преодниот ток и дефинирање на области за идни бунарски полиња. Моделот може да послужи и за обезбедување на заштита на резервите на подземната вода, а за задоволување на европската директива за води (Water Framework Directive - WFD) на Европската унија. Во моделот се искористени голем број на геолошки и хидролошки податоци, што овозможува сепарација на статички и динамички резерви. Исто така, може да се искористи за да се образложат различни проблеми поврзани со водоснабдувањето на Хамбург, вклучувајќи на пример,

експлоатација на подземната вода и оптимизација на мониторингот на подземните води. Моделот воглавно ќе биде користен од страна на Министерството за урбанизам и заштита на животната средина, Управата за води, и државната водоснабдителна компанија Hamburg Wasser.

Развој и распространување на алатка-toolbox за методологии и добра пракса

Во рамките на акцијата ќе биде резвиена алатка-toolbox (слика 2), која ќе се состои од колекција на добри практики за интерпретација и користење на податоците за подземниот простор, и истата ќе биде тестирана во Европа и пошироко. Алатката ќе покрива клучни теми вклучувајќи прибирање и управување со податоци, моделирање на подземниот простор и негова визуелизација (на литологијата, геотехничките карактеристики, поземната вода, топлината), мониторинг на подземните води и моделирање (вклучувајќи и поврзаност помеѓу различни модели), планирање на подземниотпростор, геотехнички проблеми и геохазарди. Алатката ќе го олесни слободниот проток и (повторно) користење на податоците и знаењата за подземниот простор во дигитален формат компатибилен со површинското моделирање во урбани средини (на пр. CityGML, BIM). Преку планираните тренинзи ќе се овозможи дисеминација на алатката низ Европа. Исто така, ќе биде развиен барам еден модел на град кој ќе го интегрира знаењето за подземниот и површинскиот простор и ќе се направат протоколи кои ќе овозможуваат вакви процедури да бидат применувани и за други градови. Онаму каде постои можност, од страна на земјите партнери, ќе се иницираат и други модели како примери. Алатката ќе овозможи и размена на знаењата на еден иновативен начин, како на пример преку пионерската (Сериозна игра) 'Serious Game' развиена од страна на градот Ротердам со цел да се промовира што е можно порана употреба на познавањето за подзејмниот простор во процесот на планирање. Генерален преглед на содржината на алатката е даден на табела 1.

Табела 1. Содржина на Sub-Urban COST алатката за добри практики, насочување и методологии

Податоци		- **Спецификации** - **Прибирање на податоци од интернет** - **Управување со податоците** - **Доставување на податоците** - **Повторно користење на податоците**
Развој на 3D модели		- Работни шеми за главни софтвери за моделирање и сценарија со недостаток на податоци - Детерминистичко моделирање - Стохастичко моделирање - Непознаници при моделирањето
Развој на знаењето	Атрибути на моделите	- Физички карактеристики, на пр.водопропусност, издани - Хемиски особини
	4D процеси, моделирање со серии на податоци	- Подземна вода, историски и предикативни модели за заштита на издани, одржливо дренирање, ефекти од климатските промени
Користење на знаењето		- Студии на градови - Визуелизација - Мониторинг
Споделување и интеграција на знаењето	Поврзување на познавањата за подземниот и надземниот простор	- BIM и CityGML - Подземна инфраструктура - Ареолошки/културни богатства
	Вклучување во алатките за донесување на одлуки	- Волуменско планирање - Управување со екосистемите - Повредливост на изданите/заштита на подземните води - Искористување и чување на термалните и другите минерални ресурси - Стабилност на теренот и услови за фундирање - Управвување со ризикот при планирање/градење - Заштита на културното наследство - Препознавање на хазардите и управување со ризикот - Покривање на сервисите и развој на подземната инфраструктура, вклучувајќи ги и подземниот транспорт, чување и одлагање на отпад

МОМЕНТАЛНА СОСТОЈБА ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

Од етаблирањето на геоинженерските струки во Република Македонија како посебни научни и практични дисциплини, инженерите превземаат одредени активности кои се насочени пред се кон воспоставување на методологии за изготвување на тематски геолошки, хидрогеолошки, геотехнички и инженерскогеолошки карти (карти на подложност кон свлекување, одронување, ерозија), карти на ризик од плавење, карти на ризици од земјотреси, итн. кои се во функција на подигање на нивото на сигурноста и долготрајноста на инфраструктурата, подобрување на сигурноста и благосостојбата на населението, а следствено и подобрување на економските услови во земјата. Овие карти вообичаено се изработуваат на национално и регионално ниво, а во одредени случаеви се направени и тематски карти на ниво на одредена урбана средина - пред се за главниот град Скопје (Гапковски 1965), (Шкоклевски 2000), (Неделковска 2015), (Илијовски 2015). Ваквите карти во поново време се изработуваат со помош на GIS платформи, врз основа на достапни податоци од минати истражувања за геолошки, геотехнички, сеизмолошки, хидрогеолошки и други намени. Потребните геоподатоци вообичаено се прибираат поединечно од разни институции и компании од страна на самите автори на студиите.

Кога станува збор за систематско прибирање и можноста за повторно користење на геоподатоци за подземниот простор под урбаните средини, може да се каже дека недостасува континуитет на државно ниво.

Со отпочнувањето на работата на Геолошкиот завод на Република Македонија се стварааат основни предуслови за надминување на ваквата состојба, а начинот на кој ќе се воспостави соодветната база на геоподатоци за подземниот простор може да биде според некој од погоре наведените модели кои веќе со децении успешно функционираат во Европските земји. Значајно е да се напомене дека одредени наши компании од полето на геологијата и геотехниката имаат создадено свои богати интерни бази со геолошки, геотехнички и хидрогеолошки податоци кои успешно се ре-користат во рамките на самите компании при проектирањето во урабните средини.

Со завршувањето на COST акцијата TU1206 SUB-URBAN на едно место ќе бидат достапни уште повеќе модели за управување и искористување на подземниот простор под урбаните центри, проследени со голем број на примери за градови кои успешно ги користат бенефитите од постоењето на ваквите бази на податоци. Оттука, следењето на оваа COST акција и техничките документи кои ќе произлезат од истата е од особено значење и сите сознанија треба да се искористат и во нашата земја.

Имајќи го во предвид забрзаниот развој на одредени градови (пред се Скопје, Битола, Штип, Струмица, Тетово, Куманово и др.) и забележаните несакани последици како резултат на неусогласено користење на подземната средина и теренот генерално (свлечишта, одрони, плавења, нерамномерни слегнувања на објектите, потопување на подземни простории, итн.), неопходно е што побрзо да се воспостави интегриран систем за управување со податоците за гео-средината.

Потребата од еден холистички пристап кој го промовираат акции како COST TU1206 и други слични, како на пример во Обединетото Кралство проектот *The Foresight Future of Cities Project* (Government Office for Science 2016) треба да биде препознаена од страна на инженерите и властите, а нивната меѓусебна соработка да биде подигната на едно повисоко ниво. Основните препораки од искусни тимови на инженери кои работат во областа геоинеженерството за развој на оваа соработка се дадени кај (Bricker et al. 2015). Усогласувањето на намената на подземниот простор во урбаните средини, во обзир треба да ги вклучи и сите можни природни хазарди на соодветната урбана средина кои се анализираат преку таканаречен *multi-hazard risk assessment* кога во обзир се зема и повредливоста на населението и инфраструктурата (пример кај van Westen et al. 2002). Резултат на една ваква анализа се карти на мулти-хазарди-ризици кои ги покажуваат можните опасности во оредени делови од анализираниот простор.

Со примена на напред наведените принципи и постапки ќе се допринесе кон поуспешно функционирање на нашите урбани центри.

ЗАКЛУЧОЦИ

После завршетокот на COST акцијата Sub-Urban (TU1206) во 2017 година, ќе се овозможат предуслови за поблиска соработка помеѓу експертите кои се занимаваат со истражувањето на геолошките услови под урбаните средини и урбанистите, како и со донесувачите на одлуки. Тоа ќе доведе до: поунифициран пристап при решавање на проблемите за подземниот простор; подобро информирање и поткрепено донесување на одлуки; достапност на податоците кои се однесуваат на својствата теренот; пристап до алатки за донесување на одлуки; подобрено управување со екосистемите; поедноставени cost-benefit анализи и намалени застои при градбата и урбанизацијата кои произлегуваат од поефективните теренски истражувања, градба, и управување со ризикот, а особено во поглед на „непредвидени теренски услови“; и подобрена политика (во рамките на Европа) поврзана за користењето на теренот во урбаните средини.

БЛАГОДАРНОСТ

Овој труд е објавен со одобрение на извршниот директор на Британскиот геолошки завод BGS (NERC).

ЛИТЕРАТУРА

[1] Admiraal, J. B. M. (2006). A bottom-up approach to the planning of underground space. *Tunneling and Ugrnd. Space Tech. inc.Trenchless Tech.Res.,* 21: 464-465.

[2] Bobylev, N. (2009). Mainstreaming sustainable development into a city's Master plan: A case of Urban Underground Space use. *Land Use Policy,* 26: 1128-1137.

[3] Bricker, S., Reeves, H., Campbell, S. D. G. and Price, S. (2015) The ground beneath cities: where should future development occur? Nottingham: British Geological Survey.

[4] Гапковски Н. (1965). Инженерско-геолошки одлики на теренот битни за асеизмичко градење во Скопската котлина. Дипломска работа, Рударско геолошки фауктет Белград.

[5] Government Office for Science (2016). Future of Cities: The Science of Cities and Future Research Priorities. Government Office for Science.https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/516407/gs-16-6-future-cities-science-of-cities.pdf

[6] Huggenberger, P. and Epting, J. (2011). *Urban Geology: process-orientated concepts for adaptive and integrated resource management,* Springer,Basal,216 p.

[7] Илијовски З. (2015). Методологија за проучување на ранливоста на подземните води. Докторска дисертција, Градежен факултет - Скопје.

[8] ITACUS. (2010) *Planning the use of underground space*.ITA Committee on Underground Space. ITACUS, Lausanne, Switzerland. 4 p.

[9] Marker, B. (2008). Planning for sustainable development of the subsurface. 33rd International Geological Congress, 2008 Oslo. CPRM.

[10] Неделковска Н. (2015). Подготовка на тематски геотехнички карти како подлоги за урбанизација со примена на ГИС – технологија. Магистерска работа, Градежен факултет - Скопје.

[11] Parriaux, A., Tacher, L. and Joliquin, P. 2004. The hidden side of cities—towards three-dimensional land planning. *Energy & Buildings,* 36: 335-341.

[12] Rönkä, K., Ritola, J. and Rauhala, K. (1998). Underground space in land-use planning. *Tunnelling and Ugrnd. Space Tech.inc.Trenchless Tech. Res.,* 13: 39-49.

[13] UN-HABITAT (2012). State of the World's Cities 2012/2013: Prosperity of Cities. United Nations, New York

[14] van Westen, C.J., Montoya, A.L., Boerboom, L.G.J. and Badilla Coto, E. (2002). Multi - hazard risk assessment using GIS in urban areas: a case study for the city of Turrialba, Costa Rica. In: Proceedings of the regional workshop on best practices in disaster mitigation : lessons learned from the Asian urban disaster mitigation program and other initiatives, 24-26 September 2002, Bali, Indonesia. pp. 120-136.

[15] Yong, J. (2012). Reverberations from underground. *New Straits Times*.

[16] Шкоклевски Ж. (2000). Вардар низ Скопје.

INTERPRETING GROUNDWATER CHARACTER FROM FLOOD PULSES AND ARTIFICIAL TRACER TEST-A CASE STUDY OF THE SLATINSKI IZVOR SPRING (REPUBLIC OF MACEDONIA)

[1]Biljana Gičevski, [2]Metka Petrič and [2]Janja Kogovšek

[1]Exploring society "Ursusspeleos", DobromirHrs 20a, 1000 Skopje
[2]Karst Research Institute ZRC SAZU, Titovtrg 2, 6230 Postojna, Slovenia
biljana_speleo@yahoo.com; petric@zrc-sazu.si;janja.kogovsek@guest.arnes.si

Abstract
The SlatinskiIzvor karst spring in the western part of Central Macedonia has a significant potential as a drinking water source. Its characteristics were studied based on tracing with natural and artificial tracers. During the rain events in October and November 2012 and February and April 2013, water level, temperature and electrical conductivity of the spring were measured in hourly intervals. Flood pulses with rapid reactions of measured parameters on rain events were compared and analyzed. In May 2013, a multi-tracer test was carried out. Uranine was injected into the KrušeskaReka sinking stream, and rhodamine B in the cave stream in the Puralo cave. Only uranine was detected in the SlatinskiIzvor spring. The dominant apparent flow velocity of 250 m/h, a single peak of the tracer breakthrough curve and more than 87% of tracer recovered in this first peak indicate a rapid conduit flow. Results of the case study show high vulnerability of the observed drinking water source and confirm the need for implementation of proper protection measures.

Key words: flood pulses, artificial tracer, karst spring, SlatinskiIzvor

INTRODUCTION

Karst terrains are different from the other hydrogeological environments because of the specific nature and unique hydrogeological characteristics. Karst rocks may be one of the most important aquifer formations because most of the time they contain groundwater (Bakalowicz, 2005) and actually the most significant freshwater quantities are stored in karst aquifers.After precipitation, some part of the rains, rapidly percolate through the vadose zone to the saturated zone, but some of them remain in the vadose zone and slowly percolate towards the water table. The comparison between precipitation and the runoff from the basin represents one of the most studied relations, also in karst, where this comparison is characteristically influenced by large variability of the conditions of flow and water storage within the karst aquifer (Petrič, 2002). The combination of precipitation, and level, electrical conductivity and temperature of water is a fundamental data set of natural pulses. Data illustrating the reaction of these parameters to a series of flood events provide information about the transfer functioning of the investigated system (Ford and Williams, 2007;HunkelerandMudry, 2007). Additional information can be gained from the tracer tests with artificial tracers. These enable catchment boundaries to be delimited, groundwater flow velocities to be estimated, areas of recharge to be determined and sources of pollution to be identified (Ford and Williams, 2007).

The karst springs have significant potential as drinking water sources in Macedonia. The karst springs in the Poreče basin (Pešna, SlatinskiIzvor, Manastirec) represent significant potential for water supply. Therefore, our goal was better understanding of the functioning of the karst system in the recharge area of the SlatinskiIzvor spring and assessment of its vulnerability to various pollution sources.Prior to our research only some basic information about the karst aquifer in Precambrian dolomite marbles and the spring characteristics were available and no proper protection measures implemented.

CHARACTERISTICS OF THE STUDY AREA

The SlatinskiIzvorspring which is the object of interest in this paper is situated in the Poreče basin, in the river valley of SlatinskaReka and it is a part of the protected area Monument of Nature "SlatinskiIzvor". It is located 2.5 km distant from the Slatinavillage, in the southeast direction.The spring serves as one of the cave's entrances of the spring cave SlatinskiIzvor (Petreska, 2004; Gičevski and Hristovski, 2015), and represents the main outflow of ground water from the karst aquifer.

The wider area around the spring has different geological characteristics (fig. 1). The east partis composed of pre-Cambrian dolomite marbles which are tectonically crushed and well karstified. The considerable karstification is indicated by five caves (SlatinskiIzvor, Puralo, GornaSlatinska, Slatinska II and OvčarskaPeštera). In the west part Paleozoic quartz-sericiteschists and metasandstones,metarhyolite tuffs, muscovite-chlorite-quartz schists and epidote-chlorite-amphibole schists prevail, which are moderately-permeable rocks with fissure porosity. The rocks from the Mesozoic age are represented by aplitic granite with fissure porosity, located between the marbles and the Paleozoic rocks.The carbonate rocks are covered with Pliocene sediments (gravel, sands, and clay) which are well permeable rocks with intergranular porosity. Quaternary sediments are represented with alluvium which fills the river bed of the river SlatinskaRekaand they have intergranular porosity(Dumurdzanov et al., 1978).

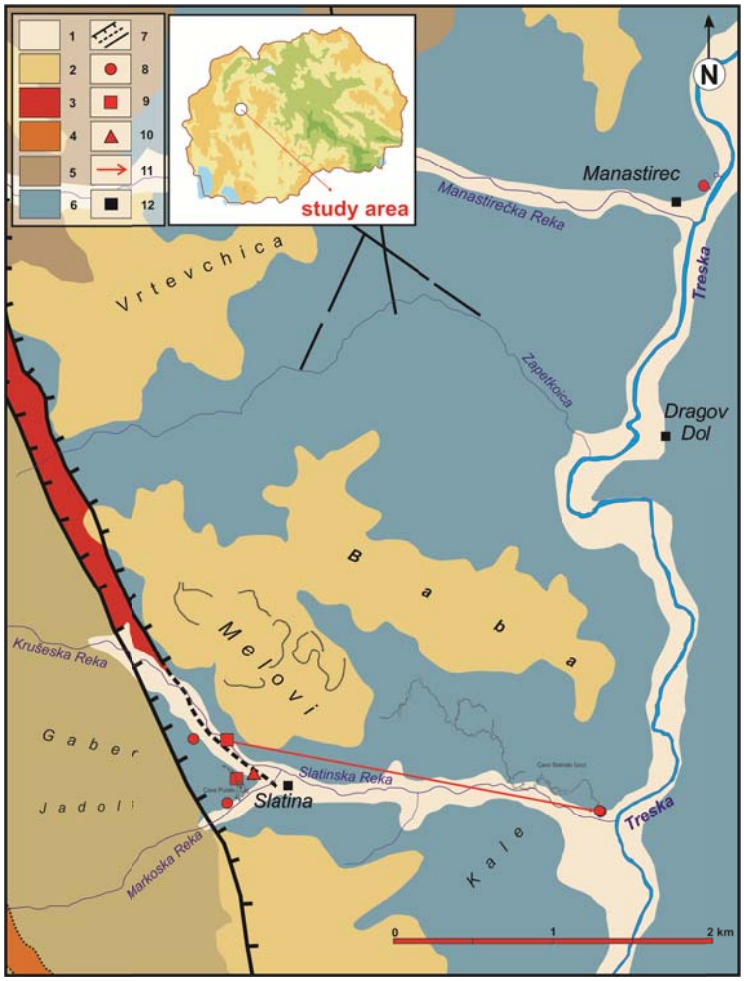


Fig. 1 *Location map of the researched area. 1- Alluvium, 2- Pliocene sediments (gravel, sands, clay), 3-Mesozoic aplitic granite, 4-Paleozoic metarhyol1ite tuffs, 5-Paleozoic quartz-sericiteschists and metasandstones, 6- Precambrian dolomite marbles, 7- Faults, 8- Spring, 9-Injection point, 10-Rain gauge station, 11-Verified connection between ponor and spring, 12- Settlement.*

The spring belongs to the Pelagonianhorst-anticlinorium tectonic unit which is separated from the Western Macedonian tectonic unit with a fault in NW-SE direction, traced for more than 50 km(Dumurdzanov et al., 2005). There is a reverse fault between Slatina and Zrkle villagesin the NW-SE direction, and a covered fault on the river bed of KrušeskaReka in the NW-SE direction.

At the contact between non-carbonate and carbonate rocks, and on carbonate rocks, in the rivers KrušeskaReka, MarkoskaReka and SlatinskaReka, there are several ponors in the river beds in which the rivers disappear underground during low waters. At high waters, the capacity of ponors is too low and the rivers continue its surface flow, although a certain share of the river sinks in the ponors.

In the researched area, there are three springs. The largest and most important karst spring is SlatinskiIzvor which is an intermittent spring. It is also captured for water supply. Its discharge varies between 0 and 116 L/sec. Hydrochemical analyses of the spring water were made every month between December 2011 and November 2013 (Gičevski et al., 2015). The results showed that the water of the spring belongs to Ca-HCO_3 type. Electrical conductivity had low values which may be attributed to the short residence time of the water in the karst aquifer, and the spring had typical shallow and fresh water. The high value of the sulfate content pointed out that the origin of the water is from non-carbonate area, whereas the Ca/Mg index showed the influence of mixed limestone-dolomite sequence in the carbonate area in which the water pass through.These characteristics are very similar as water from cave lake and ground water flow in the cave SlatinskiIzvor (Gičevski and Hristovski, 2015). The spring Solenica is situated on a tectonic contact between dolomite marbles and schist formations. It is a cold mineral spring.This spring never dries out and has low discharges ranging from 0.06 to 0.10 L/sec. Water of the spring belongs to Na-Cl water type, and the saline water would be probably deep ancient ground water (Gičevski et al., 2015). The spring Slanište is located at the same fault zone as the spring Solenica, and it is captured for water supply.

METHODOLOGY

The first systematic observations of electric conductivity (EC), temperature and water level of the SlatinskiIzvor spring were carried out from October 2012 to August 2013 using aEijkelkamp CTDI 271data logger, in hourly intervals. The data logger was installedintothe cave streamin the SlatinskiIzvor cave, 30 m from the cave's entrance.The discharges of the spring SlatinskiIzvor were calculated using water level data from a data-logger. The relation between water levels data and series of parallel measurements of levels and discharges carried out in the past period, was used for the estimation of discharges of the spring. Also, during the tracer experiment, periodically, the discharges of the springs SlatinskiIzvor and Manastirec were measured manually using the float method.

Time series of measured parameters were compared in the selected periods of characteristic flood waves. Additionally, the electrical conductivity frequency distribution (ECFD) was used to calculate sum of the populations of conductivities associated with different groundwater types flowing through the aquifer (Caetano Bicalho et al. 2012;Mudarraand Andreo 2011;Massei et al. 2007). ECDF and its normally distributed component populations were assessed with Peakfit v4.12 software (SeaSolve 2003).

For better understanding of the functioning of the karst system in the recharge area of the spring and identifying the origin of the spring's waterartificial tracers Uranine (sodium fluorescein) and Rhodamine B were applied.Water samples were taken manually in 50 mL brown-glass bottles. Fluorescence of Uranine (E_{ex}= 491 nm, E_{em}= 512 nm, detection limit 0.002 μg/L) and Rhodamine B (E_{ex}= 554 nm, E_{em}= 576 nm, detection limit 0.010 μg/L) were measured in the laboratory of the Karst Research Institute at ZRC SAZU in Postojna by a Perkin Elmer Luminescence Spectrometer LS 30.

We used data from a rain-gauge Oregon WMR200 (professional) in the village Slatinawhich measure precipitation at hourly intervals.

RESULTS AND DISCUSION

FLOOD PULSES AS NATURAL TRACER

Hydrograph form of the spring SlatinskiIzvor is related to the rainfall events, and it reacts to rainfall events with the short-term high peaks, which are followed by a rapid decline in discharge (part Aon fig. 2).When there are no rain events the spring's discharges fall rapidly. This is typical of summer months, when the spring usually dries.

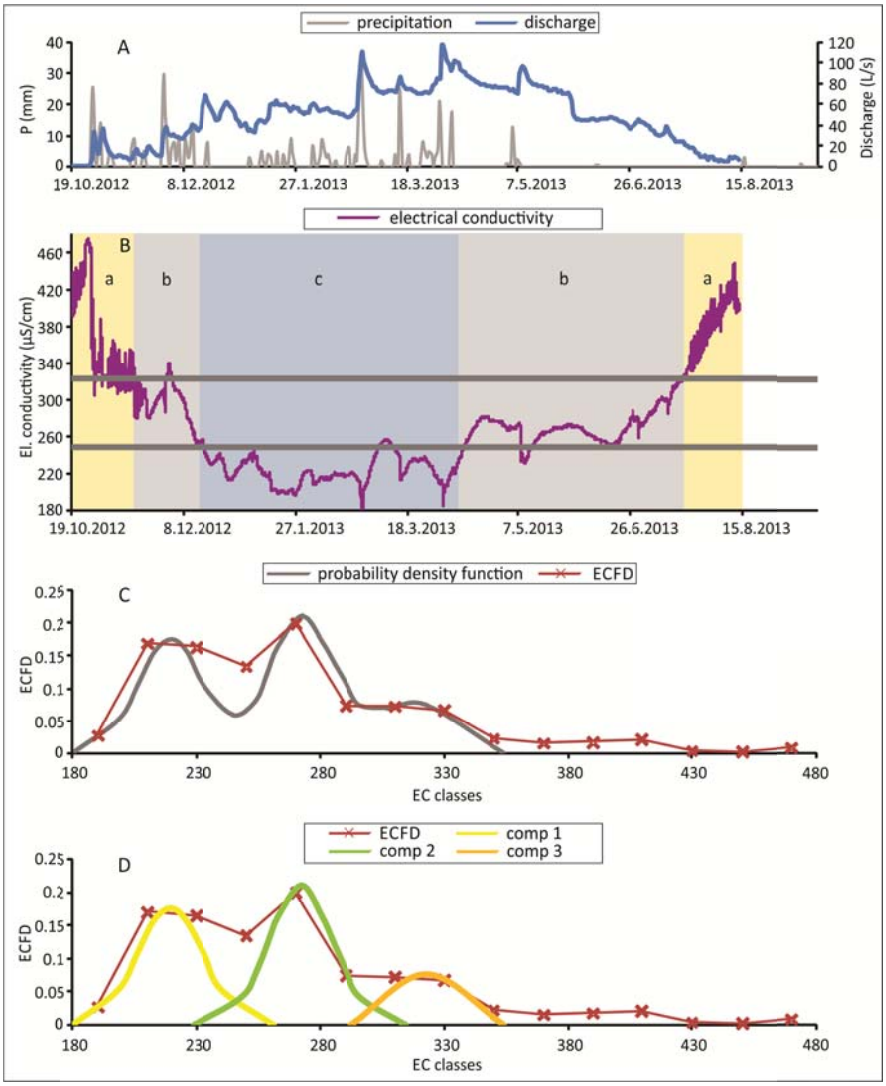


Fig. 2 *Measured discharge of the SlatinskiIzvor spring and precipitation in its recharge area (A), measured electrical conductivity of the SlatinskiIzvor spring with different water types marked with different colours(B), electrical conductivity frequencydistribution with corresponding probability density function (C), and electrical conductivity frequency distribution with normally distributed component populations (D).*

The electrical conductivity frequency distribution (ECFD) over the period of one hydrological year was used to identify the existence of different types of water in the SlatinskiIzvor spring. Three major classes were indicated which can be attributed to different types of water and their mixing in the recharge area of the spring. The lowest EC values are characteristic for the period of high waters with active allogenic recharge and rapid flow of autogenic recharge from the vadose zone to the spring through karst conduits (part c on fig. 2B). Even larger is the share of water with slightly higher EC values. Also this type of water includes allogenic recharge with low EC values which is mixed with more mineralized water of the slow flow of autogenic recharge (parts b on fig. 2B). This type of water is characteristic for the beginning of rainy periods when the newly infiltrated water pushes first previously stored water from the vadosezone,

as well as for the time when allogenic recharge from the KrušeskaReka is still active whereas the fast flow of autogenic recharge ceases due to the lack of effective precipitation.These two types of water drained during more than 80% of the study period. The third type of water is represented mainly by the slow flow of autogenic recharge in the period of low waters when more mineralized water stored for longer time in the vadose zone discharges through the spring (parts a on fig. 2B).

Additionally, three individual precipitation events, in October and November 2012 and February and April 2013, followed by significant discharge increase, are presented and compared with electrical conductivity (EC) and temperature of spring water.

Time interval between October 27th and November 4th, 2012

The first time interval is selected at the end of a longer dry period when the SlatinskiIzvor spring was dry. Also in the period between 18th and 27th October 2012, in the area, there was no rain event. During this period, the water level varied from 5.4 to 10 cm, the water temperature was between 10.19 and 10.37 °C, and EC increased up to 474 µS/cm.

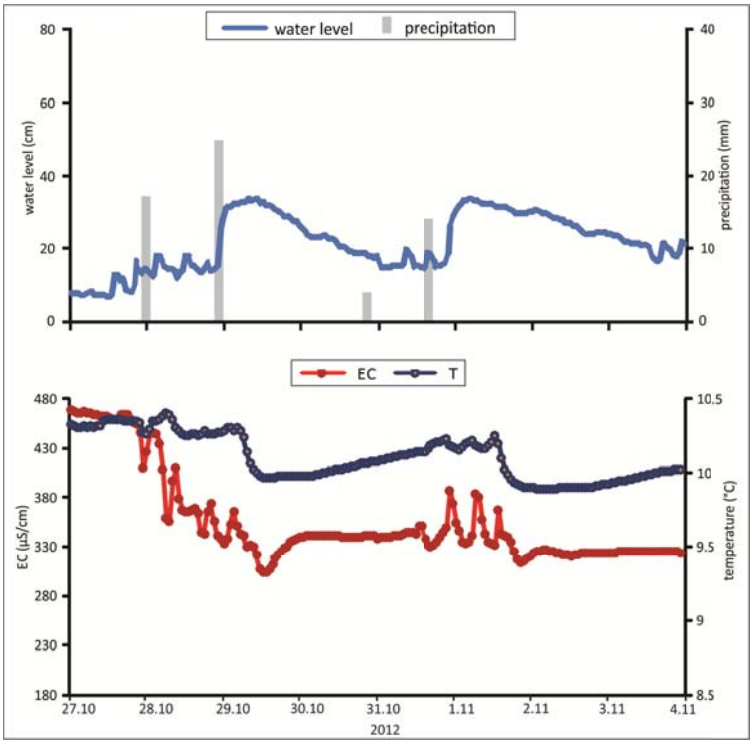


Fig.3 *Measurements of precipitation, temperature, conductivity (EC) and water level in the period between October 27th and November 4th, 2012, every hour.*

The rain in the evening on 27th October and early morning on 28th October (17 mm) caused slowly increase of the water level (18 cm) and decrease of the temperature (10.25 °C) and EC (339 µS/cm) (fig. 3). More intensive rain that followed on October 29th (25 mm) caused increase of water level to 33.5 cm, and then it showed decrease for the next two days to 25.2 cm. On October 29th, at the interval between 12 and 16 hours, the water temperature rapidly decreased to 9.97 °C, and then increased during October 30th and 31th (10.23 °C). EC also decreased during the morning on October 29th, to 13.00 when it reached value of 304 µS/cm, and then showed permanent increase in the next two days.

Rain events in the night on October 31 (4 mm) and in the morning on November 1 (14 mm) caused rise of the water level to 33.4 cm. At this time, temperature showed small oscillations and then rapidly fell to 9.9°C, on November 1st at 23.00. EC showed the same oscillations as temperature and values fell to 314 µS/cm on November 1st at 21.00. The next three days, there was no rain, and water level showed constant decline, whereas temperature and EC showed rising values.

At the end of a long dry period discharge of the spring was very low and even a small amount of allogenic recharge from the KrušeskaReka which flows quickly through the karst system resulted in a significant decrease of EC. This is followed immediately by a fast increase of EC. Several such events occurred in this period when the flow of autogenic recharge through the vadose zone was not properly activated due to dry conditions in the previous period. Only after a more intensive rain event on October 29th also this flow was activated and some more significant and longer lasting decreases of T and EC were detected.

Time interval between February 24th and February 28th, 2013

In the period between 12th and 22nd February 2013 only 11 mm of rain had fallen and water level varied between 36.0 and 40.5 cm. Water temperature was in interval between 9 and 9.09 °C, and EC oscillated between 215 and 221 µS/cm.

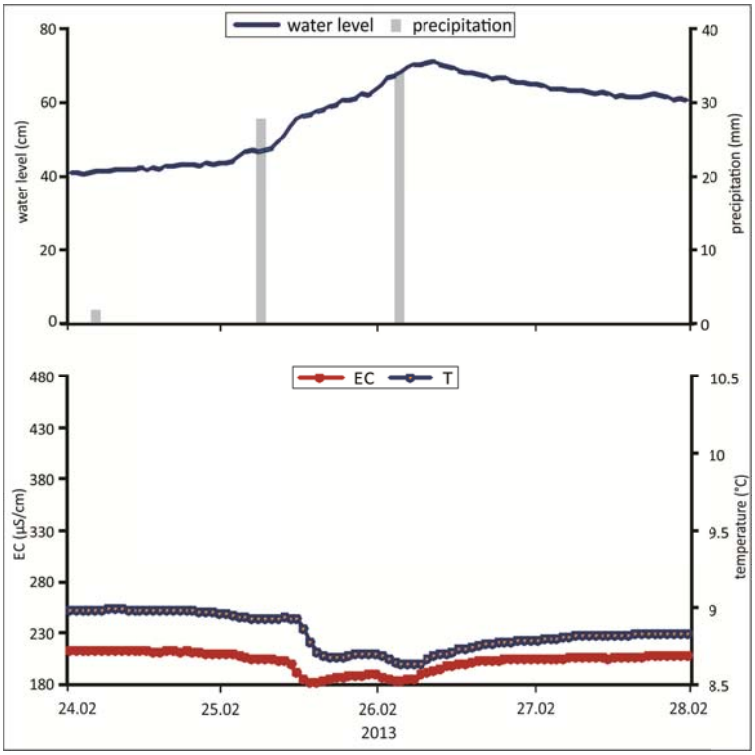


Fig. 4 *Measurements of precipitation, temperature, conductivity (EC) and water level in the period between 24th February and 28th February 2013, every hour.*

The rain on February 23rd and 24th (4 mm and 2 mm, respectively) caused a small increase of water level (43.8 cm), and decrease of the temperature (8.96 °C) and EC (210 µS/cm). More intensive rain occurred on February 25th (28 mm) and in early morning on February 26th (34 mm) caused increase of water level (fig. 4). Maximal level was reached on February 26th at 8.00 (71.1 cm). The water temperature rapidly decreased from 8.96 to 8.67 °C in midday on February 25th, and continued to decrease till 8.63 °C on February 26th at 6.00. EC was positively correlated to the temperature, and on February 25th at 14.00 it decreased to 182 µS/cm, than showed small increase to 189 µS/cm, and later decreased to 183 µS/cm, on February 26th at 3.00.

After this period, the rain stopped and water level started continuously to decrease, whereas temperature and EC simultaneously increased.

This interval presents the conditions of high waters when the pores of the karst aquifers are filled with water and are hydraulically connected. Therefore rain events in the area cause rapid reactions in the karst system, with very fast increase of the water level and decrease of the temperature and EC. EC and the water temperature fall sharply because of the low mineralization of the ground water and very fast crossing the system towards the spring.

Time interval between April 1st and April 5th, 2013

Similar conditions were observed at the beginning of April 2013. The last week of March 2013, in the area there were light rains (total of 29 mm). On March 30th and 31st very little rain caused a small increase of water level, and small decrease of temperature and EC.

The rain that followed on April 1st (6 mm) caused continuous increase of water level (56.1 cm), and simultaneous decrease of temperature (8.89 °C) and EC (209 µS/cm) (fig. 5). On April 2nd, in midday, more intensive rain started to fall (21 mm) which caused water level to increase in the evening. Maximal value was reached during the next day at 9.00 (73.8 cm) and later it slowly decreased. During the water level increased water temperature decreased from 8.9 to 8.77 °C (on April 3th at 4.00), and also EC decreased from 213 to 185 µS/cm (on April 3th at 4.00).

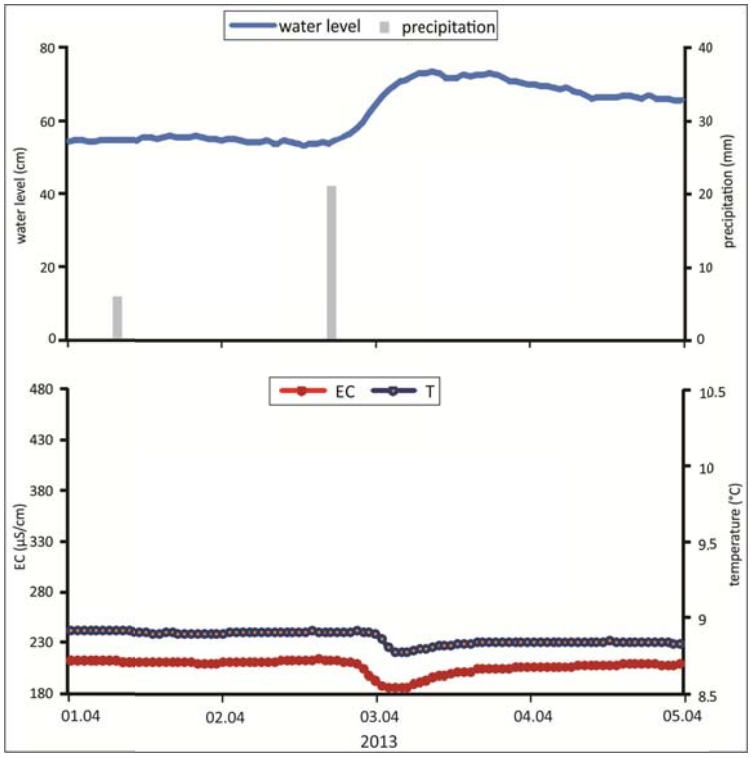


Fig. 5 *Measurements of precipitation, temperature, conductivity (EC) and water level in the period between 1th April and 5th April 2013, every hour.*

After this rain event, the water level continuously decreased, opposite temperature and EC continuously increased.

Fast changes of the analyzed parameters show that the spring SlatinskiIzvor is characterized by fast reactions to hydrological events. Few hours after the rain, water level rises sharply. On the opposite, the temperature and EC fall quickly as a result of the fast circulation of low mineralized, newly infiltrated water within the system.

ARTIFICAL TRACER TEST

Precipitation and hydrological conditions in the time of tracing

In April 2013 the total amount of precipitation was 36.8 mm, but rain events mainly occurred in the first week of the month, whereas the rest of this period was dry. On the day of injection the weather was dry and sunny. After two days a total of 15.8 mm of rain fell down (fig. 7).

The discharges of the SlatinskiIzvor spring were between 86 and 93 L/sec, whereas the discharges of the spring Manastirec were between 185 and 200 L/sec (fig.7).

Injection and sampling

Two injection points of the tracing experiment and two different tracers were applied.

On May 1, 2013, at 7:00, 103.47 g of uranine was injected into the active ponor of KrušeskaReka (figs. 1 and 6). The dye disappeared among the rubble in half an hour. The ponor is on 583 m a.s.l. The injection point is 2500 m distant from the SlatinskiIzvor spring and 4800 m from the Manastirec spring. The altitude difference is 62 m from the first spring, and about 80 m from the second.

On the same day, at 10:00, 125.71 g of rhodamine B was injected in the cave river in the Puralo cave (figs.1 and 6). The Puralo Cave is on 579 m a.s.l., and it is 2300 m distant from the SlatinskiIzvor spring and 5000 m from the Manastirec spring.

No flushing water was used for both experiments.

Water from the two springs, SlatinskiIzvor and Manastirec, was sampled in a period of six days. The first 24 hours after the injection at KrušeskaReka, the samples were taken at two hour intervals. The next 24 hours the water samples were taken at three hour intervals, the next 24 hours they were taken at four hour interval. The last 48 hours, the water samples were taken every six hours.

Fig.6 *Injection of uranine into the ponor of the KrušeskaReka river (left) and injection of rhodamine B in the Puralo cave stream (right) on May 1, 2013.*

Results of tracing

A positive result was obtained for uranine injection which reached only the SlatinskiIzvor spring, whereas neither SlatinskiIzvor nor Manastirec spring recovered tracer rhodamine B (fig. 7).

Injected uranine was detected in SlatinskiIzvor spring nine hours after injection (figs. 7 and 8)with 6.59 mg/m^3 of concentration, which gives the maximum apparent flow velocity of 4.62 m/min. The maximum concentrations of 15.18 mg/m^3 occurred on May 1, 2013 at 17:00, ten hours after being injected, which gives the dominant apparent flow velocity of 4.16 m/min (250 m/h).

The recovered tracer mass (M_R) is calculated by integration of the tracer load over the time (Benischkeet. al., 2007):

$$\int_{t=0}^{\infty} (Q \cdot c) dt$$

where$Q$ is the total discharge in the cross-section at time t and c is tracer concentration in the cross-section. Tracer recoveries reached 87.1% (fig.8).

Tracer breakthrough curve shows a single peak which suggests a single conduit (Benischke et. al., 2007). This is in support of speleological investigations which showed that cave river is detected only in the main passage of the SlatinskiIzvor cave (Kolčakovski and Aloski, 1984; Carlin, 2003; Petreska, 2007).

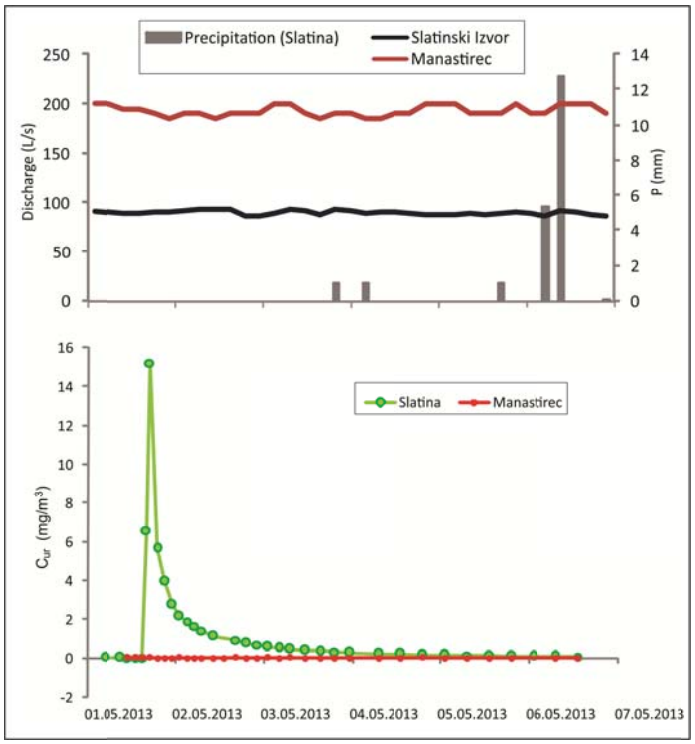


Fig.7 *Precipitation, discharges and tracer breakthrough curves of uranine in the springs SlatinskiIzvor and Manastirec during the observation period.*

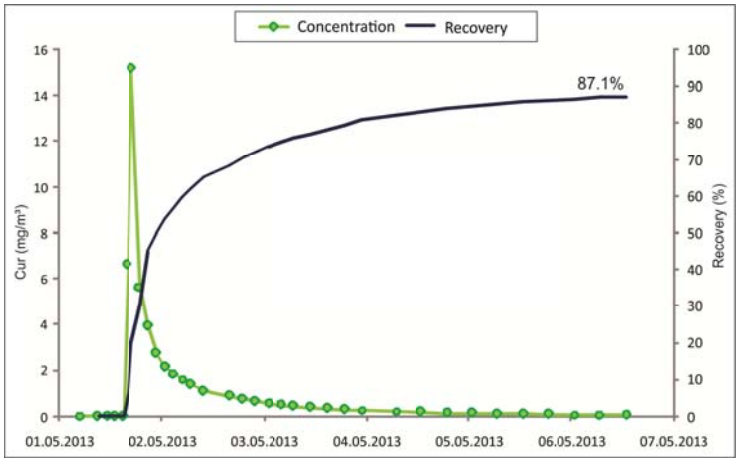


Fig.8 *Tracer breakthrough curve of uranine and recovery curve in the spring Slatinski Izvor.*

Tracer test produced new and useful findings about the investigated spring.Performed tracer test with the injection of uranine confirmed the main groundwater connection between the surface river KrušeskaReka and the spring SlatinskiIzvor, i.e. the recharge of the spring is by allogenic stream. Also, the results demonstrated that the risk of spring water contamination resulting from the sinking stream KrušeskaReka.

CONCLUSION

Monitoring of the analyzed parameters (precipitation, water temperature, electrical conductivity and water level) indicated the dynamics of water inflow from a recharge area of the spring SlatinskiIzvor. The recharge of the studied karst spring is a combination of both, allogenic and autogenic recharges. The allogenic recharge of the karst is across a faulted contact with impervious rocks. The tributary Krušeska Reka of the river Slatinska Reka represents the inflow of water from area consisted of schistsin a contact with dolomite marbles. They sink underground as a point input into the system. The autogenic recharge is represented by precipitation which infiltrates through and is stored in the vadose zone and subsequently

(even in a dry summer period) recharge the phreatic zone.

Spring hydrographs respond rapidly to rainfall events which show that the karst aquifer is well developed by conduits, and infiltrated rains into vadose zone flows quickly towards the spring. The rise of the water level and consequently the rise of the discharges appear within a short time after rain events, and they start to increase few hours after the rain. A fast increase of the water level which was followed with decreasing of electrical conductivity is due to dilution of the pre-event water with water from the rain. The recently infiltrated waters have a low level of mineralization and that is the reason why EC falls sharply after the rains. The water temperature values show a similar reaction as EC values. This indicates inflow from surface waters.

The rapid circulation of groundwaters within the karst system and the connection between the surface river KrušeskaReka and the spring SlatinskiIzvor is also confirmed by artificial tracer.The dominant apparent flow velocity of 250 m/h, a single peak of the tracer breakthrough curve and more than 87% of tracer recovered in this first peak indicate a rapid conduit flow. The fast arriving of the soluble substances from the surface through the karst system, demonstrates high vulnerability of the spring to contamination from the river KrušeskaReka. The results show high vulnerability of the observed drinking water source and confirm the need for implementation of proper protection measures.

REFERENCES

Bakalowicz, M., 2005: Karst groundwater: a challenge for new resources. Hydrogeology Journal, 13, p. 148-160.

Benischke, R., Goldscheider, N., and Smart, C., 2007: Tracer techniques.- In: Goldscheider, N.,and Drew,D.,(ed.) *Methods in Karst Hydrogeology.*Taylor& Francis Group, London, p. 147-170.

Caetano Bicalho, C., Batiot-Guilhe, C., Seidel, J. L., Van Exter, S., and Jourde, H., 2012: Geochemicalevidence of water source characterization and hydrodynamicresponses in a karst aquifer. Journal of Hydrology, 450-451, 218.

Carlin, R., 2003: Macédonie.Échos des profondeurs étranger. Spelunca, 93, p. 11.

Dumurdzanov, N., Serafimovski, T., and Burchfiel, B.C., 2005: Cenozoic tectonics of Macedonia and its relation to the South Balkan extensional regime. Geol. Soc. Am.: Geosphere, 1, no. 1, p. 1-22.

Dumurdzanov, N., Stojanov, R., andPetrovski,K., 1978: Basic geological map of SFRJ 1:100 000, sheet Kruševo K 34-91, Belgrad.

Ford, D., and Williams, P., 2007: Karst hydrogeology and geomorphology. John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, p. 562.

Gičvski, B., and Hristovski, S., 2015: Hydrochemical properties of cave lake and ground water flow in the cave Slatinski Izvor in the dry period of the year. Contributions, Sec. Nat. Math. Biotech. Sci., MASA, vol. 36, no. 1, Skopje, p. 19-26.

Gičvski, B., Hristovski, S., Mirčovski, V., and Boev, B., 2015: Hydrochemical properties of springs Slatinski Izvor and Solenica (Republic of Macedonia). Acta Carsologica, 44/4, Postojna, p. 215-226.

Hunkeler, D., and Mudry, J., 2007: Hydrochemical methods. In: Goldscheider, N. and Drew, D., (ed.)*Methods in Karst Hydrogeology*, Taylor & Francis Group, London, p. 93-121.

Kolčakovski, D., andAloski, K., 1984: Cave Slatinsko Vrelo. Deveti Jugoslavenski speleološki kongres, Zagreb, p. 337-344.

Massei, N., Mahler, B. J., Bakalowicz, M., Fournier, M., and Dupont, J. P., 2007: Quantitative interpretation of specific conductance frequency distribution in karst. Ground Water 45 (3), p.288-293.

Mudarra, M., and Andreo, B., 2011: Relative importance of the saturated and the unsaturated zones in the hydrogeological functioning of karst aquifers: the case of Alta Cadena (Southern Spain). Journal of Hydrology, 397 (3–4), 263–280.

Petreska,B., 2004: Slatina spring.Bulletinof Physical Geography, vol. 1, p.87–95.

Petreska, B., 2007: Underground karst landforms in Poreče Basin and their valorization for the physical planning. Skopje, p.213 (in manuscript) (in Macedonian).

Petrič, M., 2002: Characteristics of recharge-discharge relations in karst aquifer. Založba ZRC, Inštitutzaraziskovanjekrasa ZRC SAZU, Postojna-Ljubljana, 164.

SeaSolve, S., Inc., 2003: Peak Fit SYSTAT Software Inc.

CROSS-CORRELATION ANALYSES OF KARST SPRING DISCHARGES

[1]Marina Čokorilo Ilić, [1]Vesna Ristić Vakanjac, [1]Saša Milanović, [1]Ljiljana Vasić, [2]Kostadin Jovanov, [3]Radisav Golubović

[1]University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Department of Hydrogeology, Karst Center, Đušina 7, Belgrade, Serbia, Email: marinacokorilo@googlemail.com, vesna.ristic@rgf.bg.ac.rs, sasa.milanovic@rgf.bg.ac.rs, ljiljana.vasic@rgf.bg.ac.rs
[2]Geological Survey of Macedonia, kostadin.jovanov@geol.gov.mk
[3]Petnica Research Station, Petnica BB, 14000 Valjevo, Serbia, golub@petnica.rs

Abstract
Worldwide, karst groundwaters are among the highest-quality water resources at present. If used for drinking water supply, such water requires only disinfection prior to delivery to the end user. Some of the European capitals (e.g. Vienna, Skopje, and Tirana) use solely karst water for public water supply. In Serbia, the proportion is one-third. Where karst groundwater is used, the first thing that needs to be known is the discharge regime of the captured spring. However, it is also useful to know the discharge regimes of non-captured springs because they can serve as backup, alternative or potential sources of water supply in the future. Large discharge fluctuations necessitate monitoring. More precisely, in most cases involving gravity flow, discharge variations are sudden and rapid. These changes are caused by heavy rainfall, protracted rain and/or sudden snowmelt. To assess the discharge regime of a karst spring, it is useful to know the atmospheric precipitation regime of the catchment or the extended area, but also the temperature regime. Cross-correlation analyses are a valuable tool for assessing the impact of the precipitation regime on spring discharge, as discussed in the paper.

Key words: regime, karst spring, discharge, precipitation, cross-correlation, Mlava Spring, Banja Spring, Serbia

INTRODUCTION

Groundwaters in karst are among the highest-quality waters used for drinking water supply. As a point of interest, the Emperor Franz Joseph I of Austria, two years after he ascended to the throne (1850), pointed out that the then existing water supply system of Vienna was inadequate and that high-quality water should be sought in the nearby karst massifs of Rax and Schneeberg. Vienna's first water supply system based on karst groundwater was built in 1873 and comprised the Kaiserbrunn Spring and a 120 km long pipeline that delivered water for end users in Vienna (Vasić, 2011). Today, many cities rely solely on karst groundwater for public water supply. European capitals include Vienna, Skopje and Tirana. In Serbia, most agglomerations in the eastern and western parts of the country, such as Bor, Pirot, Svrljig, Bela Palanka, and Sjenica, as well as for the most part Niš and Dimitrovgrad, use karst groundwater.

There are two major problems associated with the use of karst groundwater for public water supply: (i) dry periods, generally causing water deficit, and (ii) rainy periods when there is a large surplus of water, but the water quality is inadequate. The first problem (water deficit) can be addressed by karst aquifer regulation; static reserves, where available, can be exploited to bridge the dry period and then the utilized reserves recovered during rainy periods, either naturally or through artificial recharge (Stevanović et al., 2012). The second problem is more difficult to tackle because during rainy periods the spring discharge increases, but so do water turbidity and total bacteria. This generally requires the spring box to be temporarily shut down.

To gain insight into potential problems, the first requirement is detailed exploration of the catchment area (and beyond), to define the thickness and spread of the carbonate rock complex, to determine the karstification base, and to record the tectonics that can have a major effect on privileged pathways of groundwater circulation and the morphology of the terrain (both surface and subsurface morphological features are extremely important). Then, it is necessary to examine karst aquifer recharge conditions (infiltration of precipitation, sinking surface streams and/or subsurface recharge from other types of aquifers), and to gain insight into circulation

pathways and aquifer drainage (Ristić, 1995). Apart from sudden variations in quantitative and certain qualitative parameters of karst groundwater, a karst aquifer is also a spatially and temporally dynamic phenomenon, whose geometry is subject to change. A good example is the catchment area of the Mlava Spring, whose size is about 80km^2 during rainy periods and nearly double in dry periods (Milanović S, 2010).

Precipitation data are needed in addition to the above-mentioned detailed exploration because protracted rain, heavy rainfall events and/or snowmelt in spring cause sudden and rapid changes in karst groundwater quality and quantity. Any assessment of the correlation between the discharge regime (or that of a specific quality parameter) with the precipitation regime requires sufficiently long time-series of the regime parameter of interest and the meteorological parameters typical of the studied catchment area. If such time series are available, simulation models (e.g. regression models and transform functions) can be used. They are very useful in addressing water resource management, for example water supply. After a raindrop reaches karst, it needs time to infiltrate, travel down conduits and fractures, reach the water table and, as part of the aquifer, travel to the spring. Discharge response to rainfall and/or snowmelt varies. If the catchment area is relatively small and if the massif that drains the spring is highly karstified, the response of a certain karst spring parameter can be instantaneous (Figs. 1 and 2). After the rainfall event, the considered parameter can decline just as rapidly. On the other hand, the response can be slow and with a certain time delay. Slow response is generally typical of ascending springs, where heavy rainfall might not affect quality parameters. Examples of such karst springs include the Mrljiš Spring (water supply system of Bogovina and Bor), the Kava Spring (water supply system of Pirot), and the Vapa Spring.

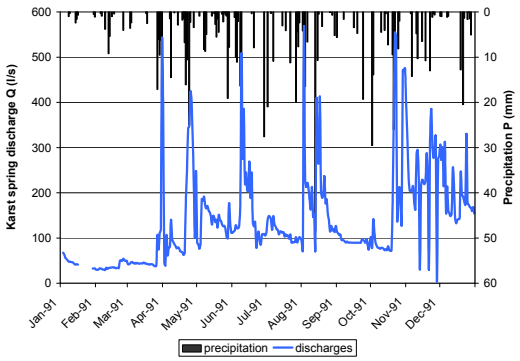


Fig. 1 *Rapid response of spring discharge to precipitation: the Banja Spring near Petnica*

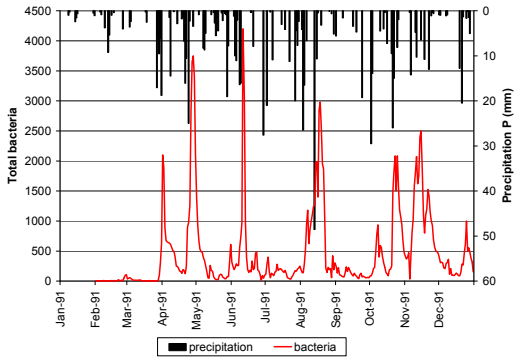


Fig. 2 *Rapid increase in bacterial count due to heavy rainfall: the Banja Spring near Petnica*

Cross-correlation analysis can be used to assess the effect of precipitation on the qualitative and quantitative parameters of karst springs.

THEORETICAL BACKGROUND

The precipitation regime of a given area affects the spring discharge regime to a large extent. With this in mind, cross-correlation analysis is used to assess time-dependent random variables (in this case spring discharge and precipitation). In cross-correlation analyses, the correlation between a time-dependent random variable (daily discharge, groundwater level, etc.) and an independent random variable (daily precipitation total) can be quantified by computing cross-correlation coefficients at different time steps (Kresic and Stevanovic 2010, Ristić Vakanjac, 2015). The cross-correlation coefficient for any time step k is derived from the equation (Kresic and Stevanovic 2010):

$$r_k = \frac{COV(x_i, y_{i+k})}{\sqrt{VAR(x_i) \cdot VAR(y_i)}}$$

where COV is the covariance between two time series, x_i is the independent variable (in

the specific case the daily precipitation total time-series), y_i is the dependent variable (daily average discharge time-series), and $VAR(x_i)$ and $VAR(y_i)$ are the covariances of the time-series of the two variables. The covariance is obtained from the equation

$$COV(x_i, y_{i+k}) = \frac{1}{n-k}\sum_{i=1}^{n-k}(x_i - \bar{x})\cdot(y_{i+k} - \bar{y}_{i+k})$$

and the variances from the time-series of the variables from

$$VAR(x_i) = \frac{1}{n-k}\sum_{i=1}^{n-k}(x_i - \bar{x})^2$$

$$VAR(y_i) = \frac{1}{n-k}\sum_{i=1}^{n-k}(y_{i+k} - \bar{y}_{i+k})^2$$

Two karst springs were selected to demonstrate the cross-correlation analysis: (i) the Mlava Spring, whose average catchment size over a long-term period is about 120 km^2, and the Banja Spring whose catchment is smaller by a factor of about eight.

HYDROGEOLOGIC FEATURES OF THE SELECTED KARST SPRINGS

Mlava Spring

The Mlava Spring is one of the strongest springs that drain Mt. Beljanica, and also one of the most powerful springs in all of Serbia. It emerges at an elevation of 314 m above sea level and drains the northwestern part of Mt. Beljanica. The spring is of the ascending type (Fig. 3). At the point of discharge there is a funnel-like pool (diameter 25 m, depth about 30 m), from which the water flows partly to a nearby fish pond and the remainder joins the Velika Tisnica (100 m downstream from the spring) and forms the Mlava River (Milanović et al., 2016). Based on exploratory diving, there is a narrow conduit at a depth of 30 m, whose diameter is 1.5 m. At 44 m the conduit widens into a cavern up to a depth of 73 m, which was the end point of exploration (Fig. 4). The most recent speleological exploration covered 120 m of cave conduits and 73 m was the ultimate depth that was reached (Milanović, 2012). The ascending type of the spring and the deep-seated karst conduits and caverns suggest a deep karstification base. The spring itself is situated at the point of contact between Urgonian limestones and the basal part of the Tertiary sequence. The location of the spring is also determined by a fault trending EW, along which the northern block has sunk.

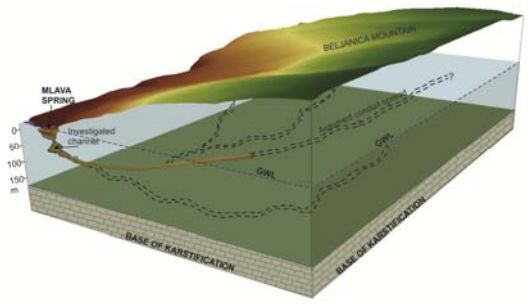


Fig. 3 *3D representation of established and modeled karst conduits of the Mlava Spring (Milanović et al., 2016)*

The Mlava Spring features the longest time-series in Serbia. Water level gauging began in 1949, and hydrometric surveying and plotting of rating curves were instituted as late as 1972 (according to the RHMZ[1] website). The gauging station is equipped only with a staff gauge. Monitoring has continued to the present day, with interruptions only during the spring months most likely because high water levels prevented access to the staff gauge.

The perennial average discharge of the Mlava Spring for the period from 1972 to 2014 is 1.754 m^3/s and the average annual discharges range from 1.01 (1992) to 2.42 m^3/s (1984). The yield of the spring varies from a minimum of 215 l/s (28 July to 2 August 1973) to the record 19 m^3/s on 24 March 1986. The low-to-high discharge ratio is nearly 100. The discharge regime of the Mlava Spring is generally determined by the precipitation regime. High discharges are typical of spring months, as a result of (i) melting of the snow cover formed in winter months with sub-zero temperatures, (ii) spring rains, and (iii) coinciding spring rains and sudden snowmelt. In this regard, the curve features either one peak (Case 3) or 2-3 peaks (Cases 1 and 2) (Milanović et al., 2016).

[1] National Hydrometeorological Service of Serbia

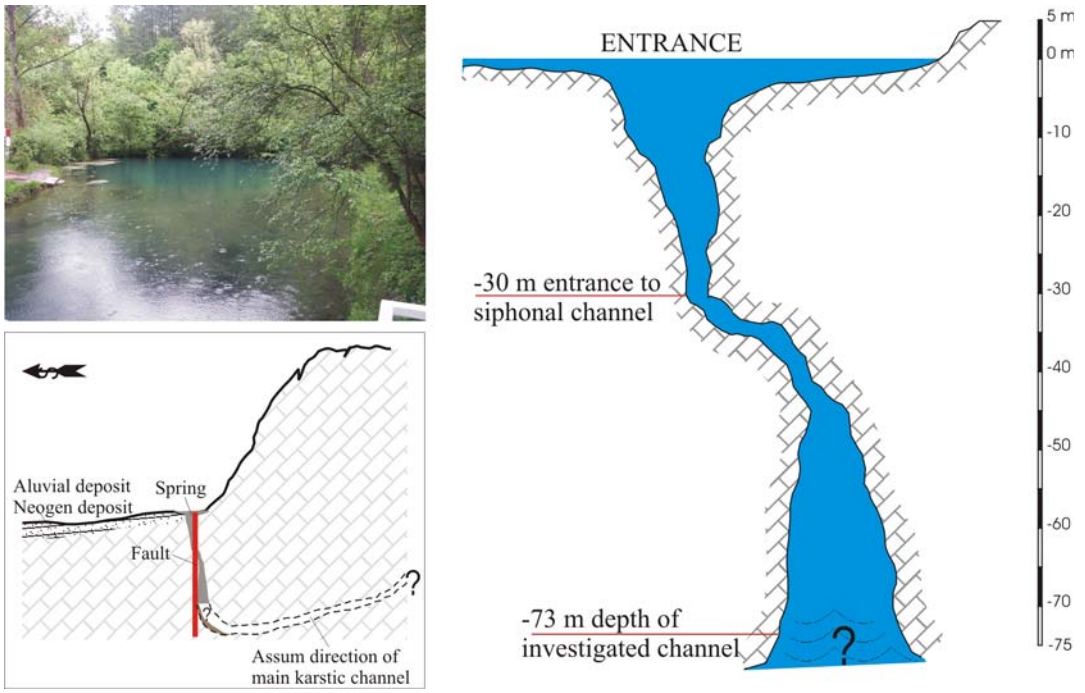


Fig. 4 *Cross-section of the Mlava Spring based on most recent speleological exploration (Milanović et al., 2016)*

Banja Spring

The Banja Spring (source of the Banja River) is located in western Serbia, in the immediate vicinity of the Petnica Research Station. It is situated about 7 km (as the crow flies) south-southeast from the City of Valjevo. The elevations of the catchment area are from 181 m above sea level (point of discharge of the Banja Spring) to slightly more than 600 m. Most of the catchment area is comprised of massive Middle Triassic limestones, partly covered by Miocene sediments made up of marls and red bituminous shales (Fig. 5). The surface morphological features of the Triassic limestones include numerous sinkholes (12 per km^2 on average), which generally occur in clusters. Subsurface features include caverns and fractures; the most significant is the Petnica Cave where the Banja Spring emerges (Fig 6). There are two sinking streams in the catchment area of the Banja Spring: the Zlatar and the Bukovik. The Zlatar originates in Miocene sediments and as it moves to the karst substrate, it sinks at the Pećurine ponor. The Bukovik is formed in semi-karstified Triassic limestones and flows along a straight line into highly-karstified limestones where it gradually depletes at sinkholes and ultimately goes dry (Golubović et al., 2014, Ristić Vakanjac et al., 2015).

Monitoring of the Banja Spring began in 1991 and lasted for 10 years. More than 15 karst groundwater quality and quantity parameters were covered. The annual average discharges were in the interval from 109.7 l/s (2000) to 252.3 l/s (1996). The perennial average discharge of the Banja Spring during the period of monitoring was 173 l/s. The highest daily discharge on record is 1.690 m^3/s (30 July 1999) (Golubović et al., 2014). The lowest is 0 l/s, given that the spring is intermittent.

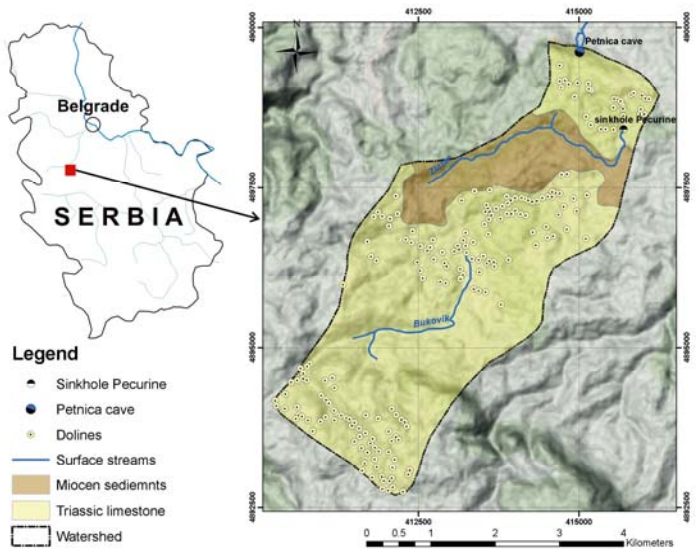


Fig. 5 *Geographic location and hydrogeological map of the Banja Spring catchment (Golubović et al., 2014)*

Fig. 6 *Petnica Cave https://sr.wikipedia.org/wiki/Петница_(Ваљево)*

CROSS-CORRELATION ANALYSES

Cross-correlation analyses of the effect of the precipitation regime on the discharge of the two karst springs were undertaken with respect to the entire monitoring period (Figs. 7 and 8) and then on an annual basis. A rainy and a dry year (Figs. 9 and 10) were selected for these purposes. In addition to the two characteristic years, a third year was chosen to represent a considerable snowcover in winter, to demonstrate how cross-correlation analyses can be useful in such situations. The year 1984 was selected for the Mlava Spring catchment (Fig. 9), whereas no such analysis was undertaken for the Banja Spring in view of the fact that there had been no considerable snowcover in the catchment area of this spring during the period of monitoring.

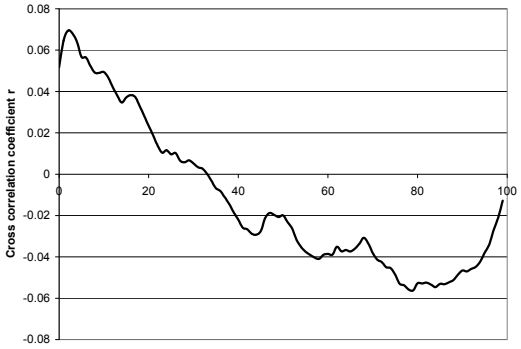


Fig. 7 *Cross-correlogram of the Mlava Spring (1984-2007)*

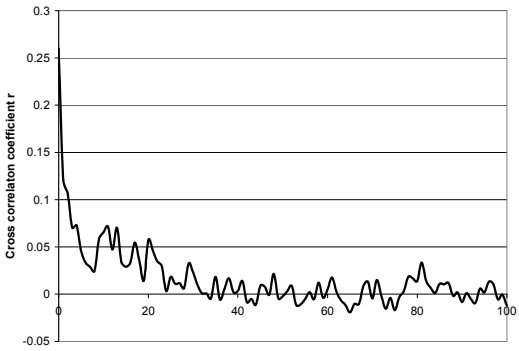


Fig. 8 *Cross-correlogram of the Banja Spring (1991-2000)*

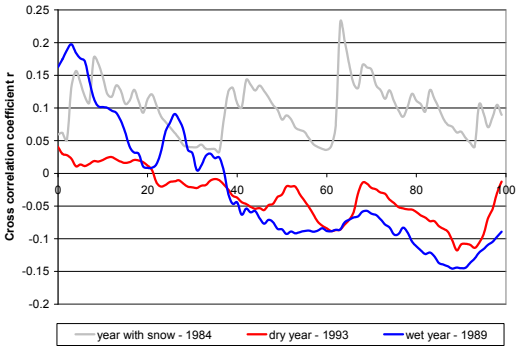


Fig. 9 *Cross-correlogram of the Mlava Spring: typical rainy and dry year and year without a substantial snowcover*

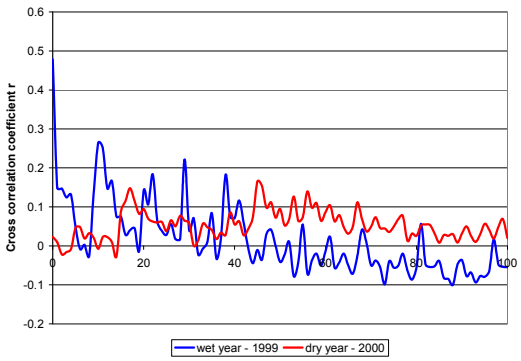


Fig. 10 *Cross-correlogram of the Banja Spring: typical rainy and dry year*

The cross-correlogram of the effect of precipitation on the discharge of the Mlava Spring during the study period (Fig. 7) showed the best correlation between these two random variables after 2 and 3 days. The time delay of 2 or 3 days was a direct result of the catchment size of about 120 km^2. Therefore, in the case of the Mlava Spring, a minimum of two days, on average, were needed to register an increase in discharge after a heavy rainfall event. The situation was similar in rainy years, except that the coefficients of correlation are much higher. The cross-correlogram (Fig. 9) corroborates the fact that the best correlation between precipitation and discharge occurred after 3 days, or, in other words, 3 days were needed for the hydrograph to rise (Fig. 11, red rectangles). In the dry year, the cross-correlation coefficients were much lower (less than 0.05, Fig. 9), indicating nearly no correlation between rainfall and discharge. This is attributable to the fact that dry years are generally warm years, with annual average temperatures usually above the long-term average. As a result, there is much less snow during such years and therefore much less retention of water in the form of a snow cover. On the other hand, a part of heavy rainfall rapidly evaporations and the part that is infiltrated into karst is largely used to replenish depleted dynamic reserves of groundwater. As a result, heavy rainfall in dry years sometimes causes a less pronounced increase or even no increase (Fig. 10, green rectangle). The year 1984 was selected to assess the impact of snowmelt on the discharge hydrograph of the Mlava Spring because in that year there was a snow cover from 6 January to 14 April; in the latter half of February and nearly all of March the thickness of the snow cover was about 1 m. There were occasional, partial snowmelts in January, but from 9 February to 29 March the snow cover was in the interval from 98 to 121 cm. Thereafter, over a period of 10 days, the thickness of the snow cover was reduced to less than 20 cm. As a result, the 59-day average thickness of 1 m melted and caused the discharge hydrograph to rise. The 1984 cross-correlogram shows a typical jump after the 60th day, when the cross-correlation coefficient was nearly 0.25 (Fig. 9).

In the case of the Banja Spring, the cross-correlogram of the entire study period shows that precipitation propagated during the same day (Figs. 8 and 12). The correlation coefficient for a 0-day time delay is 0.25, for a one-day time delay 0.12 and thereafter it does not exceed 0.1. The situation is similar in the rainy year, except that the correlation coefficient was nearly as high as 0.5 for a zero-day time delay. After one day it was 0.15 and then continued to decline up to the 10th day. The cross-correlogram shows peaks after 14, 22 and 32 days, as a result of a snowcover that partly melted several times. With regard to the dry year, similar to the Mlava Spring, the cross-correlation coefficients indicate a poor correlation between precipitation and karst spring discharge.

CONCLUSION

Different methods are used to assess karst spring discharges. In most cases, they are based on analysis of the precipitation regime and the effect of precipitation on karst spring discharge. In this context, recession analysis is commonly used to assess rain-free periods and cross-correlation analysis to study the effect of precipitation on discharge, on an annual basis (precipitation totals and annual average discharges – calendar or hydrologic years), as well as on a monthly basis.

Cross-correlation analysis is used to assess the effect of daily precipitation totals on spring discharge. The problem with this type of analysis is that recharge zones of karst springs are usually at high elevations, which are difficult to access, unpopulated and therefore not well covered by rain gauge or weather stations. Consequently, data from stations close to the drainage zone (or the spring itself) are used, such that the results of this type of analysis are not good enough. If there is a rain gauge/weather station that reflects the

precipitation regime of the catchment area sufficiently well, primarily that of the recharge zone, cross-correlation analysis can be a very useful tool. It indicates how much time is needed for precipitation to propagate through the catchment area or, in other words, after how much time the discharge hydrograph will rise. The propagation of precipitation and the time needed for the hydrograph to rise depend on the catchment size but in karst also on the degree of karstification. If karstification is pronounced and the spring catchment relatively small, the hydrograph responds to precipitation almost instantaneously – within a few hours (e.g. Banja Spring). On the other hand, if karstification is pronounced but the catchment large, several days are needed for the hydrograph to rise on account of precipitation (e.g. Mlava Spring).

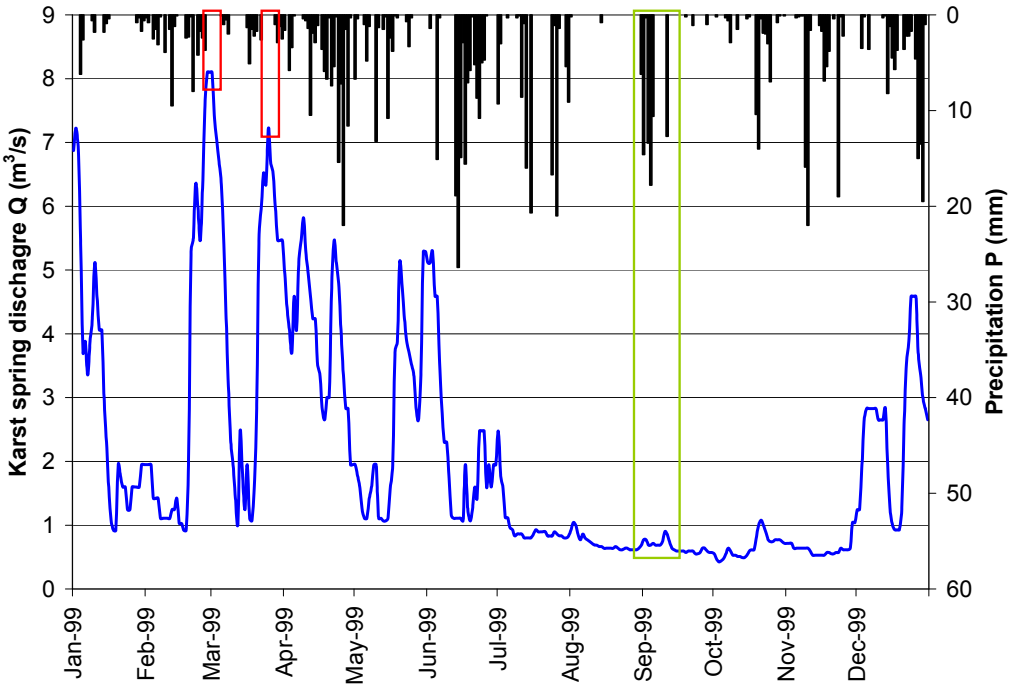


Fig. 11 *Mlava Spring: discharge as a function of precipitation in 1999*

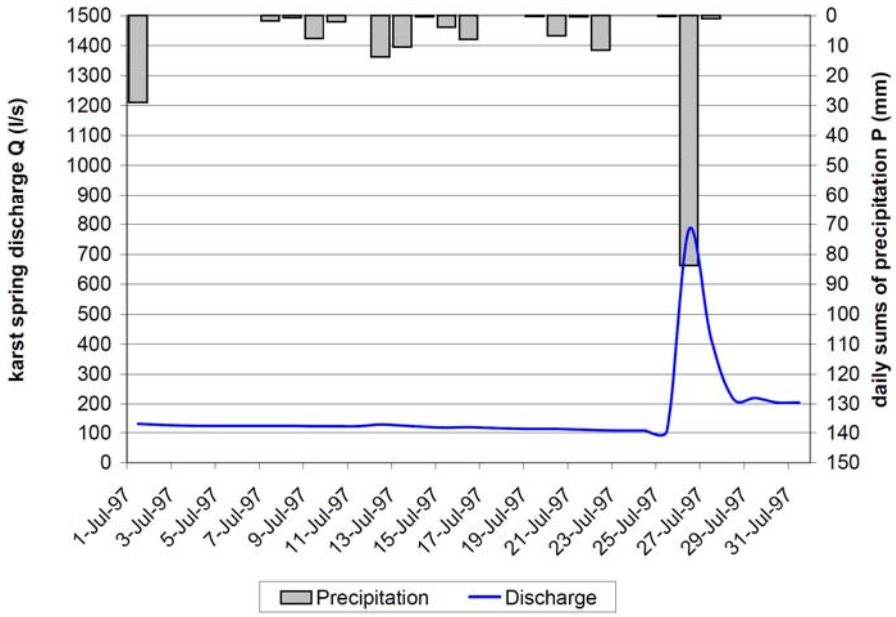


Fig. 12 *Strong correlation between discharge of Banja Spring and precipitation (Ristić Vakanjac et al., 2015)*

REFERENCES

Golubović R., Ristić Vakanjac V., Papić P. 2014: Uticaj padavina na hidrohemijski režim vrela Banje kod Petnice, Zbornik Srpskog geološkog društva (*Ed. Zoran Stevanović*), str. 145-158, Publisher: Srpsko geološko društvo

Kresic N., Stevanovic Z., 2010: Groundwater hydrology of springs: engineering, theory, management and sustainability, Amsterdam, Boston, Butterworth-Heinemann, 573p

Milanović S., 2010: Formiranje fizičkog modela karstne izdani na primeru Beljanice – Istočna Srbija, Doktorska disertacija, Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd

Milanović S., 2012: Speleologija i speleoronjenje u hidrogeologiji karsta, Monografija, Rudarsko-geološki fakultet, Univerziteta u Beogradu, 315 str

Milanović S., Ristić Vakanjac V., Vasić V., Kličković M., Čokorilo Ilić M, 2016: Exploration of the Mlava river source by Cvijic and since,150th Anniversary of Jovan Cvijic's birth, Serbian Academy od Science and Arts, Scientific meetings/ book CLXII, Presidency/book 10/volume I, pp, 181-188, Beograd

Ristić V., 1995: Metodologija analize i prognoze izdašnosti vrela Kučajsko-beljaničkog masiva, Magistarski rad, 289 p, Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd

Ristić Vakanjac V. (2015): Forecasting Long-Term Spring Discharge, In Monography: Karst Aquifers – Characterization and Engineering (*Stevanović Z. ed*), Series: Professional Practice in Earth Science, pp 435-454. Springer International Publishing Switzerland

Ristić Vakanjac V., Papić P., Golubović R., Vakanjac B., Čokorilo Ilić M., Jokić M., 2015.: Karst gorundwater budget and discharge regime of Banja Spring near Petnica, Journal of Geographical Institute "Jovan Cvijic", SANU, Vol. 65/1, pp 19-32

Stevanović Z., Ristić Vakanjac V., Milanović S., 2012: Climate Changes and Impacts on Water Supply, Monografija, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, 475 str.

Vasić Lj., 2011: Izveštaj sa stručnog putovanja u Beč, Fondovski materijal Centra za karst, Departman za hidrogeologiju, Rudarsko-geološki fakultet

https://sr.wikipedia.org/wiki/Петница_(Ваљево)

AUTOCORRELATION ANALYSES OF KARST SPRING DISCHARGE REGIMES

[1]Vesna Ristić Vakanjac, [1]Saša Milanović, [1]Marina Čokorilo Ilić, [2]Kostadin Jovanov and [1]Ljiljana Vasić

[1]University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Department of Hydrogeology, Karst Center, Đušina 7, Belgrade, Serbia, contact Vesna Ristić Vakanjac, email: vesna.ristic@rgf.bg.ac.rs
[2]Geological Survey of Macedonia, kostadin.jovanov@geol.gov.mk

Abstract
Karst aquifers developed in eastern and western Serbian karst are the main sources of municipal and industrial water supply in those parts of the country, but their potential has not yet been sufficiently harnessed. Large groundwater reserves, high quality and relatively sound conditions for pollution prevention make it possible to efficiently meet the drinking water demand in the future. On the other hand, the potential has not been duly explored, nor has funding been set aside to allow for full utilization of this potential. Regime monitoring of even captured springs is often undertaken for the purposes of specific studies, reports, projects, and the like, and it usually lasts for one year. After the research is completed, regime monitoring unfortunately ceases. The objective of the paper is to present the application of autocorrelation analyses in practice to different types of karst spring discharges, and to highlight not only the significance of this kind of analysis, but also the importance of karst spring monitoring that encompasses both quantity and quality parameters.

Key words: regime, karst spring, discharge, autocorrelation, Vapa Spring, Veliko Vrelo, Serbia

INTRODUCTION

To assess the regime of a karst aquifer, it is necessary to first examine its origin, including: the geologic framework, geomorphological and hydrogeological features, climate, and other, less-significant factors. The following parameters are especially important:

- Thickness of the carbonate rock complex (large – small);
- Spread of the carbonate rocks (large – small);
- Tectonic activity, whose intensity can be high and which leads to the formation of well-developed systems of regional and local fault structures, macro and micro fracturing, sloping of strata, etc.;
- The karstification process, which directly affects the development of surface and subsurface morphological features;
- Conditions for aquifer recharge, groundwater flow and aquifer drainage;
- Precipitation and temperature patterns in the area;
- Distribution and nature of vegetation, and many other factors.

All of the above determine the rate of aquifer recharge and affect the formation of privileged pathways of groundwater flow, the aquifer discharge regime and variations in physical and chemical properties of the groundwater. Consequently, these factors drive the quantitative and qualitative parameters of a karst aquifer (or karst spring). Regime parameter fluctuations can be studied and analyzed on different time scales (perennial, annual, seasonal, daily) (Ristic, 1995).

Perennial fluctuations of groundwater levels are a function of periodic changes in climate conditions over a relatively long time. Based on long-term groundwater level monitoring data, there is a cyclical pattern of perennial highs and lows that become apparent after ten or more years.

Annual fluctuations are associated with climate zoning of the planet Earth. In a moderate climate, such as prevails in Serbia and Macedonia, there are generally four distinct periods during the year: two periods of increasing (spring and autumn) and two periods of declining groundwater levels (winter and summer). Annual groundwater level amplitudes also depend on the locations of parts of the aquifer relative to the zones of recharge and drainage, the openness of the hydrogeologic structure, rate of groundwater renewal, and the like. For this reason, karst groundwater level fluctuation amplitudes range from several meters to several tens (or

even hundreds) of meters, and the discharge ratio, Q_{min} : Q_{max}, can be from roughly 1:1 to 1:100, 1:1000 or more. It is impossible to define in some cases, given that after a protracted period of drought certain springs tend to dry out.

Daily groundwater level fluctuations are a result of changes generally caused by high rates of infiltration of meteoric water or sinking of surface streams. Meteorological factors (early and sudden snowmelt and long periods of rain) can cause a sudden increase in groundwater levels or karst spring discharges. Groundwater level fluctuations in the zone of dynamic reserves are very rapid and the amplitudes large. In wet periods, the aquifer can respond strongly to precipitation. P. Milanović (1979) reported that observation wells in the hinterland of the Ombla registered an increase in groundwater levels over 24 hours of up to 42 m. In heavy rainfall conditions, the maximum increase was 89 m, or 3.70 m per hour on average. A good example of rapid propagation of rainfall is a case observed in Slovenia in September 2010. The catchment area of the Iška River received 539 mm of rain from 17 to 19 September 2010, resulting in the highest discharge of this river on record (59.3 m^3/s on 22 September 2010). Before and immediately after this rainfall event the riverbed was nearly dry (Gospar and Brenčič, 2012, Ristić Vakanjac, 2015).

Autocorrelation analysis is a valuable tool in assessments of karst spring discharges or groundwater level changes, regardless of whether they are sudden/choppy or negligible.

THEORETICAL BACKGROUND

Autocorrelation is the effect of a random variable, X, on itself at a time step of 1, 2, 3, ..., n. The most common time step is one day, but it can also be a week, ten days, a month, etc. Autocorrelation in karst hydrogeology is extremely useful. It is most often applied to assess karst spring discharge regimes and is based on the fact that today's (or the present) rate of discharge is conditional upon the value recorded yesterday, two days ago, three days ago, and so on. Autocorrelation analysis is the best way to establish this type of dependency and the correlation strength among time-series. This strength is defined by means of the correlation coefficient, *r*, according to the equation (Krešić and Stevanović, 2010, Ristic Vakanjac, 2015):

$$r_k = \frac{\frac{1}{n-k}\sum_{i=1}^{n-k}\left(x_i - x_{av}\right)\cdot\left(x_{i+k} - x_{av}\right)}{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - x_{av}\right)^2} \quad (1)$$

where n is the total number of recorded data points, x_{av} is the average value of the sample, and x_i is the value of the random variable at time $t = i + k$. The dependency of the correlation coefficients at different time steps as a function of the time steps constitutes an autocorrelogram. At a time step of 0, the correlation coefficient is 1; at time steps of 1, 2, ... the correlation coefficient declines down to 0 and can also be negative (the theoretical maximum negative correlation coefficient is -1). A given time-series is said to be autocorrelated until the time the correlation coefficient becomes less than 0.2 ($r < 0.2$) (Mangin, 1984).

The slope of the autocorrelogram depends, first, on the regime of the analyzed parameter X, then its rate of increase/decline, and the ratio of the absolute maximum to minimum recorded values of this parameter ($X_{abs,max}$: $X_{abs,min}$). The closer the ratio is to unity, the higher the degree of correlation and the milder the slope of the autocorrelation function. Conversely, when the ratio is greater than 100 or more, the autocorrelogram is steep (Ristić Vakanjac, 2015). In such cases, the analyzed time-series is deemed to have no memory and to be independent and non-autocorrelated. On the other hand, when the slope of the autocorrelogram is mild, the time-series is autocorrelated, has a long memory and its random variables are conditional upon each other and in correlation.

Apart from the amount of precipitation, the regime of the quantitative and qualitative parameters is affected by the type of precipitation (snow, rain) and its frequency and intensity. Among meteorological parameters, air temperature is also important because in winter, shifts from negative to positive temperatures cause snow melt. They also affect evapotranspiration throughout the year (Eisenlohr et al. 1977, Ristić Vakanjac, 2015).

Two karst springs were selected to portray the autocorrelation analysis: one is a typical gravity spring called Veliko Vrelo ("Big Spring"), which drains the southern part of Mt. Beljanica karst, and the other is a typical ascending spring – the Vapa Spring (source of the Vapa River), which drains the northwestern part of Donji Pešter. The type of discharge was a primary consideration for the selection of these two springs. However, the selection was facilitated by the fact that both springs were monitored by the Meteorological Service of Serbia (RHMZ) from 1995 to 2000.

HYDROGEOLOGIC CHARACTERISTICS OF THE SELECTED SPRINGS

Veliko Vrelo catchment

The catchment area of Veliko Vrelo (Big Spring) is located within the Mesozoic carbonate rock complex of Mt. Beljanica. Groundwater emerges at the bottom of a long talus between large limestone blocks, on top of a short and shallow valley, filled with large limestone blocks (Fig. 1) below vertical cutoffs of the Radoš Cave. Veliko Vrelo is located at an elevation of 415 m above sea level and is hypsometrically the highest spring on Mt. Beljanica. At maximum discharges, the springs delivers more than 7 m^3 of water per second (Fig. 1A), when the discharge zone moves as high up as 445 m.a.s.l. Conversely, in dry conditions water emerges from the talus and limestone blocks at a rate lower than 60 l/s (Fig. 1B). The water flows south, over calc tufa deposits, and after about 200 m plunges down a calc tufa waterfall that is more than 20 m high. (Milanović S., 2010, Ristic Vakanjac et al., 2013). This karst spring is largely recharged through infiltration of precipitation and to a much lesser extent from surface streams. The precipitation that reaches the central part of Mt. Beljanica, built up of impermeable schists, is partly lost to evapotranspiration and partly to small surface streams (the Rečka and the Busovata), which sink into ponors at the very contact with the limestones (Fig. 2). The highest rates of recharge of this karst aquifer are recorded in spring months, during periods of snowmelt (Ristic Vakanjac et al., 2013).

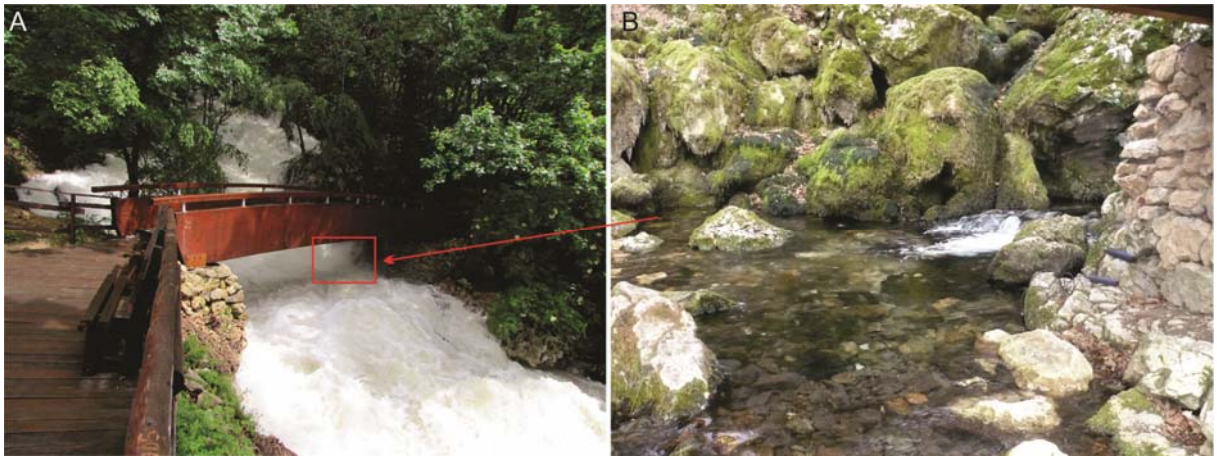


Fig. 1 *High (A) and low (B) discharges of Veliko Vrelo*

As previously mentioned, monitoring of Veliko Vrelo began in 1995 and continued until March 2001, when high flows removed the staff gauge. This six-year period showed that the annual average discharge was 0.584 m^3/s and that the interval was from 0.477 m^3/s (2000) to 0.762 m^3/s (1997). The absolute daily low was only 57 l/s, registered during the period 5 - 7 September 1998, while the high was 5.6 m^3/s (28 July 1997). The ratio was, therefore, $Q_{min} : Q_{max} = 1:82$ in the monitoring period. The actual ratio is certainly higher because a record discharge of 7.09 m^3/s (Fig. 3) was observed on 15 May 2014, which altered the ratio to 1:124 (Milanović, Vasić, 2014). This is indicative of the unstable discharge regime of Veliko Vrelo, due to sudden rising and falling of the hydrograph (Fig. 3).

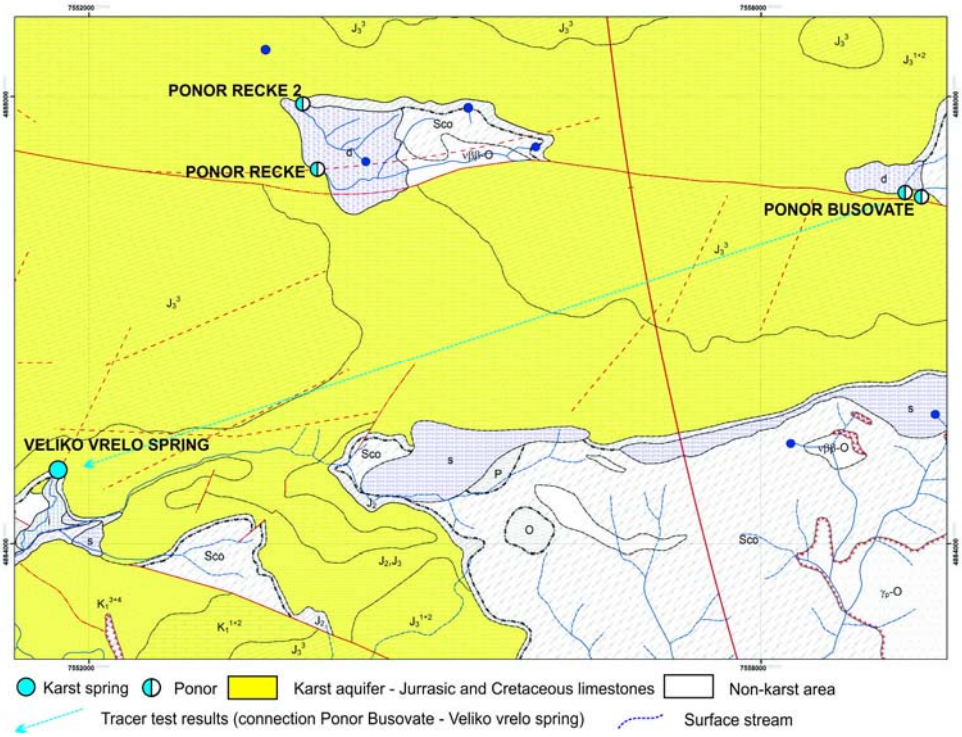


Fig. 2 *Hydrogeological map of the extended area of Veliko Vrelo (Milanović, 2010)*

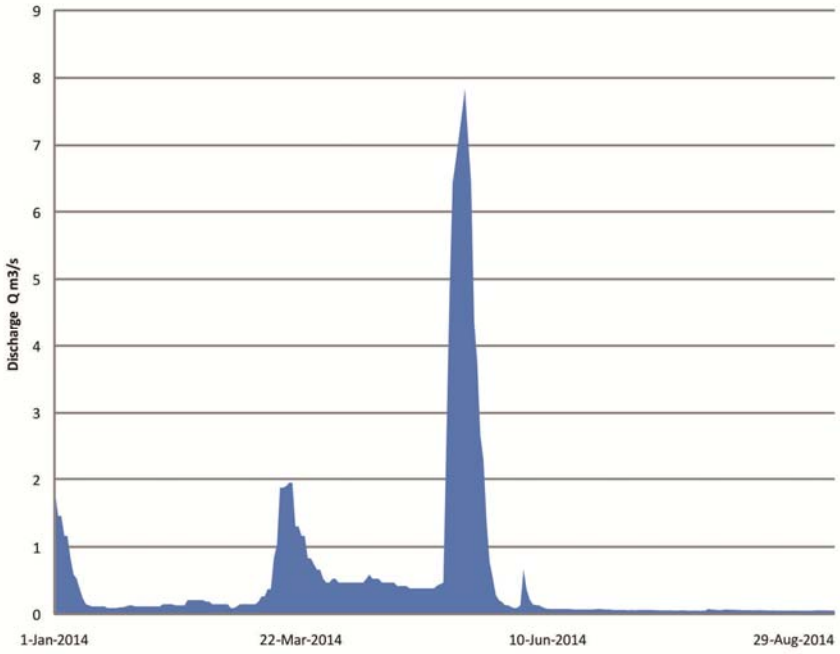


Fig. 3 *Veliko Vrelo hydrograph in 2014, a period of extreme highs (Milanović, Vasić, 2014)*

Vapa Spring catchment

The catchment area of the Vapa Spring (source of the Vapa River) is built up of Paleozoic metamorphic rocks, Lower Cretaceous clastic rocks, Middle and Upper Triassic limestones and dolomites, a Jurassic diabase-chert formation, and Neogene sediments. The karst aquifer is formed in the Triassic karst of Donji Pešter, whose total surface area is 191.5 km^2. The aquifer is generally drained by two powerful karst springs: the Raška Spring on the southeastern fringe and the Vapa Spring in the northwest (Figs. 4 and 5).

The Vapa Spring is of the ascending diffuse type and is situated at an elevation of 1024

m.a.s.l. (Fig. 6). The annual average discharges recorded from 1995 to 2000 are between 0.650 m^3/s (1995) and 1.012 m^3/s (1999). The absolute high was observed from 27 to 30 March and 1 to 3 April 2000, and amounted to 1.335 m^3/s. The absolute low of only 0.236 m^3/s was recorded on 1 January 1995. This value is tentative because it was the first recorded in the monitoring period, so it might have been read out erroneously. However, if the values are assumed to be correct, the Q_{min} : Q_{max} ratio is roughly 1 : 4. The discharge regime of the Vapa Spring generally exhibits three peaks during the year (Fig. 7). The most distinct is the second peak, in March and April, and is a result of spring rains and snow melt. The third peak occurs in August and September and is caused by rainfall. The first peak, at the beginning of the calendar year, is not pronounced or can even be entirely lacking. It is a result of sudden warming and snow melt.

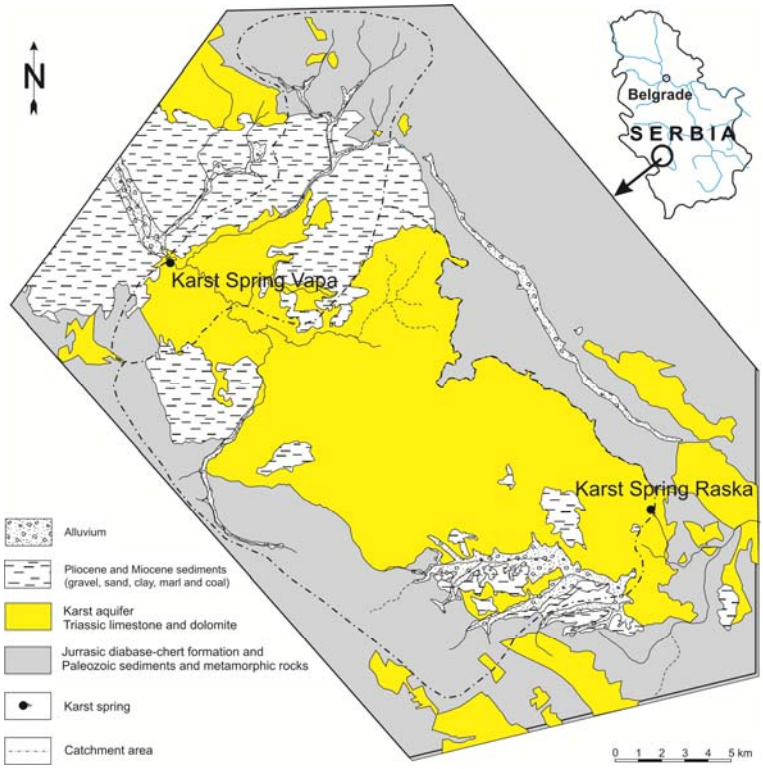


Fig. 4 *Schematic HG representation of Donji Pešter karst (Ristić Vakanjac et al., 2014)*

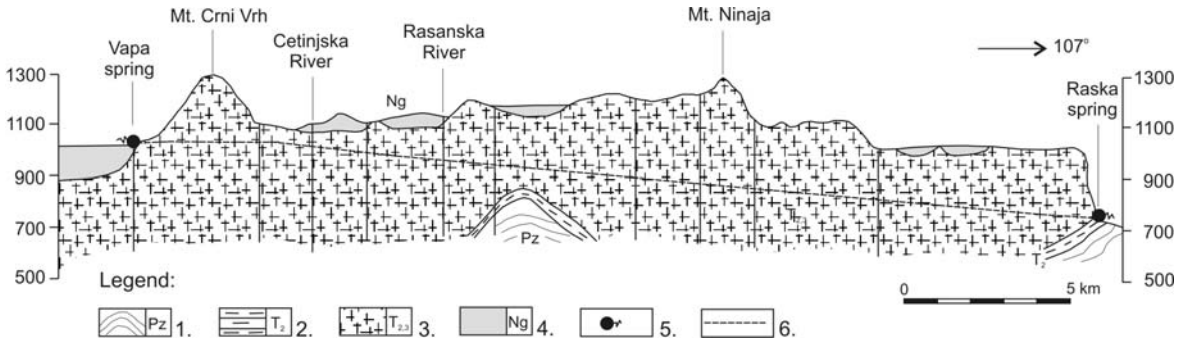


Fig. 5 *Hydrogeological section from the Vapa Spring to the Raška Spring (Krešić, 1984)*
1. Paleozoic schists, 2. Clastic rocks, 3. Limestones and dolomites, 4. Clay, siltstone and sandstone, 5. Karst spring, and 6. Assumed groundwater level

Fig. 6 *Vapa Spring on the right bank of the Brnjička River (photo by V. Ristić Vakanjac)*

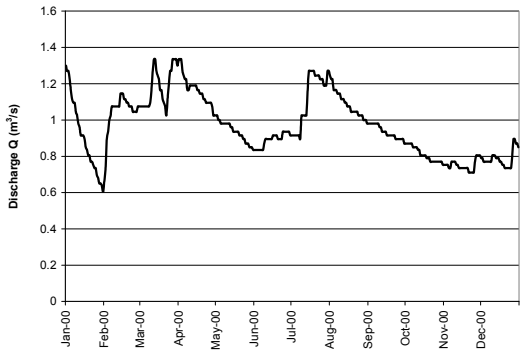


Fig. 7 *Typical hydrograph of the Vapa Spring*

AUTOCORRELATION ANALYSIS OF KARST SPRING DISCHARGE

In autocorrelation analysis of karst spring discharge, first the entire available time-series is assessed and then each year separately. In the present case, the total period is six years. Figures 9 and 10 show discharge autocorrelograms for the entire time-series of Veliko Vrelo and the Vapa Spring, and Figs. 10 and 11 show two autocorrelograms each, derived from annual discharge data analysis. Two extreme situations were selected: a wet year and a dry year.

When the autocorrelograms of the entire period (Figs. 8 and 9) are compared, it is apparent that the autocorrelogram function of Veliko Vrelo is much steeper than that of the Vapa Spring. The Vapa Spring autocorrelogram shows a strong autocorrelation of the discharge time-series or, in other words, exhibits a long memory of 100 days or more. This is certainly due to the relatively uniform discharge regime of that spring. Conversely, the Veliko Vrelo autocorrelogram is much steeper and the memory of the time series is up to 26 days, after which autocorrelation is lost (or the random variables become independent).

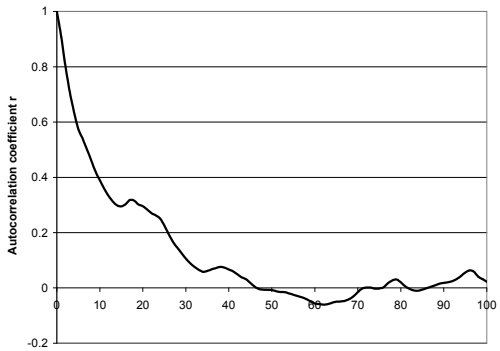


Fig. 8 *Discharge autocorrelogram of Veliko Vrelo (1995-2000)*

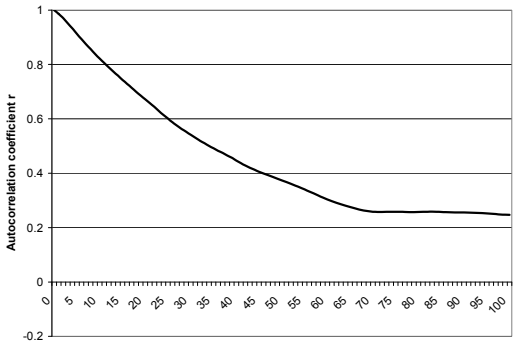


Fig. 9 *Discharge autocorrelogram of the Vapa Spring (1995-2000)*

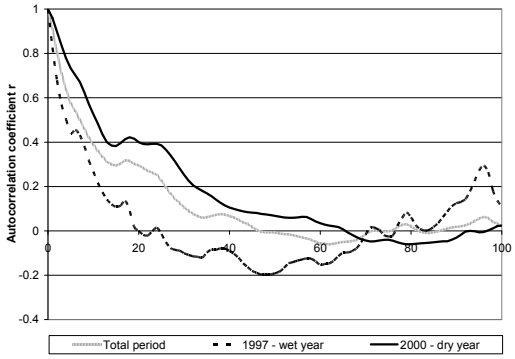


Fig. 10 *Discharge autocorrelograms of Veliko Vrelo for one dry and one wet calendar year (study period 1995-2000)*

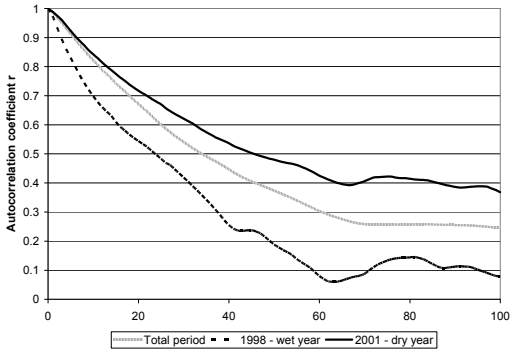


Fig. 11 *Discharge autocorrelograms of the Vapa Spring for one dry and one wet calendar year (study period 1995-2000)*

Similar autocorrelograms were derived from analyses on a calendar year scale. Typical of dry years was that the autocorrelograms exhibited higher values relative to the total time period, the autocorrelation of the time-series was stronger and the memory longer. For example, in the case of the Vapa Spring, the dry year autocorrelation coefficient for a time step of 100 days was slightly lower than 0.4 and for the entire period 0.25 at the same time step. In the case of Veliko Vrelo, the selected time-series of a typical dry year autocorrelated up to the 33rd day. These results are attributable to the fact that the discharge regime during protracted precipitation-free periods remains unchanged or, more precisely, exhibits a mild downward trend and discharge is on account of existing dynamic reserves formed in the karst. Rain episodes during dry years (heavy rainfall or protracted rain) are in part used to replenish dynamic reserves and in part cause the hydrograph to rise, but not to the extent as in wet years.

In this regard, the selected time-series typical of a wet year at both springs show that the memory is much shorter: 49 days for the Vapa Spring and 11 days for Veliko Vrelo. This can be explained by the fact that aquifer recharge on account of precipitation is considerable and relatively continuous during a wet year, causing groundwater to move through fractures and large karst systems. The result is rapid propagation of precipitation, which results in a sudden and rapid, nearly jerky rise of the discharge hydrograph (Krešić and Stevanović, 2010, Ristić Vakanjac, 2015).

The local more or less pronounced autocorrelogram peaks in the case of Veliko Vrelo, which occur around day 20, and at the Vapa Spring at around day 80, need to be clarified. These peaks can be very pronounced in the annual analysis on a calendar year basis. The reason is certainly snow melt when air temperatures rise above zero. Although the year 2003 was not included in the study period, the results of analysis of the Vapa Spring discharge in that year best explain the effect of the temperature regime (snow melt) on discharge and, consequently, on the shape of the autocorrelogram. There was snowfall of 169.3 mm from 6 January to 23 March 2003. The temperatures were sub-zero throughout the period and the snow cover lasted for 77 days (Fig. 12). On 24 March the temperature rose above 0°C and the snow began to melt. This caused the discharge hydrograph to rise until 1 April, when the maximum discharge of 1.225 m^3/s was reached (Fig. 12). The consequence of the long-lasting (nearly three-month) snow cover in the catchment area on the autocorrelogram is clearly visible as a peak around day 85 (Fig. 13).

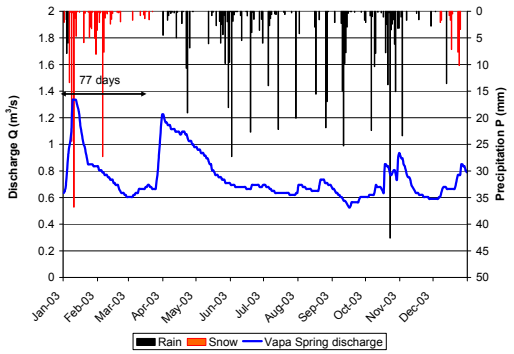


Fig. 12 *Vapa spring hydrograph and precipitation regime in 2003*

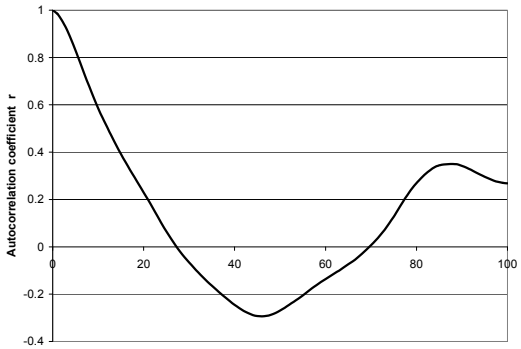


Fig. 13 *Discharge autocorrelogram of the Vapa Spring in 2003*

CONCLUSION

In karst spring discharge regime assessment, it is best to conduct parallel analyses of discharge, precipitation and temperature regimes, if there is a weather station in the considered catchment area. When the area of interest (catchment or its extended area) is not well covered by climate stations, or if there are no such stations in the vicinity, autocorrelation analysis of the karst spring discharge regime can be used. The recommendation is to analyze the entire available time-series, as well as each calendar year separately. The results are commonly presented graphically, in the form of autocorrelograms, which visually indicate up to which day the analyzed time-series has a memory or, in other words, until when there is an inter-dependency of the analyzed random variable, which in the specific case is the rate of discharge.

Autocorrelation analyses of the entire (multiple-year) period of observation are indicative of the spring discharge regime and show whether there is rapid propagation of precipitation (sudden and rapid rise and decline of the discharge hydrograph) or if the discharge regimes of the springs are relatively uniform. Such analysis on a calendar year basis indicates quite well whether a year was dry or wet and also shows the impact of snow melt in spring months caused by the temperature regime.

REFERENCES

Eisenlohr L., Kiraly I., Bouzelboudjen M., Rossier I., 1997: Numerical versus statistical modeling of natural response of a karst hydrogeological system, J. Hydrol, 202, 244-262

Gosar A., M. Brenčič, 2012: Possible relation between the sudden sinking of river Iška and the sequence of weak earthquakes in September–October 2010 near Iška vas (central Slovenia), Acta Carsologica 41(2/3): 265–274

Krešić, N., 1984. Hidrogeologija karstnih terena u slivu Drine uzvodno od Bajine Bašte na teritoriji SR Srbije, Magistarski rad, Beograd

Kresic N., Stevanovic Z., 2010: Groundwater hydrology of springs: engineering, theory, management and sustainability, Amsterdam, Boston, Butterworth-Heinemann, 573p.

Mangin A., 1984: Pour une meilleure connaissance des systemes hydrologiques a partir des analyses correlatioire et spectrale. Journal of Hydrology, v. 67, pp. 25-43

Milanović, P., 1979: Hidrogeologija karsta i metode istraživanja, izd. HE "Trebišnjica", Institut za korišćenje i zaštitu voda na kršu, Trebinje.

Milanović S., 2010: Formiranje fizičkog modela karstne izdani na primeru Beljanice – Istočna Srbija, Doktorska disertacija, Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd

Milanović S., Vasić Lj. 2014: Izveštaj monitoringa Velikog vrela u Spomeniku prirode „Lisine“, Departman za hidrogeologiju, RGF, Beograd

Milanović S., Vasić Lj., Dašić T., 2014., Određivanje garantovanog proticaja na karstnim vrelima sa velikim sezonskim oscilacijama, SGD, XVI Kongres geologa Srbije, pp. 363- 368

Ristić V., 1995: Metodologija analize i prognoze izdašnosti vrela Kučajsko-beljaničkog masiva, Magistarski rad, 289 p, Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd

Ristić Vakanjac V. (2015): Forecasting Long-Term Spring Discharge, In Monograph: Karst Aquifers – Characterization and Engineering (*Stevanović Z. ed*), Series: Professional Practice in Earth Science, pp 435-454. Springer International Publishing Switzerland,

Ristić Vakanjac V., Stevanović Z., Polomčić D., Blagojević B., Čokorilo M., Bajić D. (2013): Određivanje dinamičke zapremine i bilans karstnih izdanskih voda Velikog vrela (Južna Beljanica), Časopis Vodoprivreda (Ed. Branislav Đorđević), br. 261-263, str. 97-110, Publisher: Srpsko Društvo za navodnjavanje i odvodnjavanje

Ristić Vakanjac V., Stevanović Z., Čokorilo Ilić M. (2014): Underground piracy of Raska spring (southwestern Serbia) and concept for the delineation of catchment area and estmation of karst groundwater budget elements, Proceedings of international conference and field seminar “Karst without Boundaries” (*Ed. Neno Kukurić, Zoran Stevanović, Neven Krešić)*, Trebinje, Bosnia and Herzegovina, pp 207-212

ИЗРАБОТКА НА АЖУРИРАНА ХИДРОГЕОЛОШКА КАРТА НА МАКЕДОНИЈА 1 : 300 000

[1]Златко Илијовски

[1]Градежен Институт "Македонија" А.Д. Скопје,
ул. Дрезденска бр.52, Скопје, Р.Македонија; geozlatko@gim.mk

Абстракт
Во овој труд е прикажана изработка на хидрогеолошка карта на Р. Македонија во размер 1:300000. За изработка на оваа карта користени се голем број на расположиви податоци од извршени хидрогеолошки истражувања во изминативе 25 години на територијата на Р. Македонија. Врз основа на таа документација изработена е ажурирана хидрогеолошка карта на Р. Македонија и истата е одпечатена во размер 1:300000. На изработената карта вообичаено е прикажана хидрогеолошка реонизација на теренот по типови на издани со нивните основни хидрогеолошки карактеристики. Прикажани се најзначајните водни појави и водни објекти. Презентиран е изворот на податоци односно расположива документација која е користена за изработка на картата, прикажани се резерви на подземни води, користење на подземните води и квалитетот на подземните води.

Клучни зборови: хидрогеолошка карта, издан, степен на истраженост, резерви на подземни води, квалитет на подземни води.

ВОВЕД

Хидрогеолошките истражувања за изработка на основни хидрогеолошки карти представуваат неминовна потреба за секоја држава. За жал кај нас во последниве триесетина години такви истражувања се вршени само во поедини периоди, на поедини региони и тоа на начин кој не е најсоодветен за изработка на квалитетни Основни хидрогеолошки карти. На ваквата состојба има влијание периодот на транзиција од 1990 година кој сеуште трае, како и непостоењето на државна институција која ќе се занимава со реализација на ваквите исражувања. Пред три години формиран е Геолошкиот завод на Р. Македонија чија основна надлежност е реализација на основни геолошки и хидрогеолошки истражувања, но истиот сеуште нема започнатао со реализација на таквите истражувања. Последната хидрогеолошка карта на Македонија во размер 1:200000 е изработена и одпечатена во 1977 година. Врз основа на голем број на расположиви податоци од извршени хидрогеолошки истражувања во изминативе 25 години на територијата на Р. Македонија изработена е ажурирана хидрогеолошка карта на Р. Македонија и истата е одпечатена во размер 1:300000. Картата е изработена комплетно во дигитална форма, на современ начин практикуван за изработка на ваков тип на документација. Автор на картата е Д-р Златко Илијовски, а рецензенти се проф Д-р Милорад Јовановски и проф Д-р Благоја Марковски.

ИЗВОР НА ПОДАТОЦИ И ИСТРАЖЕНОСТ НА ТЕРИТОРИЈАТА НА Р. МАКЕДОНИЈА

Изработката на хидрогеолошката карта главно се базира на доброто познавање на хидрогеолошките карактеристики на просторот кој е предмет на анализа. Колку што е поголема достапноста до хидрогеолошки параметри, односно колку што е повисок степенот на хидрогеолошка истраженост и степенот на веродостојност на податоците, толку условите и можностите да биде изработена квалитетна анализа и квалитетна хидрогеолошка карта се поголеми. Во никој случај не треба да се исклучи и искуството и умешноста на истражувачот.

Во минатото е реализиран доста голем обем на хидрогеолошки истражни работи за

најразлични намени. Реализираните хидрогеолошки истражувања генерално може да се групираат во неколку категории:

- Истражувања организирани и реализирани од страна на државата како основни хидрогеолошки истражувања (Геолошки завод, Минисерство за економија);
- Истражувања организирани и реализирани од страна на различни државни институции, јавни претпријатија, агенции, како детални хидрогеолошки истражувања;
- Истражувања организирани и реализирани од страна на најразлични приватни компании за нивни наменски потреби.

Истражувања со поголема деталност постојат за оние региони каде што се вршени детални истражувања за конкретни цели: водоснабдување, изградба на поголеми градежни и хидротехнички објекти, отварање на рудници, изработка на ОХГК (Основна Хидрогеолошка Карта 1:100000) и друго. Како сумарен ХГ документ на ниво на држава постои изработена Хидрогеолошка карта 1:200000, 1977 год., без соодветен толкувач, со несомнена потреба од нејзино ажурирање, преработка и доработка согласно современите трендови за изработка на ваков вид на документација.

Организирано и планирано истражувања на наоѓалиштата на подземни води се врши во рамките на истражувањата за изработка на ОХГК на Р. Македонија 1:100.000. Овие истражувања се од регионален карактер и истите се вршат според упатство за изработка на хидрогеолошки карти и по претходно изработен проект. Доколку овие истражувања се реализираат согласно постоечкото упатство во рамките на нив се решава најголем дел од хидрогеолошката проблематика. Се обезбедуваат податоци за хидрогеолошките карактеристики на теренот, биланс и резерви на подземните води, детален катастар на извори и бунари, искористување на подземните води, водоснабдителни системи, протоци на површински водотеци, податоци за квалитетот на водите, заштита на подземните и површинските води од загадување, решенија за зафаќање на подземните води за разни потреби и друго.

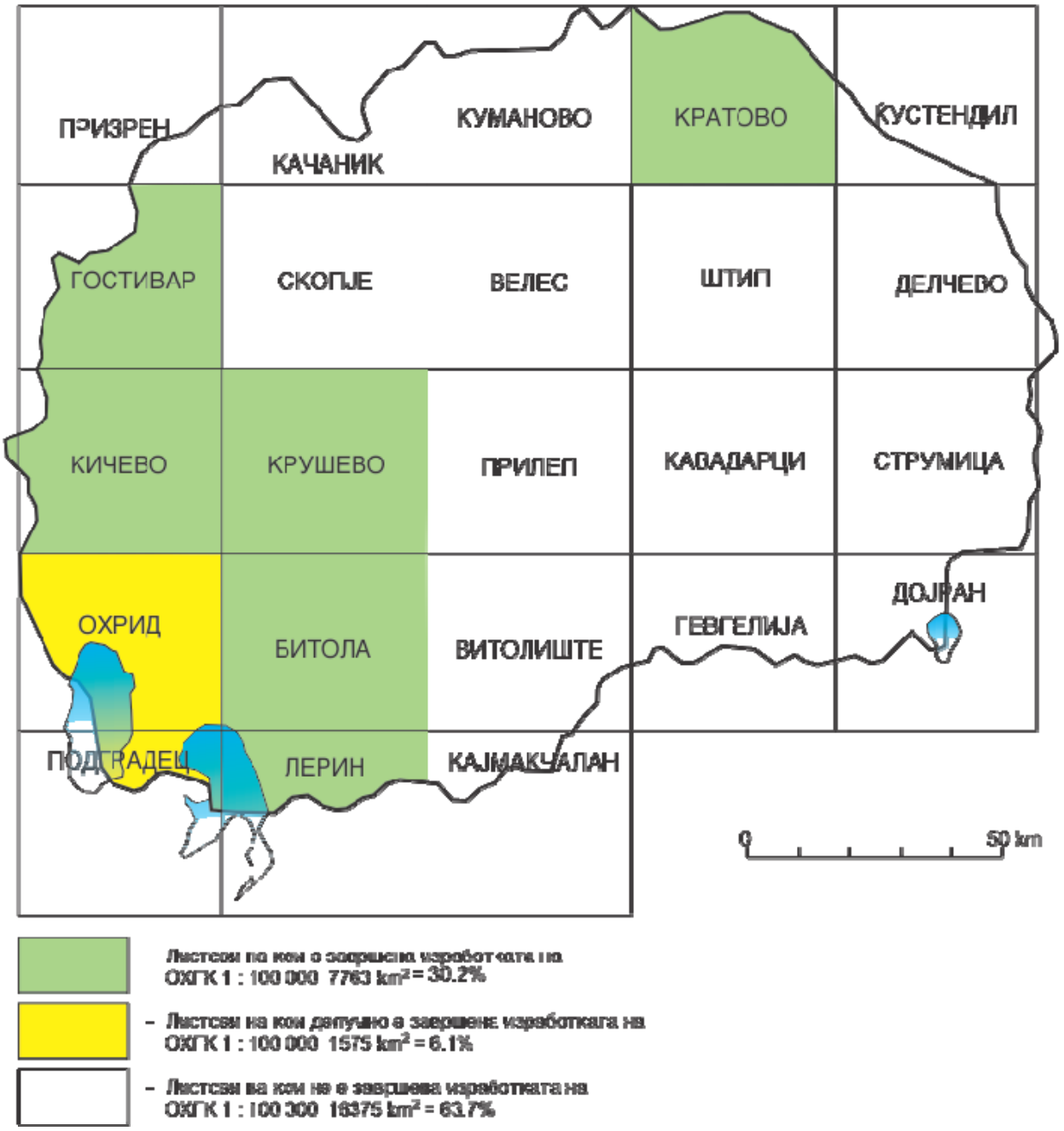
Вакви истражувања целосно се завршени на површина од 7763 km^2, што претставува покриеност од 30% од територијата на РМ. Од друга страна, на површина од 1575 km^2 (лист Охрид – Подградец) истражувањата се само делумно завршени. Ваквите истражувања се реализираат со многу спора динамика – истите се започнати во 1985 год., а требаше да се завршат до 2010 год. и се чувствува негативно влијание на факторот на неконтинуитет во изработката.

Генерално може да се заклучи дека територијата на Р. Македонија е доста детално истражена и постојат податоци за хидрогеолошката градба и карактеристики на теренот за потребите на ажурирана хидрогеолошка карта. Меѓутоа, исто така треба да се заклучи дека резултатите од истражувањата не се систематски и организирано собирани, чувани и ажурирани. Истраженоста не е рамномерна, населените места и нивната околина се подетално истражени во однос на другиот терен, карстните терени за разлика од терените со неврзани литолошки формации се помалку истражени. Нема континуитет во истражувањата и ажурирањето на податоците. Сèуште не постои база на хидрогеолошки податоци на ниво на држава како катастар на извори, катастар на бунари, катастар за резерви на подземни води, квалитет на подземни води и сл. Исто така се чувствува потребата за превземање и спроведување на мерки за организирано утврдување на квалитетот на подземните води и нивна заштита од загадување на ниво на држава.

Табела 1. *Преглед на извор на податоци и нивно користење во изработката на ажурираната хидрогеолошка карта на Р. Македонија*

Извор на податоци	Број на изворни документи – податоци	Опис на податоците
Карти, толкувачи и пратечка документација од изработени ОХГК 1:100000: лист Крушево, Кичево, Гостивар, Битола – Лерин, Кратово	7763 km^2, 30% од територијата на РМ	Литологија, ХГ реонизација, Q_{bun}, Q_{izv}, K_f, T, НПВ, инфилтрација, порозност, K_f на подземно истекување, ХГ профили на теренот, врнежи, резерви на ПВ, квалитет на ПВ, користење на ПВ
Елаборати и извештаи од изведени детални хидрогеолошки истражни работи за различни намени	150	Литологија, ХГ реонизација, Q_{bun}, Q_{izv}, K_f, T, НПВ, ХГ карти и профили на теренот, резерви на ПВ, квалитет на ПВ, понекогаш инфилтрација и порозност
Извештаи од изведени бунари	250	Литологија, Q_{bun}, K_f, T, НПВ, ХГ профили на теренот, резерви на ПВ, квалитет на ПВ
Елаборати и извештаи од изведени геомеханички истражни работи	500	Литологија, K_f, НПВ, ХГ профили на теренот
Податоци од изведени бунари за наводнување и други потреби за кои нема извештаи (податоци од изведувачите и корисниците на бунарите)	350	Литологија, Q_{bun}, НПВ, ХГ профили на теренот
Дигитален топографски модел на Р. Македонија	1	Топографија на теренот
Карта на врнежи на Р. Македонија	1	Средни годишни врнежи
Катастар на загадувачи на Р. Македонија	1	Локација, тип и количина на загадувадувачки материјали
Карти на искористеност на земјиштето	1	Простори со интензивно користење на земјиштето за индустрија и земјоделие
Демографски карти	1	Распространетост на области со население и густина на население

Q_{bun} – издашност на бунари,
Q_{izv} – издашност на извори,
K_f – коефициент на филтрација,
T – трансмисивност,
НПВ – ниво на подземна вода,
ХГ – хидрогеолошки,
ПВ – подземни води



Слика 1. Карта на истраженост на Р. Македонија (изработени ОХГК 1:100000).

РАСПРОСТРАНЕТОСТ НА НАОЃАЛИШТАТА НА ПОДЗЕМНИТЕ ВОДИ НА ТЕРИТОРИЈА НА Р. МАКЕДОНИЈА

Подземните води на територијата на Р. Македонија генерално се распространети во наоѓалишта – издани формирани во две врсти на литолошки формации. Неврзани кварталрни и неогени литолошки формации со интергрануларна порозност, т.н. збиен тип на издани и издани формирани во карбонатни карпести маси со карстно пукнатинска порозност, т.н. карстно пукнатински тип на издани. Издани формирани во карпести маси само со пукнатинска порозност се од мало распространување и мало значење. Формираните издани во неврзани литолошки формации (квартарни и неогени), збиен тип на издани е класифициран во четири хидрогеолошки категории – класи: класа 11, 12, 13 и 14. На хидрогеолошката карта се гледа распространувањето на овие типови на издани, а во легендата се прикажани основните хидрогеолошки карактеристики за секоја класа. На просторот од целата држава ваквиот тип на издани е распространет на површина од околу 5000 km^2, што претставува 19.5% од територијата на државата.

Табела 2. *Критериум за класификација на хидрогеолошките класи на пропустливи карпи со интергрануларна порозност*

Опис на пропустливост	Класа на пропусливост	Коефициент на трансмисибилност T [m^2/day]	Специфична издашност q [l/s/m]	Издашност на бунари Q_V [l/s]
Ниска	11, 21	15 – 50	0.1 – 0.3	0.5 – 2
Средна	12, 22	50 – 300	0.3 – 2.0	2 – 10
Висока	13	300 – 1500	2.0 – 10.0	10 – 50
Екстремно висока	14	> 1500	> 10.0	> 50

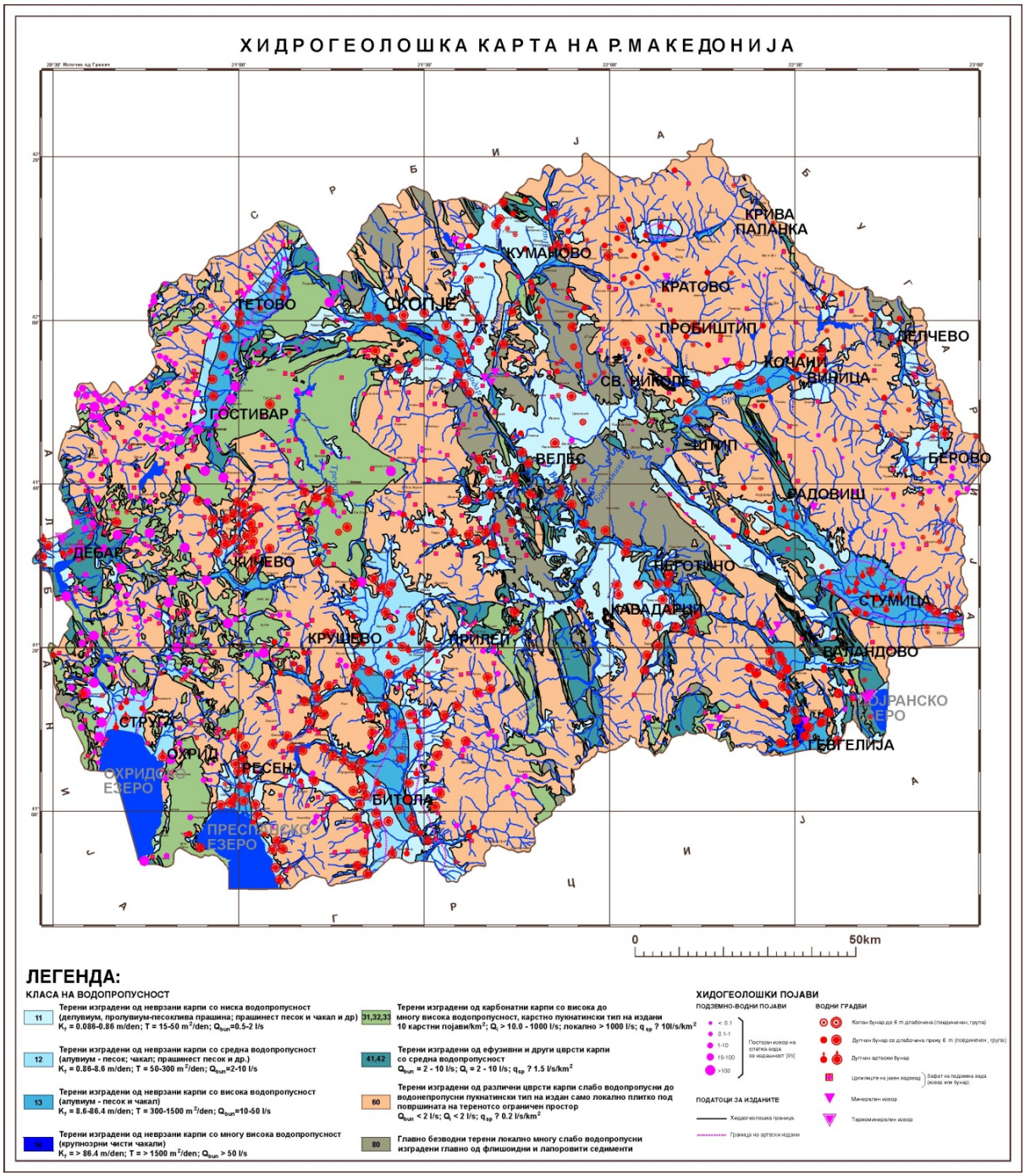
класи 11, 12, 13, 14 – квартарни седименти, класи 21, 22 – претквартарни седименти.

Од аспект на застапеност на резерви на подземни води кои можат да бидат интересни за организирана комерцијално исплатлива експлоатација се средините сврстени во класа 12, 13 и 14. Најинтересни се изданите формирани во алувијалните седименти на поголемите реки Вардар, Црна Река и Брегалница, распространети во Полошката, Скопската, Гевгелиско-Валандовската, Пелагониската, Кочанската и Струмичката неогена депресија и истите се сврстени главно во класа 13, а по издашноста на бунарите изведени во некои делови од алувијалните седименти на реката Вардар припаѓаат и во повисоката класа 14. (Некои делови од Скопската и Гевгелиска котлина)

Издашноста на бунарите изведени во хидрогеолошките средини на класа 12 изнесува до 15 l/s, а за класа 13 главно е 20 – 40 l/s, но во алувијалните седименти на р. Вардар во некои делови од Скопската котлина и најјужните делови на Р. Македонија (во Валандовско-Гевгелискиот регион), издашноста на бунарите се движи и до 100 l/s. Значајно за изданите формирани во алувијалните седименти е тоа што тие се во директна хидрауличка врска со површинскиот водотек и врз основа на таквиот начин на прихранување резервите на подземни води се доста значајни.

Формираните издани во карбонатни карпести маси со карстно пукнатинска порозност, т.н. карстно пукнатински тип на издани се сврстени главно во класа 32 и 33, класа на висока до многу висока водопропусност. Овие средини се карактеризираат со карстно пукнатински тип на издан со издашност на извори најчесто од 10 – 100 l/s, но кај класата 33 честа е појавата на карстни извори, т.н.

карстни врела со издашност повеќе од 100 l/s, па и повеќе од 1000 l/s. Регистрирани се околу 40 извори со издашност поголема од 100 l/s. Вкупната површина на ваквиот тип на издани на територијата на Р. Македонија изнесува околу 2620 km^2, што претставува 10.2% од територијата на државата, од кои околу 2520 km^2 се во Западна Македонија, а само 100 km^2 се на територијата на Источна Македонија. Вкупната просечна издашност на извори од овој тип на издани е околу 25 m^3/s. Карактеристично за овој тип на издани е нерамномерен распоред во просторот, најголем масив е по течението на Р Треска (Поречие) на потегот од Македонски Брод до Скопје, а скоро целосно да отсуствуваат во источниот дел на државата. Овие издани се карактеризираат со модул на подземно истекување најчесто во границите q = 6 – 12 l/s/km^2, инфилтрацијата на врнежите во овие карбонатни комплекси најчесто е во границите W%П = 20 – 40%, Ефективната порозност кај овие карпести маси е 3 – 5%. Класата на слабо до средно водопропусни терени изградени од различни врсти карпи 41, 42 е со мало распространување. Застапени се на вкупна површина од околу 900 km^2, односно околу 3.5%. Издашноста на изворите во рамките на ова класа најчесто е во границите 2 – 10 l/s. Овие издани се карактеризираат со модул на подземно истекување најчесто во границите q =0.5 – 1.5 l/s/km^2, а вкупната издашност на сите извори во оваа средина се проценува на околу 1.0 – 1.3 m^3/s. Најголемо распространување има класата 60 – слабо водопропусни до водонепропусни карпи изградени од различни врсти на интрузивни и метаморфни карпи кои се карактеризираат со развиена пукнатинска порозност само плитко под површината на теренот, локално со ограничени размери. Ваквата класа зафаќа површина од околу 16000 km^2, односно околу 62% од целокупната површина на државата. Се карактеризира со издашност на извори најчесто до 2 l/s, додека вкупната издашност на сите извори во оваа средина се проценува на околу 2.5 – 3.0 m^3/s. Овие издани се карактеризираат со модул на подземно истекување најчесто во границите q = 0.1–0.3l/s/km^2. Инфилтрацијата на врнежите во ваквите комплекси најчесто е во границите W% П = 0.8 – 1.2%. Ефективната порозност кај овие карпести маси е < 0.5%. Класата на многу слабо водопропусни главно безводни терени – класа 80 е распространета на површина од околу 1200 km^2, односно околу 4.6%. Изворите се ретки, со слаба издашност или потполно отсуствуваат. Според податоци од катастар на извори од седумдесетите години на целокупната територија на Р. Македонија регистрирани се 4400 извори со вкупна издашност од 992×10^6 m^3/year, односно 31.49 m^3/s. Овие податоци се презентирани и во вториот национален еколошки план НЕАП од 2006 год. како и во просторниот план на Република Македонија ППРМ од 2004 год. По однос на бројот на извори податокот е доста потценет, а по однос на вкупната издашност на извори е нешто натценет, но доста блиску до реално проценетиот од околу 30 m^3/s. Нови ажурирани доста детални и точни податоци за хидрогеолошките карактеристики на теренот на просторот на Р. Македонија се обезбедуваат со изработката на Основните хидрогеолошки карти ОХГК на Р. Македонија 1:100000, кои се завршени само за 30% од површината на државата.



Слика 2. Хидрогеолошка карта на Р. Македонија (карта на водни тела).

РЕЗЕРВИ НА ПОДЗЕМНИ ВОДИ НА ТЕРИТОРИЈАТА НА Р. МАКЕДОНИЈА

Како што е претходно споменато, во сите сфери на предметната проблематика от-суствува организирано, систематско и континуирано истражување, следење и ажурирање на податоците. Што се однесува до резервите на подземните води гледано на ниво на држава, истите се некомплетни и со недоволно ниво на веродостојност. Од тие причини ќе бидат презентирани само експлоатационите резерви како најзначајни од аспект на планирање и развој во оваа сфера.

Степенот на деталност (точност) на резервите на ПВ базираат на поранешни истражувања и за најголем дел од водостопански подрачја може да се каже дека се со задоволително ниво на веродостојност, некаде се дури и потценети. Дадени се како проценети во табела 3, како и на картата на водостопански подрачја.

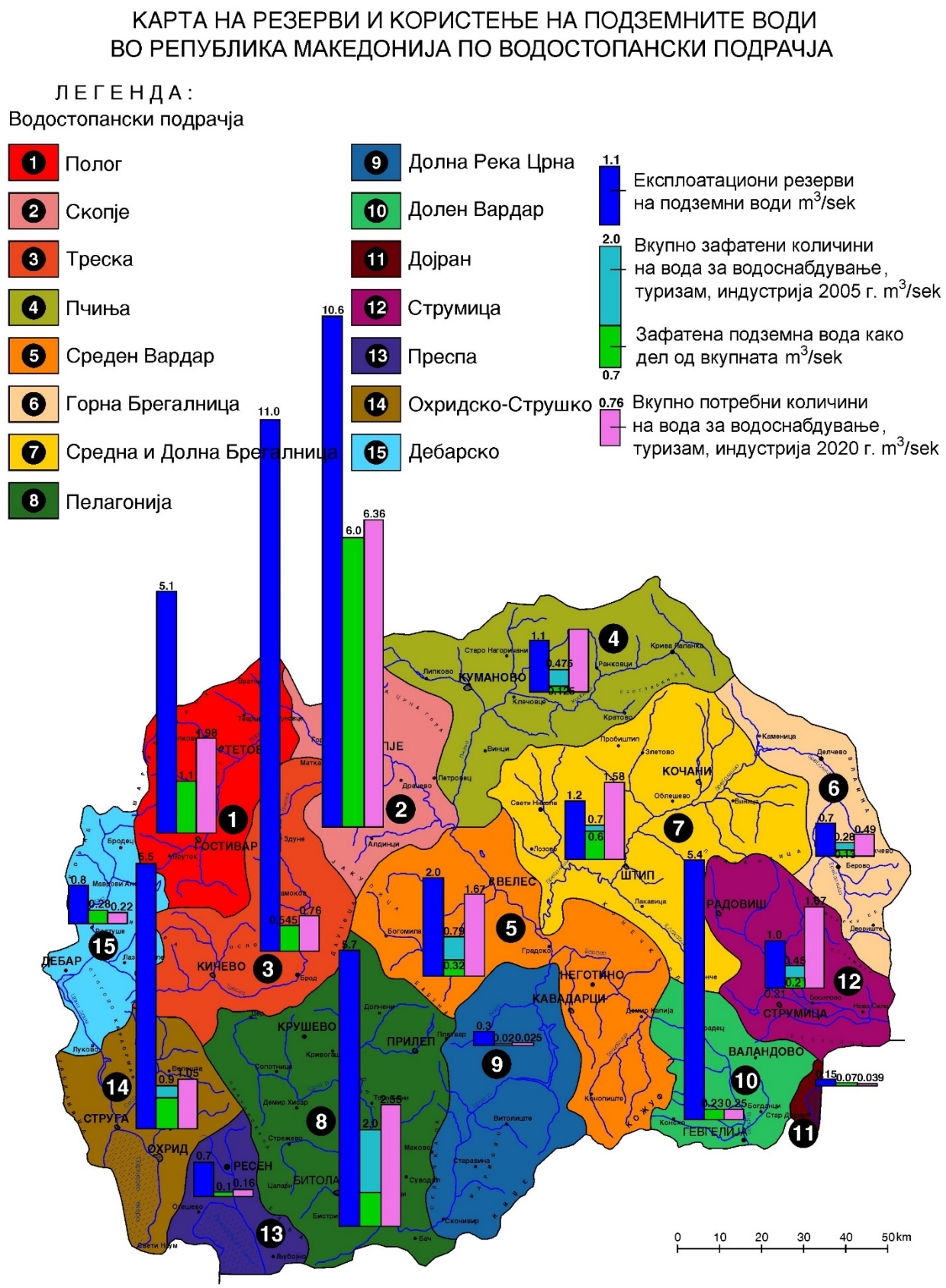
Вкупната количина на проценети експлоатациони резерви од 50.15 m^3/s, односно од 1579.72×10^6 m^3 годишно, одговара на количина на вода од околу 9% од вкупните врнежи на територијата на Р. Македонија, како и 25% од вкупно расположивите годишни количини на површински води. Вкупната расположива годишна количина на површински води во нашата земја се проценува на 6372×10^6 m^3, односно 202 m^3/s (податок од НЕАП-2 и ППРМ). Од прикажаните експлоатациони резерви, 23.9 m^3/s претставуваат резерви кои се обезбедуваат од изворски води. Оваа количина на вода претставува 75% од вкупната издашност на сите извори во Р. Македонија која се проценува на околу 30 m^3/s, но не е земено во предвид зафаќање на дел од статичките резерви кои може да се експлоатираат. Со зафаќање на подземните води преку изведба на бунари дефинирана е количина на експлоатациони резерви од 26.25 m^3/s. Тоа е количина на вода која одговара на приближно 13% од вкупната расположива количина на површински води. Со изведба на бунари во алувијалните седименти на поголемите реки може да се каптира и поголем дел од површинскиот водотек (> 13%) со што би се зголемиле експлоатационите резерви. Резервите на подземни води се нерамномерно распоредени по просторот на Р. Македонија. Меѓутоа, напоменуваме дека дел од проценетите експлоатациони резерви не се билансни, односно нивната експлоатација не е секогаш економски исплатлива со оглед на местоположбата и потребните вложувања во однос на крајниот ефект.

Табела 3. *Резерви на подземни води по водостопански подрачја*

Водостоп. подрачје	Тип на издан	Наоѓалиште на подземна вода	Проценети резерви на подземна вода	
			Статички $\times 10^6$ [m^3]	Експлоатац. [m^3/s]
Полог	Збиен	Полог	2200	2.5
	Карстен	Делови од Сува Гора, Бистра, Буковиќ		2.0
	Пукнатински и карстно-пукнат.	Шар Планина		0.5
Скопје	Збиен	Скопска котлина	800	7.0
	Карстен	Жеден		3.2
		Краста		0.3
	Пукнатински	Скопска Црна Гора		0.1
Треска	Збиен	Алувион на р.Треска	10	1.0
	Карстно-пукнат.	Делови од Бистра, Баба Сач, Поречие		9.0
Пчиња	Збиен	Алувион на р. Пчиња и Крива Река, Алувион на р. Вардар, Кумановско поле, Славишко поле	50	0.7
	Карстно-пукнат.			0.3
Среден Вардар	Збиен	Алувион на р. Вардар, Велешка котлина, Кавадаречко-Неготинска котлина	10	1.5
	Карстно-пукнат.			0.5
Горна Брегалница	Збиен	Алувион на р. Брегалница, Беровско-Пехчевско-Делчевска котлина	10	0.5
	Карстно-пукнат.			0.2
Средна и Долна Брегалница	Збиен	Алувион на р. Брегалница, Алувион на Злетовска река, Алувион на р. Лакавица, Овче Поле, Кочанско-Виничка котлина	300	1.0
	Карстно-пукнат.			0.2
Пелагонија и Долна Река Црна	Збиен	Алувион на Црна Река, Алувион на р. Шемница, Пелагонија (квартар)	3000	5.0
		Прилепско поле (плиоцен)	250	
		Битолско поле (плиоцен)	1000	
	Карстно-пукнат.			1.2
Долен Вардар	Збиен	Алувион на р. Вардар, Гевгелиска котлина (квартар), Валандовска котлина (квартар), Валандовско-Гевгелиска котлина (плиоцен)	500	5.0
	Карстно-пукнат.	Кожув, Плауш		0.4
Дојран	Збиен	Асанлиско поле		0.05
	Карстно-пукнат.	Дерибаш,Топлец		0.1
Струмица	Збиен	Радовишко поле, Струмичко поле	1650	0.8
	Карстно-пукнат.			0.2
Преспа	Збиен	Преспанска котлина	$>$ 100	0.5
	Карстно-пукнат.			0.2
Охридско-Струшко	Збиен	Охридско-Струшка котлина (квартар), Охридско-Струшка котлина (плиоцен)	233	0.5
	Карстно-пукнат.	Галичица, Јабланица, Илинска планина		5.0
Дебарско	Збиен	Дебарска котлина (квартар – плиоцен)		0.2
	Карстно-пукнат.			0.5
			Се вкупно:	**50.15**

КОРИСТЕЊЕ НА ПОДЗЕМНИТЕ ВОДИ

Прашањето за користење на подземни или површински води за водоснабдување е отсекогаш присутна дилема во стручната јавност. Како извори на површински води во нашата земја се вештачките акумулации на реките или директни зафати на речни води. Подземните води се зафаќаат од сите типиви на издани (збиен, карстен и пукнатински). Предностите на водоснабдување со површински води се гледа пред сè во обезбеденоста на капацитетите, додека подземните води се одликуваат со далеку подобар квалитет како последица на отсуство на физичко-хемиските и биохемиски процеси на кои се непосредно изложени површинските води, потоа поповолни услови за заштита и можноста за аутопурификација (самопречистување). Генерално земено, истражувачкиот процес за зафаќање на подземните води е скап и понеизвесен во поглед на крајниот ефект, но експлоатацијата е далеку поевтина, додека за потребите на изградба на една „осредна“ површинска акумулација и задолжителна пратечка фабрика за пречистување, потребно е да се издвојат далеку поголеми средства. На користење на површинските или подземните води и креирањето на одредена водостопанска политика се приаѓа на различни начини во светот, зависно од расположивите резерви, економската моќ и низа други фактори. Со квалитетно нов третман на подземните води, кој ќе ја уважи реалната состојба, резултатите од претходните наменски ХГ истражувања и нови детални ХГ истражувања, може долгорочно да се реши проблемот со недостаток на вода за водоснабдување со што подземните води ќе останат главен вододен ресурс на системот на водоснабдување. За потребите на водоснабдување на населението со вода, како и дел од индустриските објекти изградени се јавни водоснабдителни системи. Такви системи се изградени во сите градски населби како индивидуални или регионални, а во голем дел и селски населби. Со системите за водоснабдување управуваат јавни претпријатија, но има и исклучоци, каде управувањето е во рамките на месните заедници. Процентот на приклученост на јавните водоводи во градските општини се движи од 82 – 100%. Вкупниот број на приклучено население на овие системи во урбаните подрачја изнесува 1.2 милиони жители. Што се однесува до руралните подрачја, процентот на приклученост на јавни водоводи е мошне различен (10% – 100%), при што средниот процент е околу 70% (НЕАП-2). За презентираните податоци во горната табела не постои сигурен извор систематизиран и обработен на ниво на држава, со задоволително ниво на веродостојност. Истите се обезбедувани од техничка документација и низ директни контакти со претпријатијата кои стопанисуваат со водоснабдителните системи, некаде и проценка. Најголем број од претпријатијата кои стопанисуваат со водоснабдителните системи немаат точни податоци за вкупно произведената (експлоатирана) месечна/годишна количина на вода, загуби итн. Вкупната количина на произведена, односно експлоатирана количина на вода изнесува 13920 l/s, односно 439×10^6 m^3/year, од која зафатена количина на подземни води е 11060 l/s односно $348{,}39\times10^6$ m^3/year, што предстаува 79,3% од вкупната количина. Според податоците од НЕАП-2 и ППРМ потрошената количина на вода за индустријата во 1999 година изнесува 168×10^6 m^3/year, односно 5.34 m^3/s и 133×10^6 m^3/year, односно 4.22 m^3/s во 2002 година. Според ова, останатата потрошувачка од околу 264×10^6 m^3/year, односно 8.38 m^3/s отпаѓа на потрошувачка на населението за водоснабдување, што претставува количина на вода од околу 350 литри по жител на ден.



Слика 3. Карта на резерви и користење на подземни води во Р. Македонија по водостопански подрачја

КВАЛИТЕТ НА ПОДЗЕМНИТЕ ВОДИ НА ТЕРИТОРИЈАТА НА Р. МАКЕДОНИЈА

Во Република Македонија во моментов сèуште нема докрај изградено и имплементирано стратегија во однос на рационално користење и заштита на подземните води. во рамките на одржувањето на ресурсите и управување со животната средина. Во управувањето често недостасуваат соодветни истражувања и до сега немало национална стратегија за одржливо управување со подземните води. Иако за денешните услови за живеење огромни напори се направени во сите сфери за одржување и создавање на здрава животна средина, сепак, во поглед на заштитата на подземните води Р. Македонија сèуште заостанува зад развиените земји. Организирано и законски регулирано следење на квалитетот на подземните води постои само за водоснабдителните системи. Исто така, квалитетот на подземните води се следи и од страна на други корисници на подземни води кои истите ги користат во процесот на производство на храна или истите претставуваат прехранбен производ. Покрај ова, квалитетот на подземните води се следи и преку низа хидрогеолошки истражни работи за различни врсти на проекти и за различни потреби. Врз основа на резултатите од направените физичко-хемиски, радиолошки, бактериолошки и други типови на анализи (паразитолошки, пестициди) на подземните води, може да се заклучи дека генерално квалитетот на подземните води во Р. Македонија е на релативно високо ниво. Сепак, тоа не треба да доведе до создавање на инертна состојба во однос на прашањето за заштита на подземните води.

Скоро сите изворски води или во најмала мера преку 95% се со квалитет на вода која одговара на стандардите за употреба на вода за пиење. Овде во најголема мера припаѓаат аквифери формирани во цврсти карпи, главно карстно пукнатински тип во карбонатни карпи, а потоа и пукнатински тип на аквифери формирани во други цврсти карпи.

Што се однесува до подземните води формирани во збиен тип на аквифери, генерално се оценува дека квалитетот на подземните води е добар со некои исклучоци во Скопската котлина, Пелагониската котлина, Струмичката котлина, алувионот на р. Брегалница, каде кај подземните води се забележува зголемена содржина на Fe и Mn, но истото е резултат на природните хидрогеолошки прилики. Зголемената појава на нитрати, нитрити и амонијак кај поедини подземни води во рамничарските терени е резултат на користење на земјиштето за земјоделски цели, односно употребата на вештачки ѓубрива и пестициди. На поедини локалитети поврзани со дефинираните шеснаесет најголеми загадувачи или други загадувачи, како резултат на нивното влијание, дојдено е до промена на квалитетот на подземните води. Пример влијанието на комбинатот Југохром, топилница Велес, ОХИС Скопје, рудниците со хидројаловишта и др. Кај некои од овие се превземени мерки за заштита на подземните води од понатамошно загадување.

ЗАКЛУЧОК

Врз основа на анализа на голем број на расположиви податоци од реализирани хидрогеолошки истражувања во последниве 25 години, како и врз основа на претходно изработена хидрогеолошка документација изработена е ажурирана хидрогеолошка карта на Р. Македонија во размер 1: 300000. Размерот е одраз на картата која пак базира на степенот на истраженост. Вака изработената карта треба да представува основа и поттик за идните истражувачи како и на надлежните државни институции за еден сеопфатен и систематски приод кој ќе резултира со завршување на проектот изработка на ОХГК 1:100000 и изработка на нова ХГ карта 1:2000000.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Д-р Златко Илијовски "Методологија на изработка на карти на ранливост на подземните води", Градежен факултет Скопје, 2013

DETERMINATION OF SUBSURFACE THERMAL PROPERTIES FOR HEAT PUMP UTILIZATION IN CROATIA

Staša Borović, Kosta Urumović & Josip Terzić

Croatian Geological Survey
sborovic@hgi-cgs.hr;kurumovic@ hgi-cgs.hr; jterzic@hgi-cgs.hr

Abstract
Project GeoMapping was conducted in order to commence the process of mapping shallow geothermal potential in different regions of Croatia. Heat pumps coupled to closed-loop borehole heat exchangers (BHE) have been widely utilized and investigated theoretically and experimentally in the past few decades. Theoretical models are based on the assumption of a homogeneous and isotropic medium, which does not correspond to real subsurface conditions. Long-term performance of BHEs depends on the balance between heat extraction during the heating period and heat injection into the surrounding ground during the cooling period. This balance depends on climate of the region and ground thermal properties, which is why it is necessary to investigate the potential corresponding to local conditions.
Subsurface conditions vary between the Pannonian part in the NE and the Dinaridic part in the SW of Croatia. Eight pilot sites have been chosen for exploratory core drilling, four in each of the regions. As a part of this project different approaches for determination of ground thermal properties were applied: direct measurement of rock/sediment thermal properties at laboratory scale and conventional and distributed thermal response tests (TRT and DTRT) in natural scale. Thermal properties of the most frequent subsurface materials in Croatia have been determined, and it was found that properties in the Dinaridic part are more favourable for BHE installation, but also harder to predict.

Key words: ground thermal conductivity, direct measurement of thermal conductivity, distributed thermal response test, heat pumps, Croatia

INTRODUCTION

Heat demand is the largest singular energy consumer in the EU, surpassing both electricity and transportation. In Croatia most of the heating load is covered by fossil fuel incineration, considering both private households and thermal power plants. This kind of heat supply is inefficient, as well as harmful to the environment because of the high CO_2 and other air pollutants emission.
Heat pumps with high performance indicators could successfully replace these out-of-date and environmentally harmful systems. However, due to relatively low technology penetration, a high investment cost, an underdeveloped market and the lack of public awareness, their implementation remains at low levels (Banks, 2008). One of the reasons is that dimensioning and efficiency in the operation stage of systems depend on thermal properties of the subsurface surrounding borehole heat exchanger (BHE) installation. Since it is too costly to conduct thermal response tests for systems smaller than 30 kW, analogies to the existing data are used in the design phase. Project GeoMapping was conducted from June 2013 until June 2015 in order to commence the process of mapping shallow geothermal potential in different regions of Croatia. Knowledge gained by the project will be used to promote the application of ground source heat pump technology as a renewable energy source.

GEOLOGICAL SETTINGS

Croatia is situated at the junction of major European tectonic provinces: Alps, Dinarides and the Pannonian Basin System (PBS) (Figure 1). It is divided distinctively into two parts: Pannonian part in the north-east and the Dinaridic part in the south-west (Figure 2).

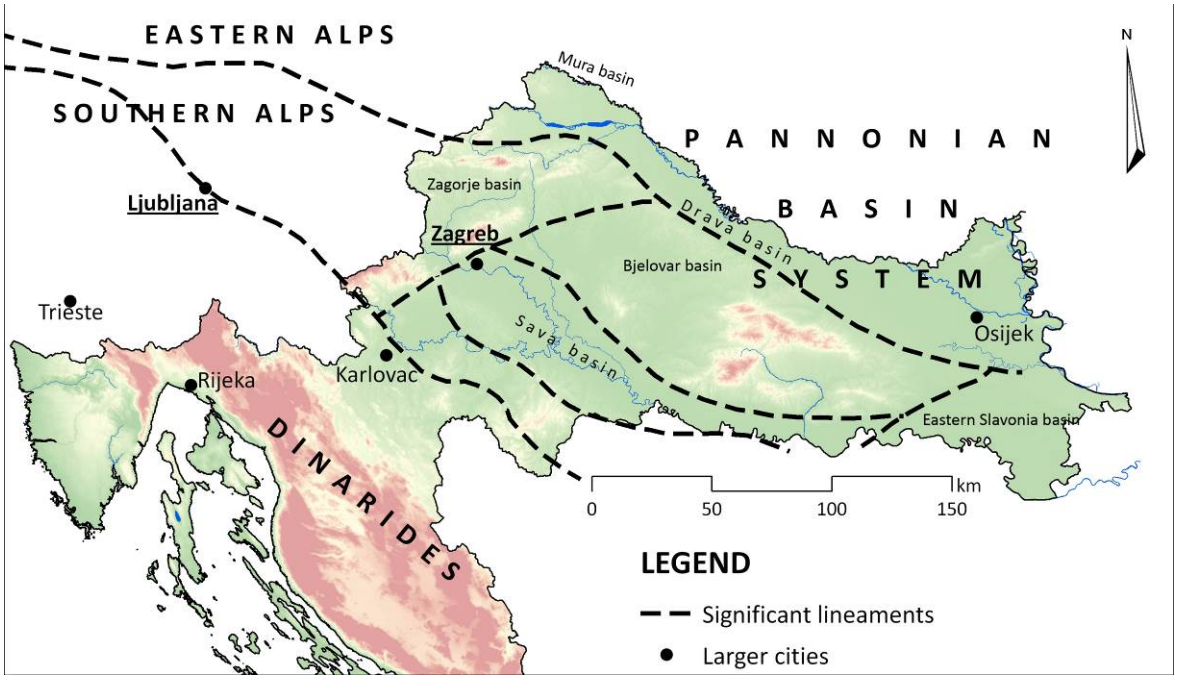


Fig. 1 *Position of Croatia in relation to major European tectonic units (adopted from Borović et al., 2016; tectonic units according to Tari and Pamić 1998; Lučić et al. 2001; Velić et al. 2012)*

Thermal parameters relevant for ground-coupled heat pump utilization vary between the Pannonian and Dinaridic part of Croatia. The Pannonian part is characterized by kilometres thick clastic sedimentary sequences of Paratethys Sea and Lake Pannon (Velić et al., 2012; Mandic et al., 2015) and (sub)modern fluvial sedimentation (Hećimović, 2009), while in the Dinaridic part mostly thick platform carbonate sequences are present (Korbar, 2009). In accordance with diverse genesis and lithology of the regions, different thermal parameters of the ground were expected. Eight pilot sites have been chosen for exploratory drilling, four in each region (Figure 2). Depth of the boreholes is 100 m because it is a standard depth in BHE utilization, and core drilling was performed at all borehole sites (Figures 3 and 4)

METHODOLOGY

Thermal properties of the subsurface can be determined by different methods and in the scope of this project three approaches were applied. Direct measurement of sediment thermal properties was conducted by the Croatian Geological Survey, while the Distributed Thermal Response Test (DTRT) and the conventional Thermal Response Test (TRT) were performed by the Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture at the University of Zagreb (FMENA).

Direct measurement of sediment thermal properties was conducted on site and in the laboratory. Measurements were conducted by ISOMET 2114 – Thermal Properties Analyser instrument (manufactured by Applied Precision, 2013) which uses a transient line source measurement technique. The instrument is equipped with a needle probe for unconsolidated sediments and a surface probe for hard rock samples which must be prepared before the measurement. Intervals of the core for thermal properties measurements were chosen based on borehole core lithology determination and the properties of characteristic sediments were measured five times per sample. Since there was a frequent repetition of highly similar lithological members, the properties were only measured for a few samples of the same lithology, and the arithmetic mean was taken as a representative for the rest.

The distributed thermal response test (DTRT) was carried out in three stages. First, the undisturbed ground temperature was measured for 72 hours without water circulation. The second phase of

measurement consisted of constant heat flux injection by circulation of heated water. The duration of this stage was 48 hours. Finally, the third stage lasted for 48 hours with no water circulation or heating, and in this stage the borehole thermal recovery was observed.
Temperature measurement along the borehole heat exchanger was carried out by fibre optic cables coupled with AP Sensing Linear Pro Series DTS instrument. Thermal response test (TRT) was performed using GEOgert 2.0 unit.
Temperature measurements were carried out with integration time of 300 seconds and measurement interval of two meters. The obtained thermal properties were calculated according to the characteristic ground layers with their respective thickness, also according to borehole core lithology determination.
Thermal conductivity of individual layers was calculated based on Infinite line source mathematical model (ILS). Assumptions and considerations regarding ILS model can be found in Ingersoll and Plass (1948).
Additional details about direct thermal conductivity measurements and distributed thermal response test methodology can be found in Soldo et al. (2016).

RESULTS AND DISCUSSION

Results of thermal conductivities obtained by DTRT-s and direct measurements are presented as an average for each of the boreholes and compared in Table 1.

Results of TRT will not be presented separately in this paper, since DTRT represents an advanced method in comparison to the regular TRT.

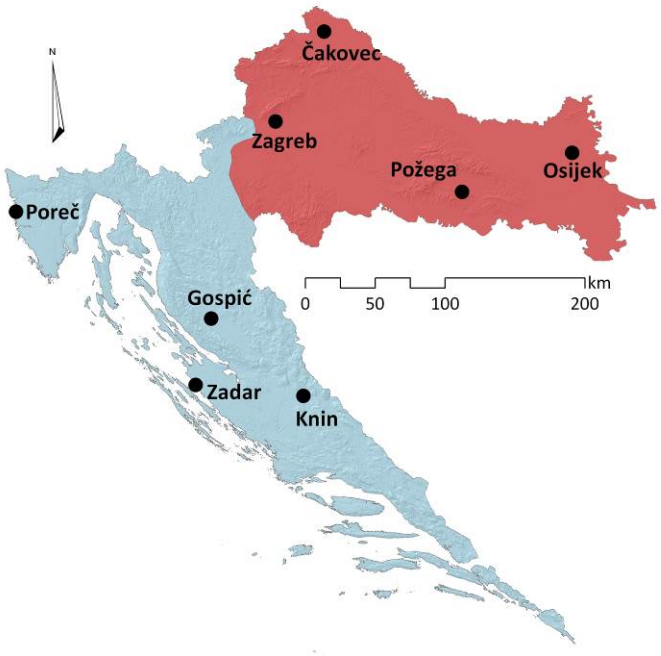


Fig. 2 *Drilling locations (Pannonian part in red; Dinaridic part in blue)*

Fig. 3 *Typical appearance of borehole core in the Pannonian part of Croatia (Čakovec)*

Fig. 4 *Typical appearance of borehole core in the Dinaridic part of Croatia (Zadar)*

The observation of Table 1 immediately shows that, in general, higher thermal conductivities are present in boreholes in the Dinaridic part of Croatia, in comparison to the Pannonian part. This can be easily explained by lithological properties of the two regions.

Sediments in general have lower density than rocks. A lot of space is occupied by voids, which are filled by water or air. Since both water and air have significantly lower thermal conductivities than the mineral grains (0.6 and 0.02 W/(m K), respectively), rocks, which have almost negligible intergranular porosity, will show higher thermal conductivity, i.e. more favourable thermal parameters, in comparison to unconsolidated sediments found in the Pannonian part.

Table 1. *Results of thermal conductivity measurments in W/(mK)*

	Measurement technique		Discrepancy (%)
	LAB	DTRT	LAB-DTRT
Čakovec	1,71	2,10	-18,57
Osijek	1,81	1,98	-8,59
Požega	1,30	1,65	-21,21
Zagreb	1,51	1,69	-10,65
Gospić	2,92	2,73	6,96
Knin	2,58	2,08	24,04
Poreč	2,19	2,05	6,83
Zadar	2,86	3,21	-10,90

Also, layer thermal conductivities show more significant variability in the Dinaridic part. The variability of layer thermal conductivities in the Dinaridic part is caused by karst anisotropy and heterogeneity (e.g. Figure 4), which also causes more significant discrepancies between measurements in laboratory (LAB) scale and borehole scale (DTRT) presented in the far right column of Table 1.

The assumptions about thermal conductivity of the subsurface in the Pannonian part of Croatia based on the measurements on laboratory size samples constantly underestimate the natural scale thermal conductivity. This phenomenon is attributed to the presence of aquifers with significant flow velocities at studied depths. Water contributes to heat flow by heat advection, which cannot be observed by measurements on laboratory size samples. In the Dinaridic part the opposite situation is present: the assumptions on thermal conductivity of the subsurface based on the measurements on laboratory size samples constantly overestimate the natural scale conductivity of the subsurface. Calculations of borehole thermal resistance have shown very high resistance in three boreholes in the Dinaridic part, meaning that the borehole grouting has flaws, which cause heat transfer decrease and, consequently, lower-than-real calculated thermal conductivities.

Aside from determining thermal properties of the subsurface at geologically specific locations in two distinct parts of Croatia, it

was also of project interest to obtain the average values of thermal parameters of encountered sediment and rock types. This is important because in the situations when exact data about ground thermal parameters is missing (because of high costs of performing TRT), pre-feasibility studies for implementation of ground coupled heat pump systems are often based on assumed parameters regarding local geology. That is mostly the case for small geothermal heat pump systems (<30 kW). In Croatia it became customary to use the German VDI 4640 recommendations for ground thermal properties determination. It is clear that sediment and rock mineral composition, which predominantly determines ground thermal properties, varies geographically and it would be unwise to extrapolate from one location to another, let alone from thousands of kilometres apart. That is why one of the goals of the project was to get the insight into the values of relevant parameters on a national scale. Average values obtained from direct measurements on different sediment and rock types in Croatia are given in Table 2.

Table 2. *Average thermal conductivities of sediments and rocks in W/(mK)*

SEDIMENTS	Čakovec	Osijek	Požega	Zagreb	AVERAGE
gravel	2,21	2,30		2,50	2,34
sand	1,81	1,62	1,50	1,40	1,58
silt	1,50	1,61	1,52	1,35	1,50
clay	1,40		1,28	1,10	1,26
ROCKS	Gospić	Knin	Poreč	Zadar	AVERAGE
foraminiferal limestone				2,73	2,73
Cretaceous limestone			2,18	3,28	2,73
Jelar breccia	2,90				2,90
gypsum/anhydrite		3,01			3,01

It is visible that among the sediments, thermal conductivity decreases with grain size, and going from gravel to clay it almost halves. Different types of limestones (foraminiferal, Cretaceous and Jelar breccia) generally have similar thermal conductivity due to equivalent mineralogical composition. The deposits of gypsum/anhydrite were not determined separately, but different intervals of higher and lower thermal conductivity were observed and interpreted as alteration of the two dominant minerals in the rock, since thermal conductivity of anhydrite (~5.0 W/(m K)) is three times higher than that of gypsum (~1.3 W/(m K)) because of the presence of water (having low thermal conductivity) in the crystalline lattice. The exact values for those minerals are generally hard to measure precisely, because they are highly dependent on temperature (Clauser and Huenges, 1995).

CONCLUSIONS

As part of the research into utilization of shallow geothermal energy in Croatia, eight exploratory boreholes were drilled and the subsurface was subject to thermal properties determination by direct measurement on laboratory size samples and advanced thermal response testing using fibre optic cables.

Ground thermal conductivities have been measured and presented in this paper. It can be concluded that the subsurface thermal parameters are more favourable in the Dinaridic than in the Pannonian part of Croatia. Parameter variability is also more pronounced in the Dinaridic part due to well-known karst inhomogeneity and anisotropy.

The results of sophisticated distributed thermal response testing clearly show that in the Pannonian part measurements of thermal conductivity on laboratory size samples

systematically underestimate the overall subsurface thermal conductivity, while in the Dinaridic part the situation is reverse. In the case of Pannonian part, the cause is the presence of high permeability aquifers at shallow depths, which enable heat transfer by advection, thereby increasing the total heat flow in the subsurface and, consequentially, calculated thermal conductivities of the subsurface layers. In the Dinaridic part, the laboratory-size samples cannot grasp the phenomena present in the karstified underground (large caverns filled with clay, *terra rossa*, rock fragments and fluids), which have significantly lower thermal conductivity than collected solid rock samples on which direct measurements were conducted.

The results of GeoMapping project represent an initial step in mapping shallow geothermal (thermogeological) properties of the subsurface in Croatia. These results are better suited to be used in the design of small geothermal heat pump systems in Croatia than the currently used German standard values. In this way the project results will contribute to a more effective renewable energy technology implementation.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was conducted in the scope of the EU funded IPA project titled "Research and the Promotion of Use of Shallow Geothermal Potential in Croatia" (Grant no. IPA2007/HR/16IPO/001-040506).

REFERENCES

Banks, D., 2008. An Introduction to Thermogeology: Ground Source Heating and Cooling. Blackwell Publishing, Oxford.

Borović, S., Marković, T., Larva, O., Brkić, Ž. and Mraz, V., 2016. Mineral and thermal waters in the Croatian part of the Pannonian Basin: In Papić, P. (ed.) Mineral and Thermal Waters of Southeastern Europe, Springer, Cham, 31-45.

Clauser, C. and Huenges, E., 1995. Thermal Conductivity of Rocks and Minerals: In Ahrens, T. J. (ed.) Roch Physics and Phase Relations – A Handbook of Physical Constants, American Geophysical Union, Washington DC, 105-126.

Hećimović, I., 2009. Quaternary: In Velić, I. and Vlahović, I. (eds.) Explanation for the Basic geological map of the Republic of Croatia 1:300.000, Droatian Geological Survey, Zagreb, 95-101. (in Croatian)

Ingersoll, L.R. and Plass, H.J., 1948. Theory of the Ground Pipe Heat Source for the Heat Pump, Heating, Piping & Air Conditioning 20(7), 119-122

Korbar, T., 2009. Orogenic evolution of the External Dinarides in the NE Adriatic region: a model constrained by tectonostratigraphy of Upper Cretaceous to Paleogene carbonates, Earth-Science Reviews 96/4, 296-312.

Lučić, D., Saftić, B. and Krizmanić, K., 2001. The Neogene evolution and hydrocarbon potential of the Pannonian Basin in Croatia. Marine and Petroleum Geology 18, 133-147.

Mandic, O., Kurečić, T., Neubauer, T. A. and Harzhauser, M., 2015. Stratigraphic and paleogeographic significance of lacustrine molluscs from the Pliocene Viviparus beds in central Croatia, Geologia Croatica 68/3, 179-207.

Soldo, V., Borović, S., Lepoša, L. and Boban, L., 2016. Comparison of different methods for ground thermal properties determination in a clastic sedimentary environment, Geothermics 61, 1-11.

Tari, V. and Pamić, J, 1998. Geodynamic evolution of the northern Dinarides and the southern part of the Pannonian basin. Tectonophysics 297, 269-281.

Velić, J., Malvić, T. and Cvetković, M., 2012. Reservoir geology, hydrocarbon reserves and production in the Croatian part of the Pannonian Basin System, Geologia Croatica 65/1, 91-101.

Verein deutscher ingenieure (VDI) 4640, 2001. Thermal use of the underground, Ground source heat pump systems. Dusseldorf.

ДЕТАЛНИ ХИДРОГЕОЛОШКИ ИСТРАЖНИ РАБОТИ НА ПОДЗЕМНА ВОДА И ИЗВЕДБА НА БУНАРСКИ СИСТЕМ ЗА ПОТРЕБИ НА СИСТЕМОТ ЗА КЛИМАТИЗАЦИЈА НА ОБЈЕКТОТ „НОВА БОЛНИЦА ФИЛИП ВТОРИ“ – СКОПЈЕ

Стојан Михаиловски, Златко Илијовски

Градежен институт „Македонија“- Скопје, stojan.mihailovski@gim.com.mk

Абстракт
Со цел обезбедување на долготрајна експлоатација и повраток на подземна вода, за потребите на системот за климатизација на објектот „Нова Болница Филип Втори“ - Скопје, на локација во непосредна близина на Воено медицинскиот центар во Скопје, во рамки на општина Карпош, град Скопје, извршени се детални хидрогеолошки истражувања. Во рамки на кои изведена е 1 (една) хидрогеолошка истражна дупнатина ХИД -1, со јадровање и 1 (еден) истражно експлоатационен бунар ИЕБ-1. Врз основа на добиените резултати од изведените хидрогеолошки истажни работи, проектирани се и подоцна изведени вкупно 5 (пет) експлоатациони бунари, со длабочина од 12m и 3 (три) рачно копани бунари за повраток на подземна вода, со длабочина од 5m. Со изведба на експлоатационите бунари обезбедена е потребната количина на подземна вода, за нормално функционирање на системот за климатизација, од 75-80l/s. Подземната вода од експлоатационите бунари по поминувањето низ системот за климатизација повторно се враќа во хидрогеолошкиот колектор, преку бунарите за повраток и на тој начин нема смалување на вкупната количина на вода во водоносникот.

Клучни зборови: „Нова Болница Филип Втори“, климатизација, хидрогеолошки колектор, збиен тип на водоносник, експлоатациони бунари.

ВОВЕД

Просторот на кој е изградена “Нова Болница Филип Втори” и бунарскиот систем за климатизација на објектот припаѓа на општина Карпош, град Скопје, односно се наоѓа во централниот дел помеѓу Булевар 8-ми Септември и улица Бледски Договор, во непосредна близина на Воено медицинскиот центар – Скопје, на површина од 8 400 m^2, *Слика 1.*

Со цел обезбедување на долготрајна експлоатација и повраток на подземна вода, за потребите на системот за климатизација на објектот „Нова Болница Филип Втори“ - Скопје, на предметната локација извршени се детални хидрогеолошки истражувања. Во рамки на кои изведена е 1 (една) хидрогеолошка истражна дупнатина ХИД - 1, со јадровање, потоа 1 (еден) истражно експлоатационен бунар ИЕБ-1, како и 1 (еден) бунар за повраток на вода ПБП-1. Врз основа на добиените резултати од изведените хидрогеолошки истажни работи, особено пробното тестирање на истражно експлоатациониот бунар ИЕБ-1 проектирани се и подоцна изведени вкупно 5 (пет) експлоатациони бунари, со длабочина од 12m и 3 (три) рачно копани бунари за повраток на подземна вода, со длабочина од 5m. Со изведба на експлоатационите бунари обезбедена е потребната количина на подземна вода, за нормално функционирање на системот за климатизација, од 75-80l/s. Подземната вода од експлоатационите бунари по поминувањето низ системот за климатизација повторно се враќа во хидрогеолошкиот колектор, преку бунарите за повраток и на тој начин нема смалување на вкупната количина на вода во водоносникот.

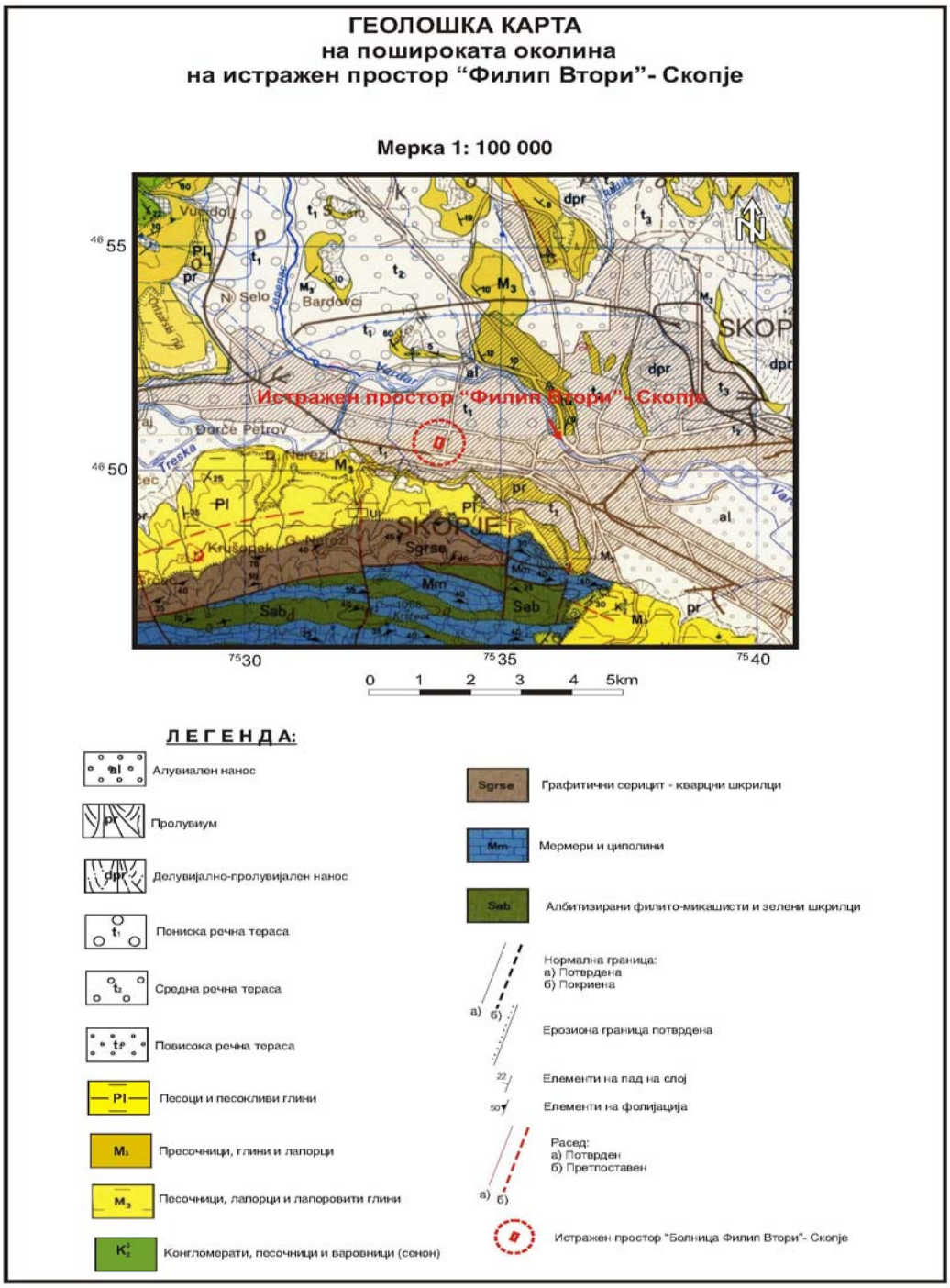
Основа на системот за климатизација е користење на геотермална енергија од подземна вода со ниска температура, од плиток хидрогеолошки колектор во рамки на квартарни седименти. Подземната вода од експлоатационите бунари по поминувањето низ системот за климатизација на објектот повторно се враќа во хидрогеолошкиот колектор преку бунарите за повраток и на тој начин немаме смалување на вкупната количина на вода во водоносникот.

Слика 1. Локација на објект „Нова Болница Филип Втори“

ГЕОЛОШКА ГРАДБА НА ПОТЕСНОТО И ПОШИРОКО ПОДРАЧЈЕ НА ГРАД СКОПЈЕ

Конкретниот истражен простор претставува дел од Скопскиот неоген басен, кој според тектонската реонизација на Македонија, по М. Арсовски (1997) припаѓа на Вардарската зона. На Скопското подрачје постојат карпести маси со различен геолошки состав, различни структурно-тектонски и хидрогеолошки карактеристики и со различна старост, *Слика 2.* На источниот дел од Скопската котлина се јавуваат формации со неогена старост, составени од лапорци, глинци, песочници и конгломерати, како и палеогени флишни седименти претставени со песочници, глинци, конгломерати, лапорци и варовници. На северниот дел од котлината на Скопска Црна Гора застапени се палеозојски шкрилци составени од филитични шкрилци, аргилошисти, зелени шкрилци со мермери и флиш. На јужниот обод на котлината теренот е изграден од метаморфни карпи со висок кристалитет претставени со микашисти, гнајсеви, амфиболити и др. На запад и југозапад застапени се големи маси на карбонатни карпи, варовници, мермеризирани и доломитизирани варовници и мермери. Централниот дел од котлината исполнет е со квартерни алувијални седименти со различна дебелина, под кои лежат неогените седименти.

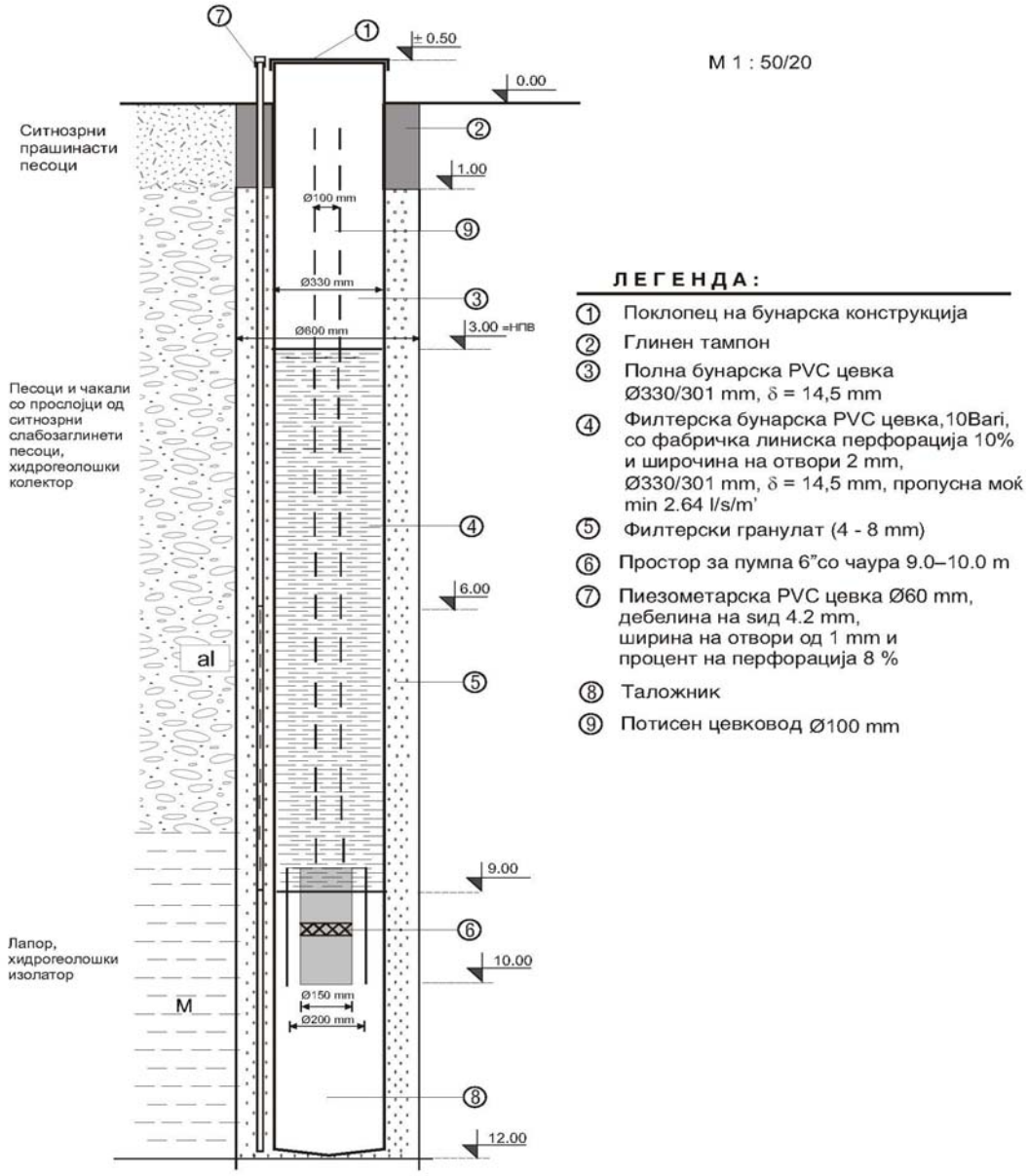
Во Скопската депресија се вклучени седименти кои се познати како една засебна морфогенетска структура, позната како Скопска котлина, во која припаѓа и предметната локација на „Нова Болница Филип Втори” - Скопје. Како тектонски поим Скопската котлина претставува неотектонска современа, вметната депресија, која настанала и се оформила како последица на спуштање на овој регион во неоген-квартерно време. Вметната е поради тоа што настанала како резултат на спуштање на различни блокови, кои припаѓаат на различни стуктури. Скопската котлина е исполнета од песочници, глини и лапорци, како и од лапорести глини и глинести лапорци. Во непосредна близина на Скопје, кај Бутел и Шуто Оризари на површината се застапени неогени лапоровито-глиновити седименти. Додека во поголем дел од Скопската котлина, како и на истражниот простор, ова неогена серија е прекриена со квартерен покривач.
Квартерните седименти на површината се претставени со: пролувиум, делувиум и алувиум. Алувијалните наслаги се најшироко развиени и тие се распространети скоро во целата Скопската котлина и секако по должината на речните текови, како и на предметниот локалитет.



Слика 2. Геолошка карта на поширокатa околина на објект „Болница Филип Втори "

ХИДРОГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ПОТЕСНОТО ПОДРАЧЈЕ

Врз основа на изведените хидрогеолошки истражни работи, системот бунари, како и претходно изведени хидрогеолошки истражувања, литолошките членови кои учествуваат во изградбата на теренот, според нивната хидрогеолошката функција претставуваат хидрогеолошки колектори и изолатори. Врз основа пратење на материјалот во текот на дупчење на системот бунари, како и претходно изведената хидрогеолошка истражна дупнатина ХИД-1, со јадровање, утврден е водоносник од збиен тип со интергрануларна порозност, со слободно ниво на подземна вода, формиран во неврзани чакалесто песокливи - терасни седиметни на реката Вардар.



Слика 3. Експлоатациони бунари (ЕБ-1 до ЕБ-5)

Прихранувањето на водоносникот е директно од атмосферските врнежи и главно од р. Вардар. Водоносниот слој е со дебелина од 5m, претставен со разногранулиран песок и чакал, со прослојци од ситнозрнести слабо заглинети песоци и истите претставуваат алувијално-терасни седименти на реката Вардар.

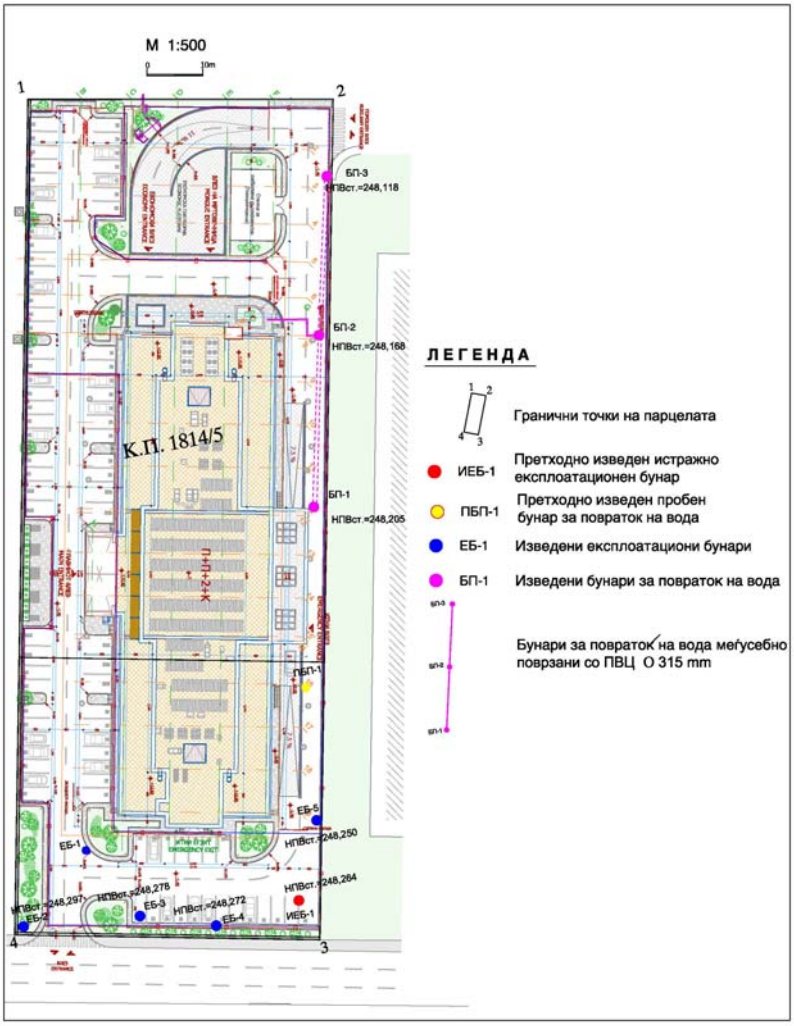
Дебелината на алувијално-терасните седименти на конкретната локација изнесува околу 7.5-8m, што е потврдено со изведба на системот бунари.

Алувијално-терасните седименти се карактеризираат со висока водоносност, K_f=100-700m/den, T=500-3500m^2/den, Q=10-30l/s. Нивото на подземна вода се движи околу 3.10m, кое подлежи на годишни осцилации во зависност од количеството на атмосферски талози, односно хидролошката состојба во текот на годината. Хидрогеолошко – литолошкиот профил и техничките карактеристики на експлоатационите бунари од ЕБ-1 до ЕБ-5 се прикажани на *Слика 3.*

ИЗВЕДЕНИ ХИДРОГЕОЛОШКИ ИСТРАЖНИ РАБОТИ И ПРОЕКТИРАЊЕ НА БУНАРСКИ СИСТЕМ ЗА ПОТРЕБИТЕ НА СИСТЕМОТ ЗА КЛИМАТИЗАЦИЈА

Во рамки на изведените хидрогеолошки истражни работи изведени се: 1 (една) хидрогеолошка истражна дупнатина ХИД -1, со јадровање, потоа 1 (еден) истражно експлоатационен бунар ИЕБ-1, како и 1 (еден) бунар за повраток на вода ПБП-1.

Со изведување на 1 (една) хидрогеолошка истражна дупнатина ХИД -1, со јадровање потврдена е дебелина на терасно-алувијалните седименти од 8m, претставени од разногранулирани песоци и чакали, а во длбочина застапени се лапоровити седименти. Нивото на подземна вода изнесува околу НПВст. =3.10m.



Слика 4. Распоред на системот бунари

Со изведба на еден истражно експлоатационен бунар ИЕБ -1 и извршеното тестирање добиена е количина на вода од 25l/s. При тестирањето на бунарот водата беше насочена во изведениот пробен бунар за повраток на подземна вода ПБП-1, притоа се постигна покачување на динамичкото ниво од 20cm.

Врз основа на добиените резултати од изведените хидрогеолошки истажни работи, особено пробното тестирање на истражно експлоатациониот бунар ИЕБ-1, проектирани се и подоцна изведени вкупно 5 (пет) експлоатациони бунари, со длабочина од 12m и 3 (три) рачно копани бунари за повраток на подземна вода, со длабочина од 5m, *Слика 4*.

Со изведба на експлоатационите бунари обезбедена е потребната количина на подземна вода, за нормално функционирање на системот за климатизација, од 75-80l/s. Подземната вода од експлоатационите бунари по поминувањето низ системот за

климатизација повторно се враќа во хидрогеолошкиот колектор, преку бунарите за повраток и на тој начин нема смалување на вкупната количина на вода во водоносникот.

Со реализација на деталните хидрогеолошки истражувања и изведба на експлоатациниите и бунарите за повраток на вода разјаснети и утврдени се:

- Геолошка градба на теренот во кој е акумулирана подземната вода
- Просторна положба на водоносната средина
- Хидрогеолошки параметри и особини на водоносникот
- Режим на подземни води (ниво на подземна вода, температура, издашност, услови на прихранување и дренирање на подземната вода)
- Физичко-хемиски особини на подземната вода
- Количини на подземна вода кои може да се искористуваат за експлоатација и повраток на подземна вода, во рамки на конкретната локација.

МЕТОДОЛОГИЈА НА ИЗВЕДБА И ТЕХНИЧКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ЕКСПЛОАТАЦИОНИТЕ БУНАРИ (ЕБ-1, ЕБ-2, ЕБ-3, ЕБ-4 и ЕБ-5)

Дупчење на бунарите

Експлоатационите бунари се изведени машински ротационо, со дупчачка гарнитура FRASTE 300. Сите 5 (пет) експлоатациони бунари се изведени до длабочина од 12m.

Условено од хидрогеолошките карактеристики на конкретниот локалитет, потребната издашност, како и успешна изведба на истите, дупчењето на бунарите се изведе машински ротационо, со употреба на бентонитска исплака како флуид, со пречник на дупчење Ø 600mm, од кота на терен до крајна длабочина од 12m.

Зацевување на бунарите

Во бунарите, после дупчењето до крајната длабочина, вгрдени се полни и филтерски PVC бунарски цевки со дијаметар Ø 330/301 mm, 10 bar, до длабочина од 12 m. Дебелината на ѕидот на цевката е 14,5 mm. Филтерските цевки се фабрички перфорирани со хоризонтални линиски отвори (шлицеви) со широчина од 2 mm. Процентот на перфорација изнесува 10 % и пропусна моќ од 2.64 l/s/m'.

За слободно и непречено следење на осцилациите на НПВ во иднина, од надворешна страна на бунарските цевки на секој од експлоатацоионите бунари вграден е бунарски пиезометар. Бунарскиот пиезометар на сите бунари е вграден до длабочина од 12 m, од PVC специјални пиезометарски цевки Ø 60 mm, со дебелина на ѕидот 4,2 mm. Филтерскиот дел од пиезометарската цевка е со фабричка линиска перфорација со широчина на отворите 1 mm и перфорација 8 %.

По вградувањето на бунарските цевки, вклучувајки ги и пиезометарските цевки, помеѓу ѕидот на бунарите и бунарските цевки вградуван е филтерски засип од перен речен гранулиран чакал, со димензии d=4 - 8 mm.

Разработка и прочистување на бунарите

Разработката на бунарите практично е започната уште во периодот на поставувањето на филтерскиот материјал, кога бунарите се испираа преку впумпување на чиста вода во цевната бунарска конструкција. По вградување на филтерскиот гранулат бунарите се прочистувани и разработувани со метод на аерлифтување, во времетраење од 8 часа по бунар, односно се до целосно избистрување на водата од бунарите.

Поединечно и групно тестирање на бунарите

По прочистување и разработка на секој од бунарите се изведе поединечно тестирање на секој експлоатационен бунар, со степ тест тестирање.

Постепениот (степ) тест на снижување на нивото на подземна вода се изведуваше без прекин за три или четири одбрани издашности, се додека не се постигне стационираната состојба. Оваа стационарна состојба се дефинира како момент кога промената на нивото на подземната вода изнесува до 1 cm за време на 30 минути. Поединечното тестирање на бунарите се изведе во времетраење од 24 часа по бунар.

Добиените резултати од поединечните тестирања на бунарите се прикажани во *Табела 1.* Бидејќи во иднина за потребите на системот за климатизација ќе се врши црпење на подземна вода од сите 5 (пет) експлоатациони бунари, со што треба да се обезбеди количина на подземна вода од 75-80 l/s, за да се утврди меѓусебното влијание на бунарите (радиус на влијание) и да се одреди експлоатационата издашност за секој од бунарите, се изврши групно тестирање.

Табела 1. Поединечното тестирање на експлоатационите бунари

Бунар	НПВстат. (од врв на цевка) [m]	Издашност Q [l/s]	НПВдин. [m]	Снижување S [m]	Специфична издашност q [l/s/m]	Време на тестирање t [h]
ИЕБ-1	4,20	10	4,75	0,30	33,33	4
		15	4,90	0,60	25,00	4
		25	5,50	1,30	19,23	4
ЕБ-1	3.02	10	3,37	0,35	28,57	6
		15	3,60	0,58	25,86	6
		18	3,77	0,75	24,00	6
		25	4,28	1,26	19,84	6
ЕБ-2	4,20	10	4,42	0,22	45,45	6
		15	4,65	0,45	33,33	6
		18	4,80	0,60	30,00	6
		22	5,10	0,90	24,44	6
ЕБ-3	3,55	10	3,76	0,21	47,21	6
		15	3,89	0,34	44,11	6
		18	4,00	0,45	40,00	6
		22	4,20	0,65	33,84	6
ЕБ-4	3,90	10	4,34	0,44	22,72	6
		15	4,61	0,71	21,12	6
		18	4,78	0,88	20,45	6
		22	5,06	1,20	18,33	6
ЕБ-5	3,53	10	4,28	0,75	13,13	4
		15	5,33	1,80	8,33	8
		18	6,43	2,90	6,20	8
		20	7,35	3,82	5,20	4

Потребно е да се спомене дека во периодот на групното тестирање истовремено се експлоатираше вода од ИЕБ-1, ЕБ-1 и ЕБ-2, со вкупна количина од 75l/s. Притоа истата количина на вода со исталирани цевководи се спроведуваше до бунарите за повраток на подземна вода и на тој начин се утврди можноста за водоприемност на истата количина на вода.

Групното тестирање на бунарите се изврши во времетраење од 72 часа, притоа постојано се следени издашноста и нивота на подземна вода во сите бунари, а добиените резултати се прикажани во *Табела 2:*

Табела 2. Групно тестирање на експлоатационите бунари

Бунар	Длабочина (m)	Статичко ниво во бунарите НПВ ст. (m)	Количина со која се црпени бунарите Q (l/s)	Динамичко ниво во бунарите НПВ (m)	Постигнати снижувања и покачувања на нивоата S (m)	Специфична издашност q (l/s/m)
ИЕБ-1	5.8	3.38	30	4.70	1.32	22.72
ЕБ-1	12	3.02	25	4.51	1.49	16.78
ЕБ-2	12	4.10	20	5.24	1.14	17.54
ЕБ-3	12	3.55	/	4.02	0.47	/
ЕБ-4	12	3.90	/	4.36	0.46	/
ЕБ-5	12	3.60	/	3.89	0.29	/
ПБП-1	5	3.10	/	3.14	0.04	/
БП-1	5	3.42	/	1.70	1.72	/
БП-2	5	3.08	/	1.58	1.50	/
БП-3	5	3.10	/	1.57	1.53	/

ПРЕСМЕТКА НА ХИДРОГОЛОШКИ ПАРАМЕТРИ НА СРЕДИНАТА

Пресметувањето на коефициентот на филтрација (K_f) и коефициентот на водопроводност (T) за експлоатационите бунари се извршени врз основа податоците од поединечното тестирање на секој од бунарите.

Пресметка на коефициент на филтрација (K_f) и коефициент на водопроводност (T)

При пресметките искористена е формулата на Dipuit**,** при услови на дренирање на подземна вода од совршен бунар, од водоносник со слободно ниво на подземна вода:

$$Kf = \frac{0.732xQxlg\frac{R}{r}}{(2xH-S)xS}$$

$$T = KfxH$$

K_f – Коефициент на филтрација (m/s; m/den);

T – Коефициент на водопроводност (m^2/s; m^2/den);
Q – Количина на вода со која се вршело црпење на вода (m^3/s);
S – Снижување на нивото на вода во бунарот (m);
H – Дебелина на водоносен слој (m);
r – Полупречник на дупчење на бунарот (m);
R – Радиус на влијание (m);
Добиените вредности за хидрогеолошките параметри и влезните параметри за секој од бунарите се прикажани во следната табела, *Табела 3*:

Табела 3. Добиени резултати за коефициент на филтрација

Бунар	Q (l/s)	S (m)	H (m)	r (m)	R (m)	Kf(m/s)	Kf(m/den)	T(m^2/s)	T(m^2/den)
ИЕБ-1	25	1,30	3	0,5	100	$5,4x10^{-3}$	469	$1,6x10^{-2}$	1 408
ЕБ-1	18	0,75	5	0,3	100	$3,9x10^{-3}$	338	$1,9x10^{-2}$	1 689
ЕБ-2	18	0,60	5	0,3	100	$5,9x10^{-3}$	509	$3,2x10^{-2}$	2 546
ЕБ-3	18	0,45	5	0,3	100	$7,7x10^{-3}$	667	$3,8x10^{-2}$	3 337
ЕБ-4	18	0,88	5	0,3	100	$4,1x10^{-3}$	357	$2,0x10^{-2}$	1 787
ЕБ-5	18	2,90	5	0,3	100	$1,6x10^{-3}$	139	$8,0x10^{-3}$	696

Радиус на влијание

Радиусот на меѓусебно влијание на бунарите, во услови на групно црпење, е добиен со следење на нивото на подземна вода на терен, во периодот на групното тестирање (на бунарите ИЕБ-1, ЕБ-1 и ЕБ-2). Односно во периодот на групното тестирање, во времетраење од 72 часа, постигнато е мало снижување (од 4cm) во пробниот бунар за повраток ПБП-1, кој се наоѓа на одалеченост од 40m, од најблискиот експлоатационен бунар ИЕБ-1. Врз основа на што одреден е радиус на влијание од R=50m, во услови на враќање на водата во бунарите за повраток.

Експлоатациони количини на вода на бунарите

Врз основа добиените резултати од поединечните и групни тестирања, хидрогеолошките карактеристики на литолошките членови, како и графоаналитичката обработка на добиените податоци, одредена е експлоатационата издашност на секој од бунарите, како и вкупната експлоатациона количина на вода од системот бунари, при што во предвид е земено меѓусебното влијание на експлоатационите бунари.

Експлоатационата количина на вода на петте бунари од ЕБ-1 до ЕБ-5 при заедничка работа ќе изнесува за секој бунар Q=15l/s или сите заедно ќе постигнат експлоатациона количина на вода од Q=75 l/s. Бунарот ИЕБ-1 има експлоатациона количина на вода од Q=15l/s и ќе се вклучува во системот во случај на исклучување од работа на било кој од останатите експлоатациони бунари, односно истиот бунар ќе има функција на резервен бунар. Доколку има потреба од поголема кличина на вода од Q=75l/s, односно треба да се вклучи и ИЕБ-1 заедно со останатите 5 (пет) бунари неговата експлоатациона количина да изнесува Q=5l/s

и на тој начин заедно од сите шест бунари ќе се добијат вкупно експлоатациони количини на вода од Q=80l/s, во услови на враќање на истата количина на вода во бунарите за повраток.

Поради местоположбата на усисот на пумпите и релативно тенкиот водоносен слој, потребно е сите пумпи да бидат опремени со чаури-капсули, со што ќе се обезбеди ладење на моторот.

Квалитативни карактеристики на подземната вода

Со цел да се одреди квалитетот на вода во експлоатационите бунари, непосредно пред завршување на тестирање на бунарот ЕБ-5, од страна на екипата која го вршеше тестирањето, земени се проби од водата од бунарот за изработка на: бактериолошка и периодична физичко-хемиска анализа. Анализите се изработени во Институтот за јавно здравје во Скопје. Сите анализирани елементи се во граница на максимално дозволените концентрации, според правилникот за квалитет на води.

Во зависност од јоскиот состав со применетата Курлова формула, водата одговара на Хидрокарбонатна, калциумско-магнезиумски тип.

$$M0.7\frac{HCO_3 82 SO_4 7 Cl 11}{Ca55 Mg34 Na+K10}\,pH7.34, TV26.25$$

Во текот на тестирањето на бунарите мерена е температурата на водата од бунарите и истата изнесуваше T=16°C.

ИЗВЕДБА НА БУНАРИ ЗА ПОВРАТОК НА ВОДА (БП-1, БП-2 и БП-3)

Целокупната количина на подземна водата која ќе се црпи од 5 (петте) експлоатациони бунари ќе се враќа назад во водоносникот преку изведените 3 (три) бунари за повраток на вода БП-1, БП-2 и БП-3, со цел да нема смалување на вкупната количина на вода, што е во согласност барањата на постоечката законска регултива. Бунарите за повраток на вода помеѓу себе се поврзани со ПВЦ перфорирани цевки ∅ 315 mm.

Технички параметри и начин на изведба на бунарите за повраток

Бунарите за повраток на вода, исто како и експлоатационите, се изведени во терасно-алувијалните седименти на реката Вардар. Нивото на подземна вода во бунарите изнесува околу 3.10 m, мерено од врв на прстените. Трите бунари се поставени во права линија, а меѓусебното растојание помеѓу бунарите за повраток изнесува 30 m, мерено од осовина на бунарите.

Технички параметри на изведените бунари за повраток на вода:

-Длабочина на изведба на бунари..... 5 m
-Длабочина на вградена бетонска констр. 5 m
- Пречник на копање..... ∅ 1000 mm
-Пречник на бетонска констр. ∅ 960/800 mm
-Тип на конструкција . бетонски прстени
-Полни прстени ..... 1 m
-Филтерски прстени ..... 4 m
-Н.П.В статичко ..... 3.10 m

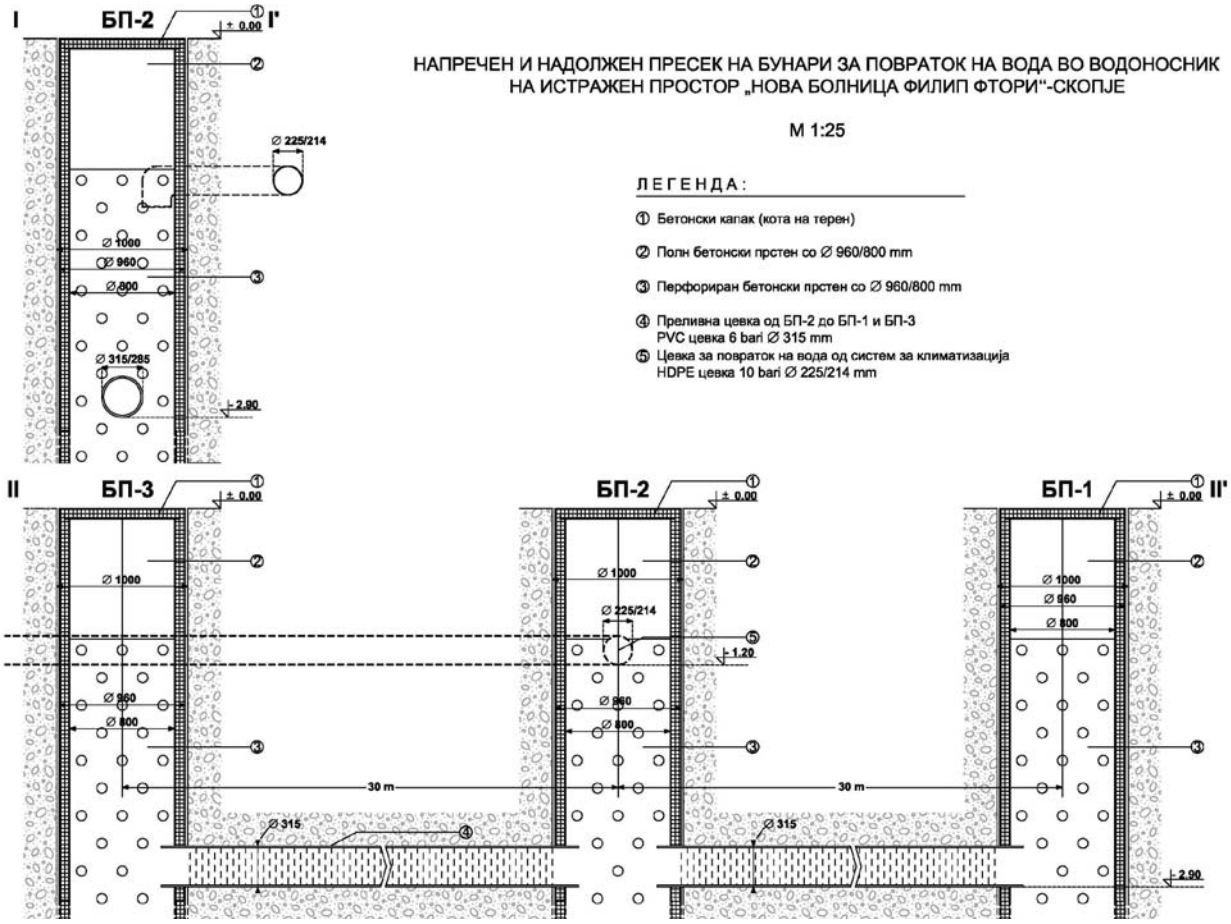
Перфорираните ПВЦ цевки кои ги поврзуваат меѓусебно бунарите се со пречник ∅ 315 mm, 6 Ba, *Слика 5*. Перфорираниот дел на PVC цевките се двапати обложени со PVC мрежа со отвор 1x1 mm, со цел да се спречи навлегување на ситна песоклива фракција внатре во цевките. Цевките кои ги поврзуваат бунарите меѓусебно се поставувани во претходно изработен ров, со широчина од 110 cm, и длабочина на 300 cm, односно до ниво на подземна вода. Цевките се поставуваат по средина на ровот, врз слој од гранулиран чакал со големина на зрна од d=4 - 8 mm и со дебелина на слојот од 10 cm. Потоа околу дренажните цевки во ровот вграден е гранулиран чакал до висина од 0.7m, мерено од дното на каналот или 0.3m над горното теме на цевките. Претходно внимателно се направени отвори на бетонските прстени, за да влезат цевките, а отворите помеѓу цевките и бетонските прстени се затвотворени со пурпена.

Начин на функционирање на бунарите за повраток на вода

Подземната вода од експлоатационите бунари по поминувањето низ системот за климатизација повторно ќе се враќа во хидрогеолошкиот колектор, преку бунарите за повраток и на тој начин нема смалување на вкупната количина на вода во водоносникот, согласно барањата на постоечката законска регулатива.

Трите бунари за повраток на вода ќе функционираат како сврзни садови односно во средниот бунар (БП-2) ќе истекува вкупната количина ва вода, притоа помал дел од водата ќе ја прима истиот бунар, а останатиот поголем дел дел на вода ќе оди по перфорираните ПВЦ цевки кон другите два бунари за повраток (БП-1 и БП-3), притоа еден дел од водата ќе понира и низ самите

перфорираните цевки. Се очекува дренажните цевки во должина од 60 m да примат околу 40-50 l/s вода и секој од трите бунари за повраток да прими 10-15 l/s вода, со што непречено ќе се враќа во водоносникот вкупната количина на вода од 75-80 l/s.



Слика 5. Бунари за повраток на вода меѓусебно поврзани со филтерски цевки

ЗАКЛУЧОК

За потребите на климатизација, на објектот „НОВА БОЛНИЦА ФИЛИП ВТОРИ'' – Скопје, обезбедена е количина на подземна вода од 75-80l/s, со изведба на 5 (пет) експлоатациони бунари, при услови на враќање на истата количина на вода преку 3 (три) бунари за повраток на вода.

Дебелината на алувијално-терасните седименти на реката Вардар на конкретната локација изнесува 7.5-8m, во кои е формиран водоносник од збиен тип со слободно ниво на подземна вода, со дебелина на водоносен слој од 5m.

Системот бунари се изведени машински ротационо, со дупчачка гарнитура FRASTE 300. Сите експлоатациони бунари се изведени до длабочина од 12m.

Експлоатационата количина на вода на 5 (петте) бунари ЕБ-1 до ЕБ-5 при заедничка работа ќе изнесува за секој бунар Q=15l/s.

ЛИТЕРАТУРА

Арсовски М., 1997: Тектоник на Македонија РГФ – Штип.

Илијовски З., 2015: Методологија на проучување на ранливост на подземни води.

Илијовски З., Милановски Моме., 2012: Хидрогеолошка реонизација на подрачјето на град Скопје и можности за искористување на подземната вода за наводнување на зелени површини. Градежен институт „Македонија"-Скопје.

Толкувач на основна геолошка карта лист Скопје К 34-79, Геолошки завод Скопје, 1982.

Ѓузелковски Д., 1997: Подземните води (издан) за решавање на водоснабдување во Р. Македонија и нивна заштита.

ХИДРОГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ И ПРОГНОЗА НА ПРИЛИВ НА ВОДИ ВО РУДНИК ЗА ЈАГЛЕН „СУВОДОЛ“-БИТОЛА

[1]Костадин Јованов, [2]Весна Ристиќ Вакањац

[1]Геолошки завод на Република Македонија,e-mail:kostadin.jovanov@geol.gov.mk
[2]Рударско-геолошки факултет Белград, e-mail: vesna_ristic2002@yahoo.com;

Апстракт
Рудникот за јаглен „Суводол”-Битола сместен е во збиениот тип на издани во неогениот комплекс, а во кои доминират три водоносни средини во кровина, мегу јагленовите слоеви и испод јагленовите слоеви. Познавањето на состојбата со приливот на води во рудник „Суводол” е пред се заради превземање на конкретни мерки и негова заштита од нивно негативно влијание. Приливот на води во рудник „Суводол” е пресметан со користење на повеќеструка линеарна корелација и симулација на ископаните маси на материјал во функција на врнежите и исцрпените количини на вода. Анализата на приливот укажува на постоење на добра корелациона поврзаност помеѓу нив, а пак познавањето на истиот представува добра основа за планирање и заштита на рудникот од продори на води во него, пред и во текот на експлоатацијата.

Клучни зборови: издан, прилив, јаглен, подземна вода, ниво на подземна вода.

ВОВЕД

Јагленот во јагленовото наоѓалиште „Суводол”–Битола е настанат во езерски услови на седиментација во зоната на контактот помеѓу неогените средно и горноплиоценски седименти и прекамбријумските кристаласти карпи (гнајсеви и микашисти).

Во средината доминантен е збиениот тип на издани формиран во среднозрни, ситнозрни до прашинести песоци кои се јавува во кровината изнад јагленовиот слој кој е во завршна фаза на експлоатација, помеѓу двата продуктивни јагленови слоеви, како и во подината испод долниот продуктивен јагленов слој.

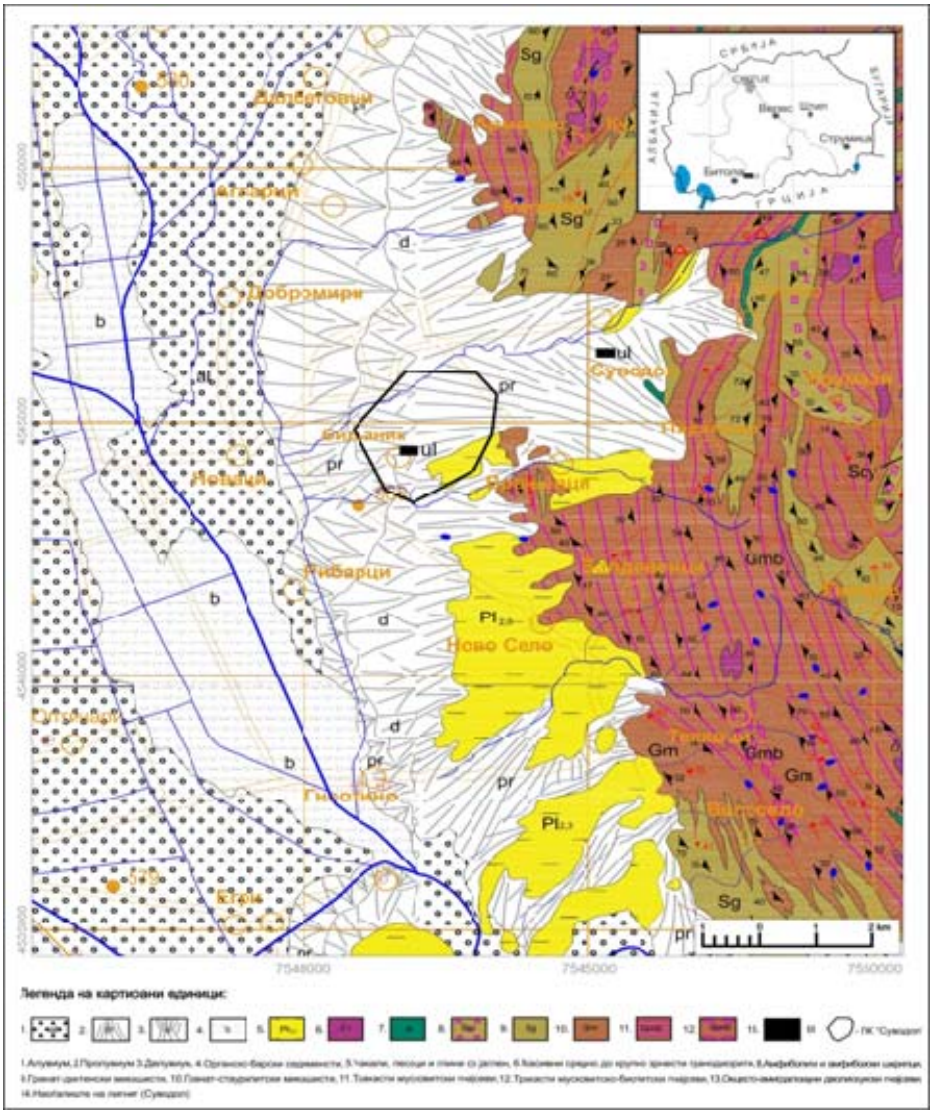
Геолошките и хидрогеолошките одлики на теренот накратко се дадени, а додека пак детално е дадена пресметката на прогнозата на приливот на води во рудник „Суводол”. Истата е направена со користење на повеќеструка линеарна корелација со симулација на ископаните маси на материјал во функција на врнежите и исцрпените количини на вода.

ГЕОЛОШКА ГРАДБА

Јагленовото наоѓалиште „Суводол” се наоѓа во југозападниот дел на Република Македонија (Думурџанов и др.), слика 1.

Јагленот има целосен развој во неогените седименти во овој дел т.е. крајниот југоисточен дел на Пелагониската котлина.

Неоген представен е со средно и горно плиоценски седименти (пескови, глини, јагленови глини и јаглени), а кои транзгресивно залегнуваат преку прекамбриските кристалести карпи (гнајсеви и микашисти). Јаглените се јавуваат на повеќе нивои и се со променлива дебелина од 1,0–48,0 м’ (Андреевски). Продуктивни се два слоја и тоа главен јагленов слој кој е во завршна фаза на експлоатација и главен подински јагленов слој кој е во фаза на подготовка за експлоатација.



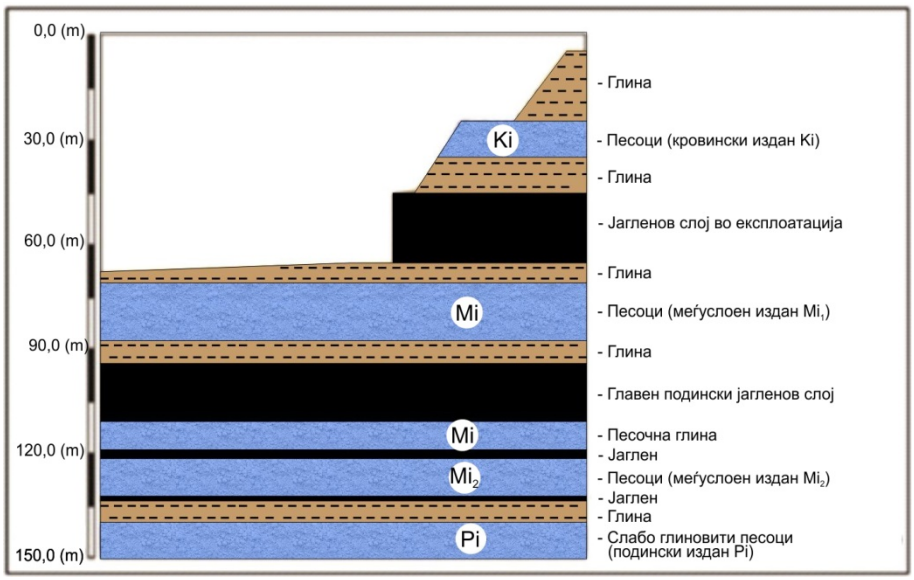
Слика 1. Геолошка карта на јагленовото наоѓалиште „Суводол”-Битола

ХИДРОГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ТЕРЕНОТ

Од хидрогеолошки аспект во јагленовото наоѓалиште „Суводол” доминантен е збиениот тип на издани формиран во комплексот на неогените седименти во средно и горните плиоценски чакали и пескови (Јованов). Овој тип на издани се јавува на повеќе нивоа и тоа изнад, измеѓу и во подината на јагленовите слоеви (слика 2).

Кровинската издан, распространета е во СИ, И и ЈИ дел на наоѓалиштето и истата нема континуитет во простирање т.е. се јавува во вид на сочива и прослојци.

Формирана е во ситнозрни до прашинести песоци на поедини места заглинети. Во длабина оваа издан се јавува на повеќе нивои од 3,5-34,0 м’. Подземните води се со субартеско ниво кое се движи во границите од 4,8-14,0 метри испод површина на теренот.



Слика 2. Шематски приказа на положбата на водоносните и водонепропусните средини во неогениот комплекс на јагленовото наоѓалиште „Суводол"- Битола

Водоносните средини се со променливи филтрациони параметри во план и профил, каде коефициентот на филтрација се движи од $3{,}23x10^{-6}$-$1{,}98x10^{-6}$ m/s во СИ-дел, од $8{,}82x10^{-5}$-$7{,}08x10^{-7}$ m/s во И-дел и од $1{,}69x10^{-5}$-$2{,}20x10^{-6}$ m/s во Ј-ЈИ дел на лежиштето, а коефициентот на трансмисибилност се движи во границите од $2{,}51x10^{-5}$-$1{,}31x10^{-5}m^2/s$ во СИ-дел, од $6{,}35x10^{-5}$-$3{,}40x10^{-6}m^2/s$ во И-дел и од $6{,}03x10^{-5}$-$3{,}0x10^{-6}m^2/s$ во Ј и ЈИ-дел на лежиштето.

Во однос на хемзмот према ањонскиот состав подземните води припаѓаат на HCO_3-Cl-SO_4 тип на води, а додека пак према катјонскиот состав истите припаѓаат на Na+K до Na+K-Mg тип на води.

Меѓуслојна издан, го зафаќа просторот измеѓу двата продуктивни јагленови слоеви со континуитет во простирање. Формирана е во среднозрни, ситнозрни до прашинести песоци на поедини места заглинети.

Подземните води се со артеско (до+1,55 m-самоизлив) и субартеско ниво (до-0,82 m), со издашност на артеските дупнатини од 1,0-5,0 l/s.

Филтрационите параметри исто така се доста променливи, што укажува на литолошка нееднородност на средината. Коефициентот на филтрација се движи во границите од $1{,}96x10^{-7}$-$3{,}43x10^{-4}$m/s, а трансмисибилноста од $2{,}0x10^{-6}$ -$5{,}40x10^{-3}m^2/s$.

Подземните води према ањонскиот состав припаѓаат на HCO_3-Cl тип на вода, а додека према катјонскиот состав припаѓаат на Na+K-Ca-Mg до Ca-(Na+K)-Mg тип на вода.

Подинската издан, го зафаќа просторот испод долниот продуктивен јагленов слој. Формирана е во ситнозрни до прашинести пескови кои на места се заглинети.

Дебелината на водоносните наслаги е променлива од 1,0-26,4m.

Подземните води се со артеско и субартеско ниво, и истото се движи во границите од +17,1 до 7,6 m испод површина на терен.

Филтрационите параметри и на оваа издан се доста променливи. Коефициентот на филтрација е во границите од $1{,}35x10^{-4}$-$4{,}87x10^{-8}$m/s, а додека трансмисибилноста од $4{,}05x10^{-4}$-$8{,}26x10^{-7}m^2/s$.

Прихранувањето на изданите со подземни води е преку атмосферските врнежи во делови каде водоносните седименти се откриени на површина средините (*Јованов, 2003*), доток на подземни води од акумулацијата на Суводолска река како и дотекнување на подземни води од другите типови издани (пукнатински) кои се на хипсометриско повисоко ниво.

Дренирањето на подземните води е преку самоизливни дупнатини, а чија сумарна издашност е околу 10 l/s.

Подземните води од оваа издан према ањонскиот состав припаѓаат на HCO_3-Cl тип на вода, а додека по катјонскиот состав припаѓаат на Ca-(Na+K)-Mg тип на вода.

ПРОГНОЗА НА ПРИЛИВ НА ВОДИ ВО РУДНИК „СУВОДОЛ"

Прогнозата на приливот на води во рудникот „Суводол" направена е со цел согледување на состојбата со водите во истиот и превземање на конкретни мерки на негова заштита од изненадни продори на руднички води. Истата направена е врз основа на достапните податоци за месечните количини на ископана маса на материјал (јаглен и јаловина), исцрпена количина на вода и атмосферските врнежи кои директно паѓаат во небранетиот дел на површинскиот коп (Јованов и Митрев).

Од односот помеѓу количините на ископаната маса на материјал T (toni), режимот на врнежите P (mm/mes) и количините на исцрпената вода Q (m^3/mes), за период од 1987-2012 година (слика 3) се гледа дека трендот на врнежите за тој период расте и истите имаат влијание на количините на ископаните маси и исцрпените количини на води.

Годишните количини на ископани маси на материјал дефинирани се со функцијата:

$$T_{god} = f\left(P_{god}, Q_{god}\right) \text{ односно,}$$

$$T_{god} = 24531{,}5 + 12{,}822 \cdot P_{god} - 2{,}622 \cdot Q_{god}$$

Користејќи повеќеструка линеарна корелација (Миладиновиќ и др.) направена е симулација на ископаните маси на материјал во функција на врнежите и исцрпените количини на вода на месечен основ, а е користена зависноста:

$$T_i = a + b_1 \cdot T_{i-1} + b_2 \cdot P_i + b_3 \cdot P_{i-1} + b_4 \cdot Q_i + b_5 \cdot Q_{i-1}$$

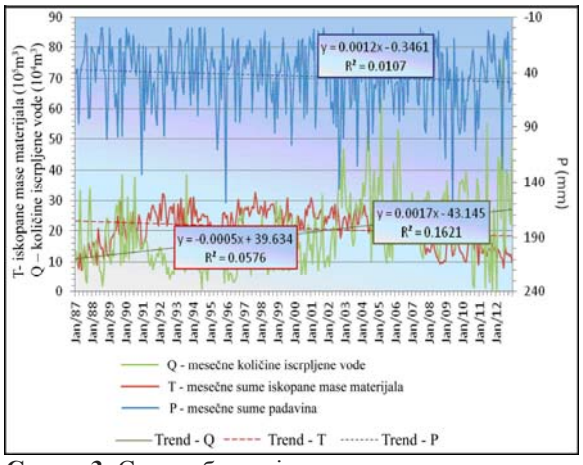
каде се:

T_i и T_{i-1} -вкупна количина на ископани маси на материјал во тек на *и*-ти, односно *и*-1-виот месец,

P_i и P_{i-1} -и месечни суми на врнежи регистрирани во текот на *и*-ти, односно *и*-1-виот месец,

Q_i и Q_{i-1} -вкупни количини на исцрпена вода во текот на *и*-ти, односно *и* -1-виот месец, и

a , b_1, ..., b_5 - параметри на моделот.



Слика 3. Споредбен дијаграм на месечните суми на врнежи P, количини на исцрпени води Q и месечни суми на ископани маси на материјал T во рудник „Суводол" за период 1987-2012 година

Со пресметувањето на параметрите на моделот со метод на најмали квадрати равенката го има следниот облик:

$$T_i = 6{.}77 + 0{.}76\,T_{i-1} - 0{.}028\,P_i - 0{.}002\,P_{i-1} + 0{.}016\,Q_i - 0{.}04\,Q_{i-1}$$

Од дијаграмот (слика 4), се гледа дека реалните и пресметаните вредности на ископаните маси на метријал во рудникот „Суводол" се во меѓусебна функција и истите се во добра корелациона врска r=0,78 (слика 6).

На истиот начин направена е и пресметка на месечните вредности на приливот на водите во рудник „Суводол" со користење на равенката:

$$Q_i = a + b_1 \cdot Q_{i-1} + b_2 \cdot P_i + b_3 \cdot P_{i-1} + b_4 \cdot T_{i-1}$$

каде се:

Q_i и Q_{i-1} количини на исцрпена вода во текот на *и*-тиот, односно *и*-1-виот месец,

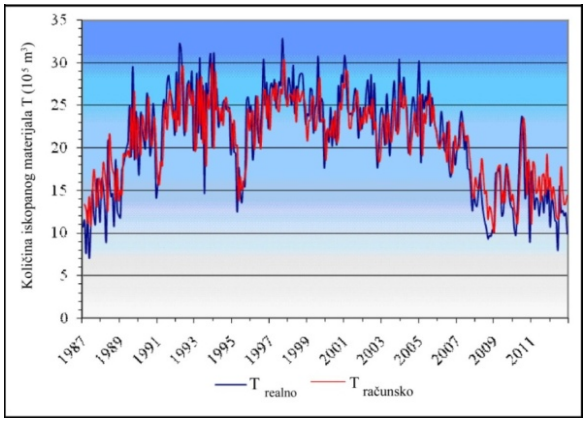
P_i и P_{i-1} месечни суми на врнежи регистрирани во текот на *и*-тиот, односно *и*-1-виот месец,

T_{i-1} вкупна количина на ископана маса на материјал во текот на *и*-1-виот месец, и

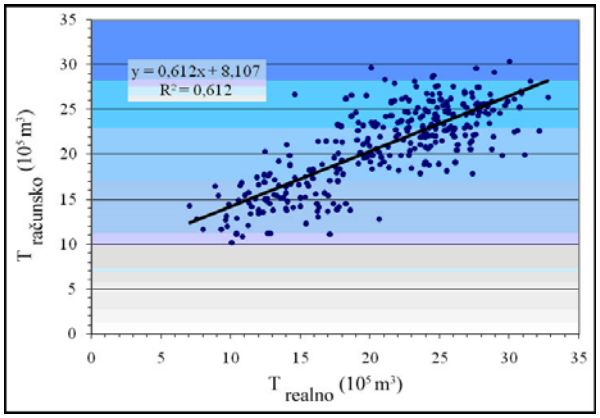
a , b_1, ..., b_4 параметри на моделот.

Пресметувајќи ги параметрите на моделот со метод на најмали квадрати равенката го добива следниот облик:

$$Q_i = 9.69 + 0.37 \cdot Q_{i-1} + 0.11 \cdot P_i + 0.04 \cdot P_{i-1} - 0.19 \cdot T_{i-1}$$

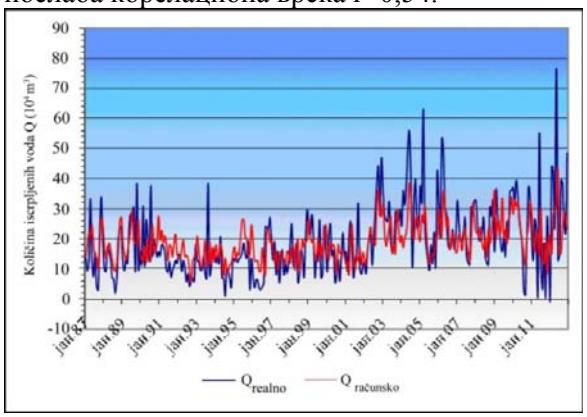


Слика 4. Дијаграм на реални и пресметани вредности на ископани маси на материјал во рудник „Суводол"за период 1987-2012. година



Слика 5. Корелација помеѓу пресметани и реални вредности на ископани маси на материјал во рудник „Суводол"за период 1987-2012. година

Од дијаграмот (слика 6), се гледа дека реалните и пресметаните вредности на количините на исцрпени води во рудник „Суводол" се во меѓусебна функција, но со послаба корелациона врска r=0,54.



Слика 6. Дијаграм на реални и пресметани сумарни вредности на исцрпени количини на води во рудник „Суводол" за период 1987-2012. година

ЗАКЛУЧОК

Согледувањето на проблематиката на приловот на подземните води во рудникот „Суводол" е од пресудно значење уште во најраната фаза, т.е. во периодот пред отварање на самиот рудник, конкретно пред почеток со експлоатација на рудата.

Деталните хидрогеолошки истражувања, набљудувања и мерења на нивоата на подземните води во бунарите и набљудувачките пиезометри како и нивоата, односно протоците на површинските води кои се наоѓат во непосредна зона на рудникот можат во голема мерка може да дадат добри нумерички подлоги при прогнози на приливите на подземните води во рударските работи, било да се применуваат при изработка на хидролошки, хидродинамички или некои други модели.

За потребите на успешно согледување на состојбата со приливите на водите во тек на експлоатација и давање прогнози за нареден период пожелно е воведување на редовни мерања на дневен основ на врнежите, ископаните маси на материјал и исцрпените количини на води.

Примената на регресионите модели е за потреби на пресметки и прогнози на приливите на подземинте води и врнежите во функција на ископаните руди за рудник „Суводол".

Пресметки се направени на ниво на месечни вредности, но далеку попрецезни и подобри резултати би се добиле ддоколку има мерени податоци на дневно ниво. Во иднина пожелно би било податоците од секој рудник било да се врзани за самиот рудник (ископана руда, напредување на рудникот, промена на процентот на руда од интерес...), потоа приливите на подземните води, врнежите и т.н.) да се собират дневно, дури и на часовно ниво да се пратат и истите да се евидентират во базата на податоци.

Базата на податоци е неопходно да се осмисли на самиот почеток пред отпочнување со експлоатација во случај како што е рудникот „Живојно", а со самото отворање на рудникот веднаш да се отпочне со редовни мерења и архивирање на податоците.

ЛИТЕРАТУРА

Андреевски Б, 1995: Јаглени. Посебно издание, Рударско-геолошки факултет, Штип.

Думурџанов Н, Христов С, Павловски Б и Иванова В, 1981: Толкувач и Основна геолошка карта за листовите Витолиште и Кајмакчалан. Изд. Сојузни завод Београд. Фонд на Геолошки Завод -Скопје.

Јованов К, 2003: Хидрогеолошке карактеристике и услови оводњености лежишта угља "Суводол". Магистарски рад, Рударско-геолошки факултет, Београд.

Jovanov K, Mitrev S, 2016: Forecast of influx and calculating the balance of groundwater in the mine "Suvodol" - Bitola, Republic of Macedonia, journal *Comptes rendus de l`Academie bulgare des Sciences* (*Ed. Boteva R.*) Vol 69,

Miladonović B, Vakanjac Ristić V, Bukumirović D, Dragišić V, Vakanjac B, 2015: Simulation of mine water inflow: case study of the Štavalj coal mine (southwestern Serbia), Arch. Min. Sci., Vol. 60, No 4, p. 955-969, DOI 10.1515/amsc-2015-0063.

ЗАШТИТА НА РУДНИКОТ ЗА ПОВРШИНСКА ЕКСПЛОАТАЦИЈА „БРОД - ГНЕОТИНО“ ОД ПОДЗЕМНИ ВОДИ

[1]Розета Јанкова, [1]Сандо Донев, [1]Александар Мурџовски

[1]ГЕИНГ Кребс унд Кифер Интернешнл и др. ДОО-Скопје Ул. Борис Трајковски бр. 111, Скопје
jankova.r@geing.com.mk, donev.s@geing.com.mk, murdzovski.a@geing.com.mk;

Абстракт
Еден од најважните сегменти за непречено одвивање на рударско-технолошките активности сврзани со отварање и експлоатација, како и за стабилноста на површинскиот коп, е одводнување и заштита од површинските и подземните води. Извршена е соодветна интерпретација и анализа на хидрогеолошките карактеристики како еден од најважните природни услови за оводнување на копот, со дефинирање на филтрациони карактеристики на застапените карпести маси, прихранување, дренирање, режим на издани и др.
Распоредот на експлоатационите бунари со кои би се вршело одводнувањето на површинскиот коп од подземните води е во зависност од напредувањето на експлоатационите работи, режимот на подземните води и филтрационите карактеристики на литолошките слоеви.
За избор на техничко решение за одводнување и заштита на усекот во п.к. “Брод-Гнеотино” од подземните води, анализирани се многу методи и начини кои се користат во површинските копови (вертикални окна и хоризонтални поткопи, втиснати филтри, спроводни филтри, всисувачки филтри, хоризонтални дупнатини и длабински бунари).
За јагленовото наоѓалиште “Брод-Гнеотино” најприфатливо решение за одводнување на површинскиот коп е изведба на вертикални длабински бунари со оглед на постоењето на четири издански зони, од кои подинската и меѓуслојните издани се со субартески и артески притисоци и подинската издан е под подината на јагленовата серија која се простира на поголема длабочина.

Клучни зборови: резерви на подземна вода, издани, одводнување, експлоатациони бунари, пиезометри.

ВОВЕД

Површинскиот коп за јаглен Брод-Гнеотино е во фаза на експлоатација со формирани два јаловински системи со континуирана технологија на ископ и експлоатација на јаглен со дисконтинуирана технологија на ископ (Слика бр.1).

Слика1. ПК Брод-Гнеотино

За предметниот период за кој се изработува овој дополнителен проект постои разработена рударско-технолошка концепција на експлоатација.
Целта на овој дополнителен проект е да го разработи одводнувањето во копот со цел безбедно и непречено спроведување на технолошкиот процес на експлоатација.

Анализа на геолошките, хидролошките и хидрогеолошките услови во лежиштето „Брод-Гнеотино“

Овие услови, во поголема мера влијаат врз одводнетоста на површинскиот коп додека, во помала мера се јавуваат и други услови кои исто така имаат влијание на одводнетоста на копот, а тоа се тектонските,метеролошки и др. услови.

Геолошки услови

Јагленовото наоѓалиште, односно п.к. "Брод-Гнеотино", се наоѓа во зона на контактот на прекамбриумските кристаласти карпи и неогени до горноплиоценски седименати. Во градбата на ободот на овој простор во кој е формирано наоѓалиште "Брод-Гнеотино", учествуваат следните карпи: прекам-бриумски кристаласти карпи, неогени седименти и квартерни седименти.
Прекамбриумските кристаласти карпи (гнајсеви и микашисти) се најстари карпи кои учествуваат во формирање на палеорељефот, а воедно претставуваат основа и обод на неогениот басен, т.е. го

окружуваат наоѓалиштето од североисточна, источна и југоисточна страна.

Неогените седименти лежат трансгресивно и дискордантно преку палеорељефот птретставени со сиво зеленикави прашинести песоци, ситнозрни песоци, разногранулирани песоци, трепели до дијагенизирани прашини и глини. Песокливо-глиновити седименти, кои претежно се наоѓаат во кровината на јагленовиот слој и од песоци и прашини кои се наоѓаат во кровината и подината на јагленовите слоеви, каде што се и најмногу застапени.

Северно од профил 15–15 (Ljb – III) почнуваат трепелите, кои се наоѓаат над првиот јагленов слој и кои достигнуваат дебелина од 28 m.

Песокливо–глиновитита седиментна серија е претставена со сиво-жолтеникави и кафеави заглинети прашини, на места со трагови од јаглен, потоа со заглинети прашинасти песоци со прослојци на јаглен и темносива песоклива-прашинаста глина.

Во оваа фација се јавуваат и сиви глини, чисти со прослојци во песокливите прашини или пак како јагленови глини.

Песоците по боја се сиви до жолтеникави а по гранулација од ситнозрни до среднозрни. Прашинстите песоци имаат сива до темна сива, а на места и жолтеникава боја.

Продуктивниот хоризонт на овој дел од теренот се наоѓа во песоците. Продуктивната јагленова серија во овој дел на наоѓалиштето е составена од повеќе слоеви на јаглен (максимално до 7 слоја), од кои ќе се експлоатираат првите 4 слоја. Дебелината на поедини експлоатациони слоеви се движи од 0,5 - 10,6 m, а вкупната експлоатациона дебелина е од 1,3 - 14 m.

Хидролошки услови

Површинскиот коп "Брод-Гнеотино" по својата просторна положба припаѓа на сливот на Црна Река.

Хидролошки појави кои влијаат на условите за одводнување на површинскиот коп се: атмосферски врнежи; постојани и повремени водотеци, вештачка акумулација.

Атмосферските врнежи имаат големо влијание на оводнетост на теренот, посебно во кровината, бидејќи со инфилтрација на површинските води во подземјето се создаваат предуслови за формирање на подземните води.

Вештачката алумулација, која е создадена од ископот на истражно-експлоатационен усек во 1991 г., се наоѓа во крајниот јужен дел од копот. Овој усек претставува собирна површина, каде се дренираат подземните води од кровинската изданска зона и дел од колекторите од првата и втората меѓуслојна издан. Исто така, тука се врши и дренирање на атмосферските води од околните површини, така да оваа хидрогеолошка појава е многу значајна за оводнетост на копот.

Хидрогеолошки услови

Хидрогеолошките услови се еден од најважните природни услови за оводнување на копот, со дефинирање на филтрациони карактеристики на застапените карпести маси, прихранување, дренирање, режим на издани и др.

Според геолошката градба, структурните и хидрогеолошките карактеристики на карпите во рамките на работната средина во зоната на отварање на усекот се издвојуваат водоносни средини со интергрануларна порозност и водоносни средини во неогениот комплекс.

Според хидрогеолошката функција на водоносните средини се јавуваат: хидрогелошки колектори (песоци), хидрогелошки изолатори (трепели и глини) и хидрогелошки комплекси (прашинест песок, песоклива прашина и др.).

Според хидродинамичките карактеристики т.е. хидрауличките услови кои владеат во водоносните средини се издвојуваат водоносни средини со слободно ниво на подземни води и подлабоко за фаза експлоатација водоносни средини со ниво на подземни води под притисок (артерска и субартерска издан).

Според хидродинамичкиот карактер на нивото на подземна вода се јавува издан со слободно ниво (кровинска–к), и подлабоко во фаза на експлоатација издани со ниво под притисок (прва меѓуслојна - M_1, втора меѓуслојна – M_2 и подинска – п).

Поради големата хетерогеност на средината од литолошки аспект, може да се нагласи дека хетерогеноста на средината е изразена и во поглед на хидрогеолошката функција

на карпестите маси, а заради поконцизен преглед, генерално за одделните литогенетски единици може да се истакне следното:
Во прекамбрискиот комплекс имаме застапеност на хидрогеолошки изолатори (микашисти и релативни колектори (гнајсевите).
Во надпродуктивната серија најзастепени се појави на изолатори од сиви-глинци трепели
Во продуктивните слоеви, застапени се изолатори од јагленова глина и јаглен.
Во плиоценските подински творби преовладуваат хидрогеолошки колектори главно во склоп на подинската издан под притисок од песокливо прашинест состав.
Границите меѓу различните хидрогеолошки средини наместа се јасни, но наместа се сложени, така што има и појави на вклопени делови од хидрогеолошки колектори во изолатори. Во оваа смисла, горенаведената поделба треба да се сфати како генерална, а на места се можни мали отстапувања од истата.

Анализа на фактори од кои е условен изборот на соодветно решение за заштита од површински и подземни води
Изборот на соодветно решение за одводнувањето и заштитата на површински коп од површински и подземни води е базирано на конкретните геолошко-хидролошко-хидрогеолошки услови, како и на карактеристиките и параметрите на наоѓалиштето, како и врз основа на усвоената рударско-технолошка концепција и динамика на отварање и експлоатација на копот од основната концепција.

Подземни води
Присуство на подземна вода на копот, се карактеризира со слаба до средна водоносност. Во централните делови од теренот може да се очекува доток на подземна вода до 6 l/s, додека во јужните делови малку поголем до 8 l/s. Исто така, во јужниот дел треба да се очекува интензивна појава на CO_2 и други гасови. Во меѓуслојните издани и подинската издан се јавуваат субартески притисоци. За непречена работа на работна механизација и одвивање на рударско-технолошки активности потребно е намалување на хидростатички притисоци.
Распоредот на експлоатационите бунари со кои би се вршело одводнувањето на површинскиот коп од подземните води е во зависност од напредувањето на експлоатационите работи, режимот на подземните води и филтрационите карактеристики на литолошките слоеви.

Филтрациони карактеристики на литолошките слоеви
Кровинската изданската зона К со слободно ниво од збиениот тип во колекторските членови со суперкапиларна порозност, е формирана во квартерните неврзани седименти (алувијални и пролувијални наслаги) и во надпродуктивните плиоценски неврзани карпести маси претставени со песокливо-чакалести наслаги. Максималната дебелина на кровинската изданска зона на колекторот изнесува од 5-15 m и коефициент на филтрација од K_f=6.53 x 10^{-4} m/s.
Првата меѓуслојна изданска зона M_1 под притисок се наоѓа во прашинесто-песокливи наслаги помеѓу првиот и вториот јагленов слој. Просечната дебелина на оваа зона за целото наоѓалиште изнесува 8,2 m. По своите хидрогеолошки карактеристики, оваа е издан од збиен тип и е со субартески притисоци во границите од 0,40-0,53 бари. Генерална насока на движење на подземните води е од исток кон запад, со одделно локално варирање. Среден коефициентот на филтрација е K_f =1,0×10^{-4} m/s.
Втора меѓуслојна изданска зона M_2 се наоѓа во песокливо-прашинести наслаги помеѓу вториот и последниот јагленов слој. Се протега во правец ССЗ-ЈЈИ и исклинува кон источните ободни делови, како и на западната страна према Пелагониската котлина. Просечната дебелина на оваа изданска зона изнесува 6,6 m, додека максималната дебелина изнесува 25m. Средна вредност на коефициентот е K_f=5,2×10^{-5} m/s, додека хидрауличкиот градиент изнесува i=0.015, брзината на движењето на подземните води изнесува v=0.013 m/ден.
Подинска изданска зона под притисок е констатирана во целото јагленово наоѓалиште Брод-Гнеотино, во подинскиот комплекс на базалната (подинска) фација,

со дебелина од преку 100 m,. Колекторската зона на оваа издан ја сочинуваат песокливи и прашинести плиоценски седименти со голема дебелина.“Самоизливни” води, односно артерски подземни води кои истекуваат се регистрирани во пиезометарот 16/VIII' (П), чија издашност изнесува од 0,52÷0,62 l/s и во кровинската изднска зона е регистрирана самоизливна вода во кровинскиот пиезометар $15/VI_1$ (К) со Q=0,22÷0,75 l/s. За пресметка е усвоен среден коефициент на филтрација $K_f= 6,7\times10^{-5}$ m/s, хидрауличкиот градиент i = 0,02 додека брзината на движењето на подземните води е v=0,115 m/ден. Ваквите брзини укажуваат на средни вредности на издашноста на изданскиот ток, а со тоа средни висини на дотоци на подземни води во процесот на експлоатација.

Режим на подземните води

Режимот на подземните води на истражниот простор преставува процес на измена на основните елементи на подземните води (ниво, проток, хидрауличен градиент, температура, хемиски состав и др.) во просторот и времето под влијание на природните и антропогени фактори.

Фактори кои влијаат на режимот на подземни води се:

-хидрометролошки фактори (атмосферски врнежи, температура, влажност на воздухот, евапотранспирација и др.)
-хидролошки фактори
-геодинамички фактори
-неотектонски движења
-современи вулкански процеси
-вештачки, антропогени фактори

Во зависност од влијанијата промените на елементите на подземните води се дневни, сезонски, некои поевеќе годишни, некои делуваат постојано и континуирано а некои повремено. Какво ќе биде влијанието на поедини фактори на режимот на подземни води зависи пред се и од хидродинамичките карактеристики на нивото на подземни води, како и длабината на залегање и др.

Биланс на подземните води

Површинскиот коп, представува една средина која според конфигурацијата овозможува акумулирање на подземни и површински води.

Оценката на резервите е направена според општо прифатена методологијата во хидрогеолошката пракса според која сите резерви на подземни води можат да се поделат во три основни групи или категории:

- статички резерви,
- динамички резерви и
- експлоатациони резерви

Истражуваниот простор кој е предмет на обработка опфаќа површина од 787.500 m² = 78 hek, во оквир на издвоените издани пресметани се резервите на подземна вода,

Статички резерви- претставуваат постојана количина на вода, која е застапена во сите водоносни слоеви и во секое време претставува резерви поврзани со долгогодишни геолошки процеси. Во фазата од хидрогеолошките истражувања на Брод Гнеотино, се одредувани, поединачно за секој издан посебно, а потоа сумарно според формулата

$$Q_{sta.} = \mu \text{ x } V, (m^3);$$

μ - Специфична издашност,

V - (m^3), Волумен на изданот

$V = F \times hsr \times n \Rightarrow Qst = V \times \mu = F \times hsr \times \mu$

F (m^2) - површина на водоносната средина;

hsr (m) -средна дебелина на водон. средина;

n - ефективна порозност на средината

Динамички резерви- количини на вода во водоносникот кој се пополнуваат во текот на годината, или одреден временски период, односно тие претставуваат природни протоци на подземната вода во било кој профил на подземниот ток. Динамичките резерви пресметани се преку формулата

$$Q= Kf_{sr} \text{ x } H_{sr} \text{ x } B_{sr} \text{ x } I$$

Q – проток на подземна вода m^3/s

Kf_{sr} – осреден коефицент на филтрација m/s

H_{sr} - осреднета дебелина на изданот m

B_{sr} – ширина на изданот m

I – хидруличен градиент

Експлоатациони резерви- количина на подземна вода која може да биде експлоатирана во единица време од водоносната средина со рационални во техничко економски поглед водозафати. Пресметките на експлоатционите резерви се сведуваат на очекувани дотоци во копот односно на приливот на атмосферските врнежи по формулата

Q= F x W

F –површина на Брод Гнеотино≈4,66 km^2

W_{sr} – висина на воден талог

Пресметаните резерви на подземна вода за ПК се дадени во следната табела.

Табела 1. Компаративен приказ на пресметаните резерви за Брод Гнеотино

ИЗДАН	Статички	Динамички	Експлоа-тациони
кровинска	3 280 736	4 260 514	/
меѓуслојна	2 427 653	214 445	/
подинска	550 788	3 803 242	/
ВКУПНО	6 259 177	8 278 201	2502420

Техничко решение за заштита на рудникот од подземни води

Технологија на одводнување која ќе го решава проблемот на одводнување и прифаќање на подземните води е со комбиниран метод на одводнување (вертикални водозафатни објекти - бунари и етажни канали)

За таа цел потребно е во прва фаза да се направат електрични испитувања со методата на верикални електрични сондирања која може да се изведува со симетрични Шлумбергови распореди на електродите, или со троелектродни модификации, со цел да се одреди мокноста на застапените седименти-наноси со интергрануларна порозност, или поточно длабината до НПВ и за утврдување на хидрогеолошките карактеристики на предвидениот терен за одводнување во период до 2016 год во вкупен обем од 4200m.

Во втора фаза за одводнување на површинскиот коп, планирано е изработка на експлоатациони бунари. Предноста на вертикалните дупчени бунари е и што лесно се прилагодуваат на динамиката и конкретните услови на теренот. Можат да се користат за одводнување како на подината, така и на кровината. Можат да се изведуваат на површина на теренот или на било која етажа, со што се намалува длабочина и се постигнува поволен економски ефект, а одводнувањето станува флексибилно во однос на откопување. Покрај ова, многу значајно е што бунарите овозможуваат "вентилација" на гасовите, со што се намалуваат порни притисоци.

Бидејќи се работи за експлоатациони/црпни бунари чија цел е заштита и зафаќање на подземните води од постоечките водоносни средини, за избор на параметри на одводнување се усвојува проектирана варијанта со:

-должина на бунарски низ 1 од 11 бунари во прва година(надолжен профил 12_1-14, попречен V_1-VII_1) L=880m, низ 2 од 5 бунари во втора година (надолжен профил 12-12_1 попречен профил V_1-VII_1) со L=400m, а во низот 3 од 5 бунари во трета година (помеѓу Б-13 и Б-17) L=500m;

-проектиран капацитет Q=25-30l/s при константно работење на длабинските пумпи и константен водоносен столб во бунарите за период од една и повеќе години т.е. за период на рударските активности за предвидените фази;

-проектирано снижување до горна кота на јагленот за период на 1 година (2014 г.), Sdin=35,50m и кота на НПВ=549,50 m.n.m;

-проектирано снижување до долна кота на јагленот за период на 1 година (2014 г.), Sdin=72,50m и кота на НПВ=549,50 m.n.m;

-проектирано снижување до горна кота на јагленот за период на 2 година (2015 г.), т.е Sdin=56,60m,кота на НПВ=528,40m.n.m;

-проектирано снижување до долна кота на јагленот за период на 2 година (2015 г.), т.е Sdin=84.20m кота на НПВ=500,80 m.n.m

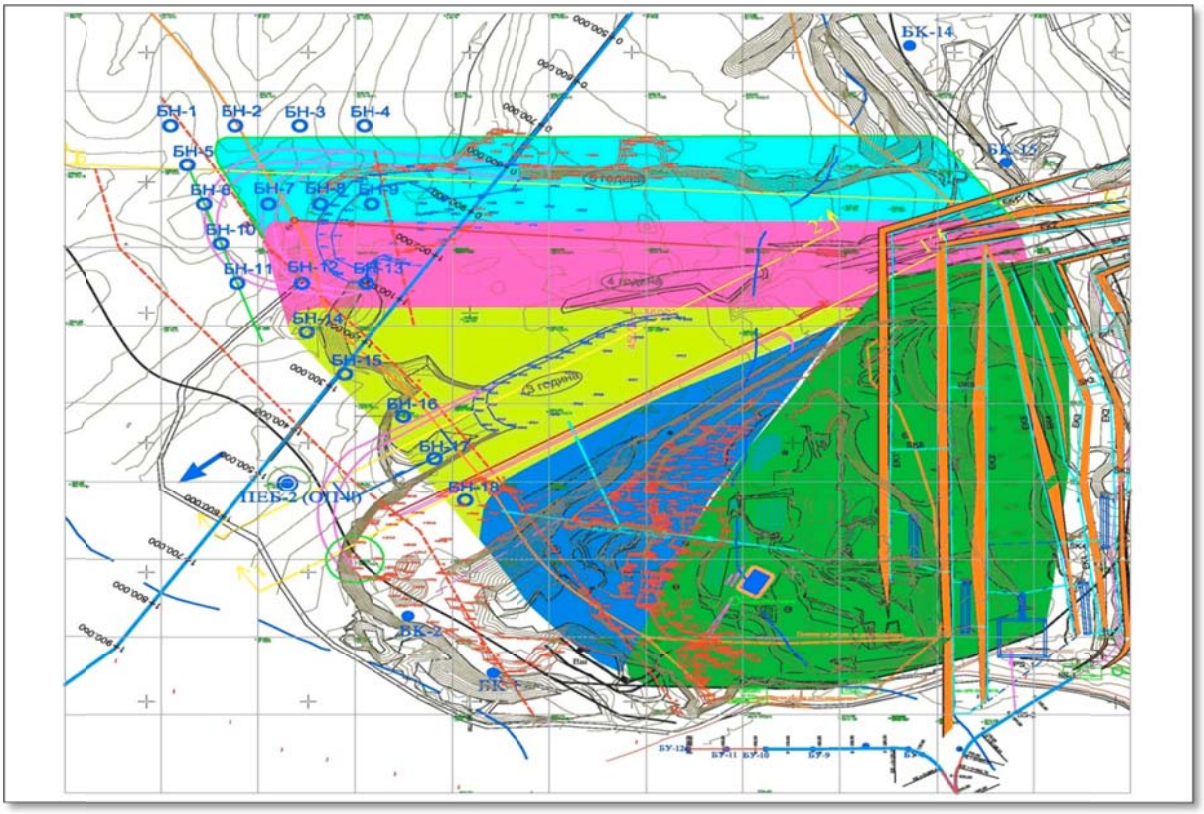
проектирано снижување до горна кота на јагленот за период на 3 година (2016 г.), т.е Sdin=49,50m,кота на НПВ=535,50 m.n.m.

-проектирано снижување до долна кота на јагленот за период на 2 година (2016 г.), т.е Sdin=72.0m и кота на НПВ=513,0 m.n.m

-вкупен капацитет на бунари по години (фази): за прва година (2014г.) Qvk=275-330 l/s, за втора година (2015г.) Qvk=125-150 l/s и за трета година (2015г.) Qvk=125-150 l/s т.е во континуитет во период 1 – та и повеќе години, станува збор за брзо одводнување на дадената средина и одводнување на константното НПВ за период на рударските активности за дадениот простор.

Нивото на подземна вода ќе се следи секојдневно со пиезометри од кои 21 ќе бидат поставени на растојание од 25 m северно од секој новопредвиден бунар. Пиезометрите се предвидуваат да се изведат со структурно дупчење и се поставени на О-БТО и І-БТО.

Местоположбата на бунари и пиезометрите е прикажан на слика 2 и табела 2.



Слика 2. Ситуациона карта на Површинскиот коп Брод Гнеотино со местоположба на бунари и пиезометри

Табела бр.2 Табела на проектирани бунари за одводнување на ПК

Ново предвидени бунари	Кота на терен	Длабина на бунарот	Година на изведба на бунарите	Координати
БН-1 ($V_1/11_1$-12)	604.6	40.0	**III** (2016 г.)	X= 4 536 360 Y= 7 544 287
БН-2 (VI/11_1-12)	608.3	55.0	**III** (2016 г.)	X= 4 536 360 Y= 7 544 387
БН-3 (VI/11_1-12)	606.0	55.0	**III** (2016 г.)	X= 4 536 360 Y= 7 544 487
БН-4 ($VI_1/11_1$-12)	610.2	49.0	**III** (2016 г.)	X= 4 536 360 Y= 7 544 587
БН-5 (12/V_1)	605.0	45.0	**III** (2016 г.)	X= 4 536 284 Y= 7 544 313
БН-6 (V_1/12-12_1)	605.0	40.0	**III** (2016 г.)	X= 4 536 208 Y= 7 544 339
БН-7 (VI/12-12_1)	602.8	40.0	**II** (2015 г.)	X= 4 536 208 Y= 7 544 439
БН-8 (VI_1/12-12_1)	602.5	46.0	**II** (2015 г.)	X= 4 536 208 Y= 7 544 518
БН-9 (VI_1/12-12_1)	577.5	46.0	**II** (2015 г.)	X= 4 536 208 Y= 7 544 599
БН-10(12_1/VI_1-VII)	601.7	55.0	**II** (2015 г.)	X= 4 536 133 Y= 7 544 364
БН-11 (VI/12_1-13)	599.5	35.0	**II** (2015 г.)	X= 4 536 057 Y= 7 544 390
БН-12 (12_1/VI-VI_1)	606.3	40.	**I** (2014 г.)	X= 4 536 057 Y= 7 544 490
БН-13 (VI_1/12_1-13)	576.5	45.0	**I** (2014 г.)	X= 4 536 057 Y= 7 544 590
БН-14 (VII/12_1-13)	602.5	49.0	**I** (2014 г.)	X= 4 536 057 Y= 7 544 690
БН-15 (13/VI-VI_1)	523.7	36.	**I** (2014 г.)	X= 4 535 962 Y= 7 544 441
БН-16 (VI_1/13-13_1)	538.7	45.0	**I** (2014 г.)	X= 4 535 882 Y= 7 544 450
БН-17 (VI_1/13-13_1)	601.0	47.5	**I** (2014 г.)	X= 4 535 882 Y= 7 544 657
БН-18 (VII/13-13_1)	602.0	49.0	**I** (2014 г.)	X= 4 535 882 Y= 7 544 757
БН-19(13_1/VI_1-VII)	548.5	50.0	**I** (2014 г.)	X= 4 535 801 Y= 7 544 564
БН-20 (VII/13_1-14)	547.8	49.0	**I** (2014 г.)	X= 4 535 720 Y= 7 544 622
БН-21 (14/VII)	545.3	35.0	**I** (2014 г.)	X= 4 535 640 Y= 7 544 680

Техничките услови на изведба на проектираните работи за одводнување и заштита на копот од подземните води

Ќе се изведуваат според следните работи:

Геодетско лоцирање на бунарите и пиезометрите.

Припремни работи - монтажни и демонтажни работи, ископ на два базенти за дупчење на експлоатационите бунари и обезбедување на техничка вода за изведба на дупчачките работи.

Дупчење на бунарите – треба да се изведува со методологија на реверсна метода на дупчење со длето со употреба на чиста вода. На почеток ќе се изведува машинско дупчење или рачен ископ од Ø 1000 од површината на теренот до длабочина од 5.0 m, потоа ќе се изврши набавка и вградување на заштита (воведна) челична колона Ø 820 и цементација на меѓупросторот помеѓу Ø 1000 и Ø 820. Потоа следува машинско реверсно дупчење на бунари со пречник Ø 720 во интервал од 5.0 m до проектирана длабочина. Пречникот на дупчење до крајна длабина треба да биде Ø 720 mm.

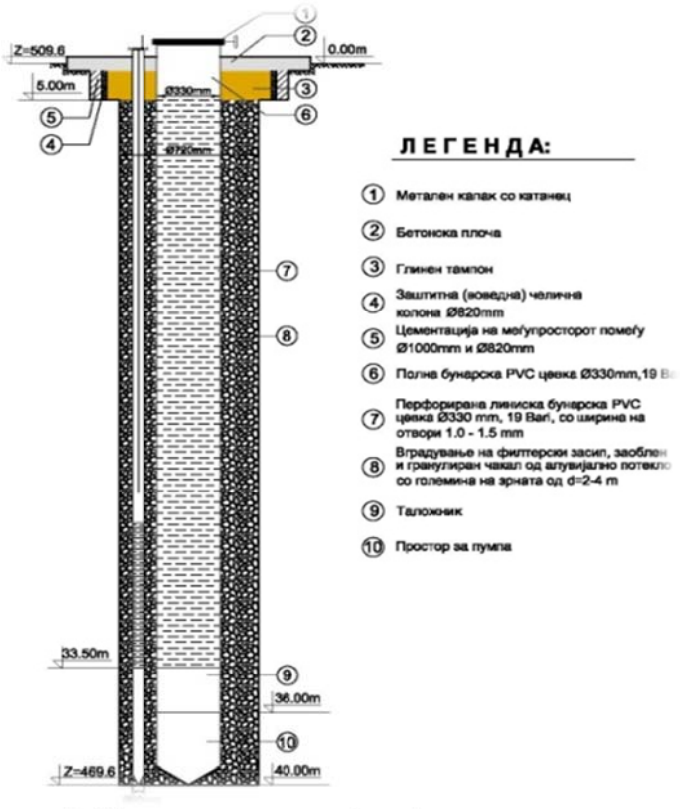
Зацевување на бунарите - Во бунарите после нивната изведба по целата нивна должина треба да се вградат полни и филтерски пластични бунарски цевки со дијаметар Ø 315 mm, и дебелина на зидот од 15 mm, т.е. бунарските цевки кои се вградуваат кај конструкции со поголеми длабочини до 180m и НПВ до 100m препорачливо е да се со дијаметар Ø 330 mm, дебелина на ѕидот од 19 mm и должина на цевка од L=4.0m, односно бунарски цевки со песочен филтер со зголемена дебелина на ѕидот и кварцна облога од 96% SiO_2. Филтерските цевки треба да се перфорираат со попречни линиски отвори со ширина 1-1.5 mm, процентна перфорација да биде 12% и притисок 16 b.

Поставување на филтерски засип од гранулиран чакал-По инсталирање на бунарските цевки, помеѓу ѕидот на бунарите и бунарските цевки треба да се постави филтерски материјал од зрнест чакал фракција 1-4 mm, главно со кварцен состав, добро сепариран, двојно перен. Просторот над филтерскиот засип до површина на теренот кај бунарите треба да се заполни со глинен тампон од 0-5m.

Вградување на пиезометри на бунарите - За мерење на ниво на подземни води во бунарите во фаза на тестирање и експлоатација, во меѓупросторот помеѓу ѕидовите на бунарите и бунарските конструкции треба да се вгради пиезометриска конструкција од ПВЦ полни и перфорирани цевки Ø 60 mm со дебелина на зидот 4.6 mm, фабрички линиски перфорирани 8% и ширина на отворот од 1.0 mm, местоположбата на полните цевки, таложникот и филтерските цевки треба да бидат соодветни на бунарската конструкција,

Прочистување и разработка на бунарите - Прочистувањето и разработката на бунарите ќе се изведе со аер-лифт метода, со употреба на компресори кои обезбедуваат минимален притисок од 4 бари и проток од 1 m^3/min.

Опремување на устието на бунарот – устиата на бунарите треба да бидат прицврстени со бетонска плоча со димензии (1.20 x 1.20 x 0.60 m) и метален капак со катанец. Слика бр.3.



Слика 3. Шематска конструкција на бунар

Пробно црпење и тестирање на бунарот - Тестирањето на бунарите ќе се изведе со три различни капацитети на црпење и три динамички нивоа - снижувања на нивото на

подземните води во времетраење од по 24 часа за едно снижување или вкупно од 72 h, т.е вкупно 96 h по бунар црпење.

Следењето на нивоата на водата треба да се врши со нивомер, за регистрирање на нивото на водата.Со цел утврдување на хидрауличката врска помеѓу нивото на подземна вода во бунарите во зависност од динамичкото ниво постигната при поединачното тестирање на бунарите, во наредна фаза ќе се изврши групно-батериско тестирање на сите бунари од соодветен низ во вкупно времетраење од 240 часа. Целта на оваа тестирање е со сигурност утврдување на капацитетите на бунарите, динамичките нивоа при различни капацитети и дефинирање на радиусот на депресијата помеѓу поедини црпни бунари и поставената пиезометарска мрежа, што пак дава влезни параметри за успешно одводнување на Брод Гнетино до долна кота на јагленовиот слој по одредени години на експлоатација. Батериско, групно тестирање на бунарите во четири низа (низ I –бунари од 1-5=5 бунари, низ II – бунари од 6-10 = 5 бунари, низ III бунари од 11-15 = 5 бунара и низ IV – бунари од 16-21 = 6 бунара) во времетрање од 240 h по низ со три различни капацитети и три различни динамички нивоа. Со цел да се испитаат физчко хемиските карактеристики на подземните води како и нивното влијание врз околината, односно можното загадување на површинските води во случај на нивна зголемена штетна минерализација, агресивноста кон металните конструкции, се земаат примероци од подземната вода.

Методологија на изведба на пиезометри

Истражната пиезометарска дупнатина ќе се изведе со ротациона метода на дупчење со континуирано јадровање (80-90% јадро) на материјалот по целата длабина на дупчење и истото е повеќе наменско, односно геолошко, хидрогеолошко и геомеханичко дупчење. Дупчењето ќе се изведува структурно дупчење на “суво’, или со употреба на минимално налевање на флуид од ретка исплака, со обложување (зацевување) во зоните на зарушување и со пречник на дупчење Ф146/131/116/101 и прорајбување со Ф151mm на 21 дупнатини. Истражната дупнатина со вградување на пластична пиезометарска конструкција од полни и линиски перфорирани цевки со фабрички навој со пречник Ø 60 со ширина на отворот од 1.0 mm, перфорација мин. 8% и дебелина на зидот од 4.6 mm и на крајот зацврстување и осигурување на пиезометарот со бетонска плоча (0,40*0.40*0,60m) и метален капак со катанец. Пиезометарот во овој случај има функција за пратење на колебањето на НПВ и земање на примероци на вода за хидрохемиски испитувања.

Динамиката и редоследот на изведување на работите и пуштање на објектите во работа, сврзани со заштитата на копот од подземните води, зависи од многу фактори, а пред се и од динамиката и концепцијата на рударско технолошките фактори.

ЗАКЛУЧОК

Предложениот концепт на обем, вид и распоред на хидрогеолошките објекти после извршените обилни симулации на динамиката и пресметка на резервите на подземна вода, со утврдени капацитети на црпење на подземните води со Q=25-30 l/s по бунар, во континуитет за период од една фаза (година) и константно одржување на динамичкото ниво во бунарите ќе придонесе за успешно одводнување на ПК Брод Гнеотино до долна кота на јаглен по одредена година (фаза) од напредувањето на површинскиот коп, или поточно за период од 2014-2016г.

ЛИТЕРАТУРА

Главен рударски проект за отварање и експлоатација на п.к. Брод - Гнеотино - Проект за заштита на површинскиот коп од површински и подземни води - Книга VI, РИ ПОВЕ - Скопје и ГЕИНГ– Скопје, 2006г

Дополнителен рударски проект за заштита на површинскиот коп Брод Гнеотино од површински и подземни води - ГЕИНГ Кребс унд Кифер Интернешнл и др. ДОО – Скопје,2014.

ХИДРОГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ПОЛИМЕТАЛИЧНОТО НАОЃАЛИШТЕ ЛУКЕ - КРИВА ПАЛАНКА

[1]Ласте Ивановски, [2]Војо Мирчовски, [2]Ѓорѓи Димов, [2]Виолета Стефанова, [1]Силвана Пешовска

[1]Геохидроконсалтинг, Скопје, laste.geohidro@gmail.com
[2,]Факултет за природни и технички науки, Универзитет Гоце Делчев Штип

Абстракт
Од особена важност за секое наоѓалиште на минерална суровина е детално проучување и разјаснување на хидрогеолошката проблематика, особено квалитативните и хемиски карактеристики на подземните и површински води. Ова е посебно значајно за наоѓалиштата кај кои се планира подземна експлоатација.
Од досега реализираните истражни работи на локацијата на полиметалично наоѓалиште „Луке“ се гледа дека со досегашниот обем на изведени истражни работи од хидрогеолошки аспект ова наоѓалиште речиси и да не е третирано. Сите досегашни истражувања и испитувања се сведувани само на утврдување на геолошката градба и на квалитативно квантитативните карактеристики на минералната полиметалична суровина. Имајки го во предвид фактот дека на ова наоѓалиште ќе се изведува подземна експлоатација на минералната суровина, од голема важност е третирање и на хидрогеолошката проблематика, при што поважните ХГ карактеристики на ова подрачје се дадени во овој труд.

Клучни зборови: хидрогеолошки карактеристики, наоѓалиште, подземна вода, водоносник

ВОВЕД

Во текот на 2014 год. извршени се хидрогеолошки истражувања за дефинирање на хидрогеолошките карактеристики на полиметаличното наоѓалиште „Луке“ - Крива Паланка. Со овие истражувања извршено е:

- Дефинирање на хидрогеолошки карактеристики на средината со акцент на хидрогеолошки својства и функција на застапените литолошки формации;
- Дефинирање на хидрогеолошките параметри на средината: коефициент на филтрација (kf) и трансмисивност (T),
- Режим и биланс на подземните води;
- Резервите на подземните води: статички, динамички и експлоатациони;
- Условите на прихранување;
- Дефинирање на параметрите на бунарот: радиусот на депресија, издашноста и депресија на НПВ;
- Влијанието на експлоатацијата на подземната вода врз природните услови во регионот;
- Влијание на подземните води на идната експлоатација на подземниот коп;
- Хемискиот состав на водата и реонизација на теренот според хидрохемиските типови на вода.

ПРИМЕНЕТА МЕТОДОЛОГИЈА НА ИСТРАЖУВАЊЕ

Во претходниот период за овој простор вршени се само регионални хидрогеолошки истражувања кои се прикажани во ОХГК 1:100 000, лист Кратово. (С. Пешовска, З. Илијовски)
Врз основа на досегашните хидрогеолошки истражувања и искуства, проектирани се хидрогеолошки истражни работи за дефинирање на деталните хидрогеолошки карактеристики на полиметаличното наоѓалиште Луке.
Во оваа фаза на истраги изведени се следните хидрогеолошки истражувања и испитувања:

- Хидрогеолошко картирање на предметната локација и поширокатa околина на претходно изработена топографска основа;

- Формирање на набљудувачка мрежа на површински и подземни појави и објекти, мониторинг на извори и површински водотеци и изработка на катастар за истите;
- Мониторинг на ниво на подземни води во истражни дупнатини во период од три месеци;
- Изработка на комплетни физичко-хемиски анализи на вода од извори и површински водотеци (10 анализи);
- Радиолошки анализи на вода од површински водотеци (2 анализи).

За дефинирање на хидрогеолошките параметри на овој истражуван терен во склоп на овие истражувања изведени се и еден истражно-експлоатационен бунар ИЕБ-1 и еден набљудувачки пиезометар П-1.

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

За дефинирање на хидрогеолошките карактеристики на полиметаличното наоѓалиште „Луке“ анализирани се одредени сознанија за геолошката, структурно- тектонската градба на теренот како и морфолошките, хидролошките и климатолошките карактеристики на подрачјето. Како резултат на изведените истражни работи добиени се одредени сознанија за хидрогеолошките карактеристики и хидрогеолошките параметри на овој простор кои ќе претставуваат основа за понатамошните хидрогеолошки истражувања во фазата пред и по отпочнување на експлоатација на наоѓалиштето „Луке“. Меѓу другото добиени се и одредени податоци за ХГ функција на литолошките членови од кои е изграден теренот како и податоци за можниот прилив на подземни води во идните рударски простории, и начинот на одводнување на јамските простории. Притоа е водено сметка за зачувување на работната и животна средина, како и заштита од загадување на подземните води и површински водотеци.

ГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА НАОЃАЛИШТЕТО

На поширокиот простор, теренот има доста сложена геолошка градба како и сложени структурно тектонски карактеристики. Ние сепак ќе дадеме опис само на литолошките единици присутни во самото наоѓалиште и за кои е поврзано оруднувањето. Основата на потесното подрачје на наоѓалиштето ја изградуваат рифеј-камбриските зелени шкрилци преку кои од СИ страна се распространети и еоценски седименти. Овие постари метаморфни и седиментни творби се пробиени со помладиот терциерен вулканизам вдолж државната граница со Р. Бугарија. Во површинските делови се распространети и квартерни седименти (С. Христов, М. Карајовановиќ, Ј. Јанчевски, В. Иванова; Толкувач Лист Кратово, 1969).

Рифеј-камбриските карпи во склоп на наоѓалиштето „Луке“ се распространети на ЈЗ дел како издолжена маса во правец ССЗ-ЈЈИ. Изградени се од шкрилци со низок кристалинитет од така наречената зелена серија. Во рамките на оваа „зелена серија“ се издвојуваат различни вариетети: хлорит-мусковит-серицитски, албит-епидотски, албит-епидот-хлоритски, албит-хлорит-амфиболски и хлоритско-биотитски шкрилци, а поретко во зелените шкрилци се појавуваат и партии на амфиболски шкрилци, а не е исклучок да постојат и масивни амфиболити и метабазити (се сретнуваат големи блокови од овие карпи покрај коритото на Лучка Река).

Сите напред наведени шкрилави карпи во поедини делови се интензивно здробени и тектонизирани а, во поедини делови и интензивно изменети и оруднети.

Во шкрилците се сретнуваат и кварцни жици (q), издолжени до десетици метри, а во дебелина до мах. 2-3m. Кварцните жици најчесто се претставени со доста чист кварц, кои ја пратат фолијацијата, а се појавуваат и во др. правци, предиспонирани со пукнатинските и раседни структури.

Слика 1. Комплекс на зелени шкрилци

Горноеоценските седименти се распространети трансгресивно над зелените шкрилци а контактираат од СИ страна и со терциерните вулканити и имат генерален правец на протегање ССЗ-ЈЈИ како и вулканитите. Истите на теренот добро се уочливи. Како главна литолошка единица се јавуваат конгломератите но, вонив се јавуваат и потенки слоеви и прослојки од песочници и глинци. Генерално имаат субхоризонтална до коса слоевитост со пад кон СИ.

Терциерните вулканити се настанати како резултат на интезивните тектонски движења и големата магматска мобилност, кон крајот на палеогенот и почетокот на неогенот. Притоа се настанати многубројни пробои (дајкови, некови) и неправилни изливни вулкански карпи претставени од кварцлатити, санидински дацити и андезити со променлив структурно-минералошки состав.

Кварцлатитите *(xα)* се јавуваат вдолж државната граница со Р. Србија во вид на пробои низ шкрилците и горноеоценските седименти. Се јавуваат во вид на издолжени тела во правец ССЗ-ЈЈИ во вид на жили, дајкови, и изливи низ и преку напред спомнатите карпести маси. Самите се испробиени со помлади ефузивни карпи дацити и андезити.

Јасно се издвојуваат од останатите литолошки членови по својата сива до сивкастозеленикава боја и изразита порфирска структура, со фенокристали на санидин со големина и до неколку cm. Често оваа вулканска карпеста маса е зафатена со серицитизација, каолинизација, карбонатизација и силификација.

Дацитите и андезитите (αq) ги пробиваат и кварцлатитите и сите останати постари карпести маси. И дацитите и андезитите како и кварцлатитите се интензивно алтерисани и содржат калцит, глинест материјал, серицит, хлорит и пиорит.

Квартерните седиментни *(Q)* се претставени претежно со делувијални наслаги (dQ), настанати со површинското распаѓање на матичниот материјал и краток транспорт.

Структурно-тектонските карактеристики се доста значајни бидејки тие се главните причинители за вулканската активност на овој простор како и полиметаличното оруднувањето во покасниот период. Овој простор и неговата поширока околина се карактеризира со повеќе фазно формирање на масивот во текот на каледонската, херцинската и алпската орогена фаза.

Со каледонската орогенеза се создадени основните контури на осоговскиот масив - антиклинориум.

Во текот на херцинската орогенеза се вршело создавање на брахи облици на тангенцијалната тектоника. Тектонската слика на овој простор, се дооформува со алпската орогена фаза, кога и настануваат дисјунктивните руптурни структури, бидејки основното разместување на полиметаличната минерализација е извршено токму во овие дисјунктивни руптурни структури.

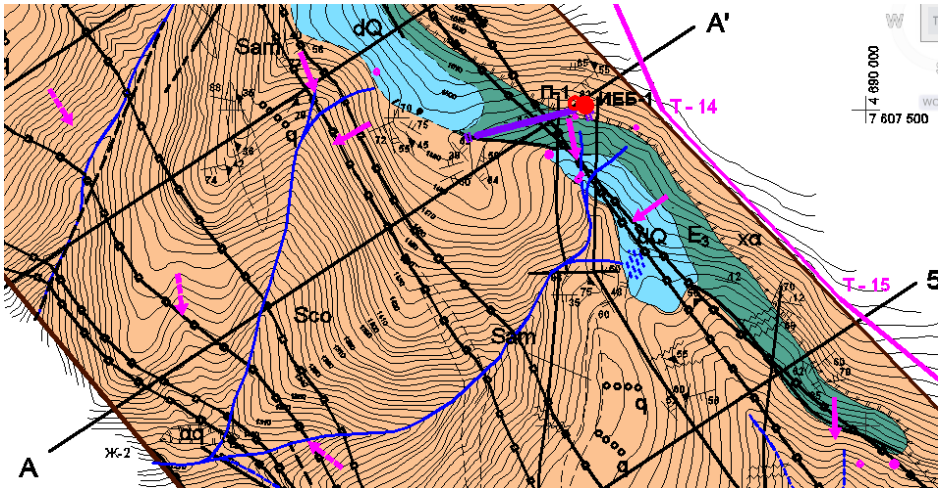
Постарите структури имаат правец на протегање ССЗ-ЈЈИ кои во најголем дел се заполнети со хидротермални измени пропратени со полиметалично оруднување, додека другиот систем е дијагонален или нормален на првиот, со генерално протегање СИ-ЈЗ.

ХИДРОГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА НАОЃАЛИШТЕТО

Овој терен во поглед на хидрогеолошката реонизација на република Македонија припаѓа на Српско-македонската хидрогеолошка провинција (Д. Ѓузелковски, 1999).

Карактеристично за оваа хидрогеолошка провинција е што најголема распространетост завземаат карпи со пукнатинска порозност во кои се јавуваат пукнатински тип на водоносници со слободно ниво на подземната вода и поретко ниво под притисок (артеско и субартеско ниво). Оваа карактеристика се однесува и за самиот истражен простор кој во основа е претставен со палеозојски и предпалеозојски шкрилци и еоценски конгломератични седименти пробиени со терциени вулканити. Во овие средини постои мала можност за акумулација на поголеми количини на подземни води.

На наредниот прилог (хидрогеолошка карта со ХГ профил) се гледа хидрогеолошката градба на еден дел на теренот каде е изведен и еден истражно експлоатационен бунар (ИЕБ-1). Овој ИЕБ-1 е изведен во сложена хидрогеолошка градба на теренот. Според режимот на дупчење до длабина од околу 30-тина метри се дупчеше во вулкански карпи, потоа се продолжи во еоценските седименти до длабина од 50-тина а, потоа до крајната длабина од 120m во зелените шкрилци.



ХИДРОГЕОЛОШКА КАТЕГОРИЗАЦИЈА НА ЛИТОСТРАТИГРАФСКИТЕ ЕДИНИЦИ

Вид на карпа			ЛИТОЛОШКИ СОСТАВ И СТРАТИГРАФСКА ПРИПАДНОСТ			ХИДРОГЕОЛОШКИ СВОЈСТВА		ХИДРОГЕОЛОШКИ ОЗНАКИ	
			Име и опис	Стратиграфска припадност	Литолошка ознака	Хидрогеолошки опис	Класа на водопропусност	На карта: Водоносник на површина на терен	На столб и профил
Водопропусни карпи	Неврзани или слабо врзани кластични седименти	Квартерни седименти	Делувиум	dQ		Меѓузрнска порозност; трансмисибилност и издашност на бунари:	Средна Q=2.0-10.0 l/s; T=50-300 m²/den	11	
	Цврсти карпи	Остатоци цврсти карпи	Конгломерати	E_3		Пукнатинска порозност, хидрогеол. карактеристики на водоносникот (T и Q на бунари и Q на извори)	Слаба Q=0.5-2.0 l/s; T=15-50 m²/den	41	
Водонепропусни карпи	Претежно водонепропусни карпи	Интрузивни, афрунзивни и еланко метаморфни карпи	Дацити и андезити	αq		Пукнатинска порозност; развиена само плитко под површина на теренот, а во длабина непропусни карпи; издани формирани локално и со ограничено простирање; T и Q во горната зона воглавно многу слаби:		60	60
			Кварцлатити	xα					
			Хлорит-серицитски шкрилци	Sco					
			Амфиболски карпи и метабазити	Sam					

Слика 2. Хидрогеолошка карта на дел од истражниот терен

Слика 3. Хидрогеолошки профил на дел од истражниот терен

Од хидрогеолошки аспект поинтересни се помладите раседни и незаполнети пукнатински системи, вдолж кои постојат поволни хидрогеолошки услови за циркулација и акумулација на подземните води. Особено интересни се тектонските јазли каде контактираат постарите со помладите тектонски дисконтинуитети.

Според структурниот тип на порозност, сите литолошки единици кои го изградуваат овој простор можат да се сврстат во три групи:

- *карпи со интергрануларна порозност;*
- *карпи со пукнатинска порозност;*
- *и условно безводни карпи.*

Карпи со интергрануларна порозност на овој простор се претставени со алувијалните седименти на поголемите речни текови Лучка Река и Крстов дол. Во овие седименти има формирано збиен тип на водоносник, со слободно ниво на подземна вода. Ако се земе во предвид фактот дека третираниот простор ги зафаќа горните текови на овие реки, може да се заклучи дека поради брзите води и стрмни текови не постојат поволни услови за формирање на алувијални наноси со поголем депозит.

Алувијалните седиментни наноси се изградени од песокливо чакалест неврзан и несортиран материјал, со присуство на прашинеста материја и големи слабо обработени блокови од околните шкрилави карпести маси и поретко кварц.

На одредени делови на теренот се застапени и делувијални седименти во кои исто така постои можност за формирање на збиен тип на водоносник. Но, со оглед на тоа дека овие седиментни наслаги се застапени во повисоките површински падински делови на теренот, и истите се со доста мала дебелина во Х.Г. поглед не се посебно интересни и имаат хидрогеолошка функција на спроводници.

Карпите со пукнатинска порозност на просторот на наоѓалиштето „Луке“ се најзастапени литолошки единици. Тука спаѓаат зелените шкрилави карпи кои се застапени во вид на повеќе варијетети, потоа еоценските конгломерати песочници и глинци, како и вулканитите (кварцлатити и дацито-андезити).

Генерално сите овие карпести маси се сврстени во група на многу слабо водопропусни до водонепропусни карпи, со функција на хидрогеолошки изолатори, многу ретко колектори. Ретко во одредени интервали, карпите може да имаат пукнатинска порозност, пропусност само плитко под површината, локално со ограничено простирање. Конгломератите како најзастапен литолошки член во еоценските творби може да се издвојат како хидрогеолошки колектор со пукнатинска порозност а локално и интергрануларна порозност во одредени површински делови каде се послабо врзани.

Во шкрилците кои во поедини делови се интензивно испукани и тектонизирани постојат можности за формирање на пукнатински тип на водоносник. Поповолни услови за формирање на овој водоносник постојат кај раседите и раседните и пукнатински зони со генерален правец на протегање ССЗ-ЈЈИ, СИ-ЈЗ, кои се најзастапени дисконтинуитети на овој простор. Ова е потврдено со изведба на еден истражно-експлоатационен бунар и пиезометар на локација кај рудна жица бр.10, изведен на контактниот дел помеѓу вулканитите, еоценските конгломерати и

шкрилците. Со изработка на овој ИЕБ се потврдија очекувањата дека главните водоносници се формирани вдолж раседните структури како и контактот на вулканитите со еоценските конгломерати при што, при тестирање на бунарот е добиена количина на вода од Q=1.25l/sek.

Врз основа на напред изнесените констатации, треба да се очекува циркулација и појави на влажнење од подземна вода вдолж оруднетите раседни структури. Тоа се потврдува и со фактот што од предходно изведените поткопи, од отворите на површина на теренот регистрирано е истекување на вода со количина од околу 0.1-0.2 l/sek. Во одредени делови на вулканските карпи не е исклучена можноста да има формирано пукнатински тип на водоносник.

Условно безводни, водонепропусни карпи кои се претставени со комплексот на вулканити-кварцлатити, дацити и андезити. Овој хидрогеолошки комплекс се карактеризира со сложени структури на порозност. Како резултат на површинското распаѓање на вулканитите дошло до формирање на комплетна зона на распаѓање. Водоносноста на овие карпи, односна акумулацијата на слободните подземни води во нив е мала, поради тоа што продуктите на распаѓање се од глиновит карактер, кој во значителна мера ја намалува ефективната порозност.

Хидрогеолошки карактеристики на водоносниците

Во овој контекст опфатени се видовите на подземни води, условите за формирање на водоносник, ниво на подземните води, определување на хидрогеолошките параметри, динамика на подземните води, како и физичко-хемиските својства на подземните води. Од извршеното хидрогеолошко картирање, изработена е хидрогеолошка карта на теренот, согласно со Правилникот за изработка на ОХГК. Сите картирани единици се изделени во класи и групи, според нивната хидрогеолошка функција (сл.2).

Поволни услови за формирање на водоносник постојат кај алувијалните и делувијални неврзани и слабоврзани седиментни наслаги со интергрануларна порозност. Овие литолошки единици на истражниот простор се слабо застапени.

За разлика од нив зелените шкрилци, еоценските конгломерати и вулканитите имаат широка распространетост но, истите претставуваат хидрогеолошки изолатори, многу ретко колектори, со понеповолни услови за формирање на водоносник. Хидрогеолошките особености и функција на подземните води е во тесна врска со геолошката средина низ која циркулират подземните води.

Имајки ја во предвид геолошката градба на теренот, може да се заклучи дека тој во целина е изграден од шкрилави и вулкански карпи и на нивниот контакт горноеоценски конгломератично песочнички седименти.

Во нив има развиено наместа пукнатинска порозност, при што треба да се очекува дека присутната минерализација како и хидрохемискиот тип на водата ќе зависи токму од минералошко-петрографскиот состав на средината низ која циркулират подземните води.

Правецот на движење на подземните води е во директна зависност од морфолошките карактеристики на истражниот простор како и правците на протегање на реседните структури и главните пукнатински системи. Имајќи го во предвид фактот дека главното дренирање на водоносникот оди преку изворите кои се од гравитационен тип, согласно на тоа правците на движење на подземните води генерално одат од повисоките кон пониските морфолошки делови на теренот.

Но, во одредени случаи (локално) треба да се очекува и движење на подземните води и во спротивен правец како резултат на одредени раседни структури и пукнатински системи кои имат падна насока кон СИ, односно спротивно на падот на теренот. Сепак главното движење на подземните води би било по помладите раседи и раседни зони кои имат правец на протегање СИ-ЈЗ, и поради овие причини, како и поради морфологијата на теренот главните правци на движење на подземните води се ~~баш~~ токму во овој смер, од СИ кон ЈЗ.

Добиени хидродинамички параметри на средината

За дефинирање на хидродинамичките параметри на подземната вода, на овој простор изведен е еден истражно-експлоатационен бунар (ИЕБ-1) до длабина од 120m. Врз основа на податоците добиени со пробното црпење на бунарот според формулата на Dupuit (лит.5) извршено е пресметување на коефициентот на филтрација (Kf) и коефициентот на водопроводноста (T)

$$Kf = 0.732 \times \frac{Q}{(2H - S)S} \times \log \frac{R}{r} - [\text{m/s}];$$

Q [m^3/s] – максимален капацитет на црпење на ИЕБ-1;

S [m] - снижување на НПВ;

H [m] - дебелина на водоносен слој;

r [m] - полупречник на дупчење;

R [m] - радиус на влијание;

T [m^2/s; m^2/den]- коефициент на водопроводност.

$T = Kf \times H$

Како влезни параметри се користени:
Q=1,25l/sek; S=55,2m; R=80m; r=0,1125m; H=35.0m, врз основа на што се добиени:

kf = 3.194×10^{-6} m/sek

T = 1,118 ×10^{-4} m^2/sek = 9,66 m^2/den.

Хемизам на подземните и површински води

Од просторот Луке, земени се вкупно 11 проби за анализа од подземните и површинските води на кои се извршени комплетни физичко-хемиски анализи: една од истражно-експлоатациониот бунар ИЕБ-I, 3 комплетни физичко-хемиски анализи од изворите, и 7 комплетни физичко-хемиски од површинските води (Табела 1).

Покрај физичко - хемиските анализи, направени се и 3 радиолошки анализи врз основа на што е утврдено дека водите не се радиоактивни.

Врз основа на резултатите од хемиските анализи одреден е хидрохемиски тип на водата.

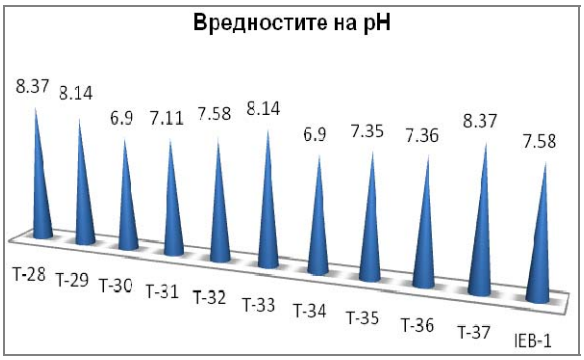
Ке ги дадеме само најкарактеристичните показатели за хемизмот на подземните води:

Според основните физичко-хемиски показатели и основните анјони и катјони, испитуваните примероци на земените проби, на подземните води ги сврстува во група на HCO_3-Ca тип. Според вредноста на елекролитска спроводливост и минерализацијата, овие води се сврстени во група на нискоминерализирани води. Според pH вредноста на водите кои се во опсег од 6.9 до 8.37, водата е неутрална до слабо базична (слика 4).

Табела 1. Хемизам на подземни и површински води

Локалитет „Луке“		Правилник за безбедност на водата - Сл. весник на РМ бр. 46/08)	Забелешка
T-28	поток	V класа*	Заголемена количина на As
T-29	извор	ОДГОВАРА како вода за пиење	
T-30	извор	НЕ ОДГОВАРА како вода за пиење	Заголемена количина на Fe
T-31	извор	ОДГОВАРА како вода за пиење	
T-32	поток	I класа*	
T-33	поток	II класа*	
T-34	поток	III класа*	Заголемена количина на As
T-35	поток	I класа*	
T-36	поток	III класа*	Заголемена количина на Fe
T-37	поток	I класа*	
IEB-1	бунар	НЕ ОДГОВАРА како вода за пиење	

*класа на површинските води според Сл.весник 18/99



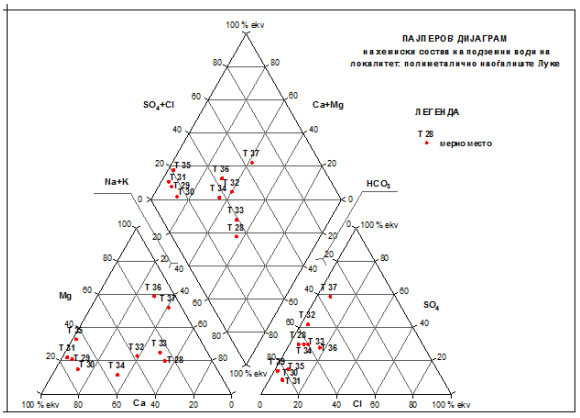
Слика 4. Измерени pH вредности

Бидејќи се работи за подрачје во кое постоеле предходни рударски активности (Крстов Дол) скренавме внимание кон содржината на тешките метали (Fe, Mn, Cu, Ni), вкупната минерализација, како и самите физички карактеристики на водата (боја, мирис и тн.). Според добиените хемиски анализи констатирано е дека нема индикации на загаденост на подземните и

површински води, т.е зголемени концетрации на метали во водата. Агресивно дејство на подземните води врз металите и бетонот и киселинската агресивност, според добиените резултати не е за очекување, бидејќи некои од испитуваните примероци одговараат дури и како вода за пиење (Табела 1).

Исклучок претставува хемиската анализа земена од поток кој се наоѓа во непосредна близина на поткопите, со концетрација на тешки метали особено As и до 10 пати поголема од МДК, што водата ја сврстува во V КЛАСА и може од аспект на заштита на животната средина да биде сигнал за дополнителни хидрохемиски испитувања.

Според досегашните хидрогеолошки истражувања, не може да се потврди дека зголемените концентрации на арсен и железо се поврзани со претходните рударски активности. На наредниот дијаграм (Пајперов дијаграм) е прикажан хемизмот на подземните и површински води од локалитетот „Луке“.



Слика 5. Хемиски состав на подземни води прикажан со Пајперов дијаграм

Хидрохемиски тип на подземните води

Обработката и интерпретација на податоците од хемиските анализи е направена по формула на Курлов, на основ на застапеноста на основните макрокомпоненти во водата изразена во *%ekv*. Поради подобра прегледност обработката на овие податоци ќе ги прикажеме во наредната табела:

Самите оксидо-редукциони услови, во подлабоките зони и составот на карпите во зона на раседните зони, условиле да во бунарот ИЕБ-1 имаме поголема концетрација на Na^+ од Ca^+, за разлика од изворите каде е ситуацијата обратна.

Табела 2. Хидрохемиски тип на подземни води

Извор	Курлова формула	Хидрохемиски тип на вода	Вкупна тврдина TV(dH°)	Вкупна минерализација (g/l)
Т-29	$M0.07\frac{HCO_3 84 SO_4 14 Cl 2}{Ca 73 Mg 21 Na + K 6} pH 7.4,$	Хидрокарбонатно калциумска	Многу мека	Малку минерал. -слатка
Т-30	$M0.06\frac{HCO_3 84 SO_4 9 Cl 8}{Ca 73 Mg 13 Na + K 14} pH 7.22,$	Хидрокарбонатно калциумска	Многу мека	Малку минерал. -слатка
Т-31	$M0.05\frac{HCO_3 84 SO_4 8 Cl 9}{Ca 75 Mg 22 Na + K 3} pH 7.11,$	Хидрокарбонатно калциумска	Умерено тврда	Малку минерал. -слатка
ИЕБ-1	$M0.05\frac{HCO_3 65 SO_4 30 Cl 5}{Ca 25 Mg 20 Na + K 55} pH 7.58,$	Хидрокарбонатно калциумска	Умерено тврда	Малку минерал. -слатка

Количини на резерви на подземни води во застапените водоносници

При деталните хидрогеолошки истражувања на просторот на наоѓалиштето „Луке“ извршени се и пресметки на резервите на подземните води што претставува значаен сегмент за докомплетирање на овие ХГ истражувања и испитувања.

Притоа освен статичките утврдени се и динамичките и експлоатационите резерви кои ќе дадат прогноза на сумараниот прилив на подземна вода кон подземните јамски простории во услови на јамска експлоатација на минералната суровина. За ваква прогноза се применуваат повеќе методи: *ХГ аналогија; Метод на воден биланс; Аналитичка; Експериментална метода; Искуствена метода и др.*

Податокот за севкупната количина на изворите е земена од континуираните мерења во тек на април-мај 2014 год. Истекување на вода преку изворите всушност ги претставуваат динамичките резерви формирани во овој комплекс, и тие изнесуваат за една хидролошка година:

$Q_{дин}$ = 4,63 l/sek = 146 012 m^3/god

При пресметка на статичките резерви земена е во предвид површината на сливното подрачје која всушност го зафаќа горниот тек на Лучка река, која изнесува околу 42 km^2. Со земање во предвид на соодносот на површините на застапеноста на литолошките формации на лист Кратово и сливното подрачје на истражниот терен во кои има формирано пукнатински тип на водоносник може да се добие вредност за статичките резарви на приближно:

$Q_{стат}$ = 12,5 x 10^6 m^3

Овој податок треба да се земе со резерва, односно овие статички резерви на вода можат да се зголемат за уште 10-15 %, при што би се добиле статички резерви на околу 13-14 x 10^6 m^3. Ова зголемување е како резултат на тоа што ова подрачје има поголеми количини на атмосферски талози во однос на просечните на лист Кратово, а исто така има и поволни структурно тектонски карактеристики со нешто подобра можност за циркулација и акумулација на подземните води.

За време на целиот период на експлоатација ќе дојде до црпење на дел од статичките резерви, кои се во зона на влијание на рударските активности, а исто така континуирано треба да се црпат и динамичките т.н. обновливи резерви. Пресметка на експлоатационите резерви на водоносникот од наоѓалиштето „Луке“ може да се изврши преку следната формула:

Q_{exp} = Qobn + Qst/T x a, каде е,

Q_{obn} - Обновливи резерви на подземни води (m^3/sek)

Q_{st} - Вкупни статички резерви на подземни води (m^3)

T - Време на експлоатација на мин. сур.

a - Коефициент на искористување на рудните резерви

Q_{exp}=0,00647m^3/sek+12,5x$10^6$$m^3$/158x$10^6$sek x 0,6 = 0,054 m^3/sek

Заштита од подземни води

Врз основа на досегашните сознанија може да се констатира дека полиметаличното оруднување кај ова наоѓалиште е жично и главната минерализација е по раседните структури со генерален правец на протегање ССЗ-ЈЈИ, со субвертикална до вертикална падна насока, каде ќе се одвива подземна експлоатација на минералната суровина со изведба на подземни рударски простории. Паралелно со експлоатацијата на минералната суровина ќе се одвива и одводнување кое ќе оди главно преку јамските простории.

Паралелно со изведба на јамските простории треба да се врши и хидрогеолошко истражување. Основна цел на тие хидрогеолошки истражувања е обезбедување услови за безбедна изведба на рударските простории и експлоатација на минералната суровина. Постојано треба да се врши комплетно следење на режимот на површинските, подземните и рудничките води. Одводнувањето на рудникот ќе доведе до општо снижување на нивото на подземните води, и образување на депресиона површина која може да има влијание и на околината. Покрај динамичките резерви при одводнување ќе се црпат и статичките резерви. Систематското црпење на подземните води со цел за одводнување ќе има влијание на самиот режим на подземните води.

Односот помеѓу влезниот и излезниот дел на водниот биланс во своите природни услови ќе биде нарушен во тек на изведба на рударските работи. Во текот на одводнување настанува депресиона инка чие влијание може да биде проширено надвор од зоната на рударските активности, со што ќе дојде до промена на хидрауличниот градиент, а со тоа и до промена на подземната вододелница.

При експлоатацијата на минералната суровина водите кои се отстрануват од рудничките простории може да бидат онечистени со компоненти, најчесто со тешки метали.

Поради овие причини рудничките води по својот хемиски состав можат да бидат доста сложени и хетерогени. Тие мора да бидат предмет и на понатамошно испитување, во смисол на заштита поради нивното штетно влијание на луѓето, механизација и опрема кои се изложени на нивно влијание, или пак од друга страна во поглед на можност на нивно користење за потребите на водоснабдување, за добивање на поедини елементи од нив, за проучување на одредена асоцијација на поедини елементи и нивен меѓусебен однос поради користење на таквите податоци за хидрохемиски и др. истражувања.

ЛИТЕРАТУРА

Арсовски М. 1997: Тектоника на Македонија;

Арсовски М., Петковски Р. 1975: Неотектоника на Социјалистичка Република Македонија;

Бабович М., Роглич Ч., Аврамович В., Марич С., 1968: Толкувач за Основна Геолошка Карта на СФРЈ, 1:100 000, лист Трговиште К 34-57;

Весник 1967- Инженерска геологија и хидрогеологија, Београд;

Драгашиќ, В., 1997: Општа хидрогеологија, Београд;

Ѓузелковски, Д., Котевски Ѓ., 1979: Хидрогеолошка карта на Македонија 1:200 000

Илијовски, З., 2015: Методологија за проучување на ранливост на подземните води;

Ивановски Л., Марков М., 2014: Елаборат за изведените детални хидрогеолошки истражувања за полиметалична минерална суровина на локалитет „Луке“, ГИМ - Скопје

Јанковиќ С. 1957г: Економска геологија I део. Београд.

Лазаревски, А., 1993: Климата во Македонија, Скопје: Култура, 1993

Миловановиќ, Д., 1970г: Геолошко-економска оцена лежишта минералних сировина у појединим стадиума истраживања и њена проблематика.

Мирчовски В., Мајер, Д., 2008г: Заштита на подземните води, ФПТН, Универзитет Гоце Делчев, Штип.

Пешовска С., Илијовски З., 2007 Толкувач за хидрогеолошка карта, Лист Кратово 1: 100 000, ГИМ-Скопје

ИСТРАЖУВАЊА НА ПЕТРОТЕРМАЛНА ЕНЕРГИЈА НА ЛОКАЛИТЕТОТ КРАТОВСКО ЗЛЕТОВСКА ОБЛАСТ

[1]Силвана Пешовска, [2]Новица Столиќ, [3]Димитар Петров, [4]Маринко Ефтимов

[1]Геохидроконсалтинг, Скопје, silvana.geohidro@gmail.com
[2]Геолошки завод на Република Македонија, Бул. Свети Климент Охридски бр. 15, 1000 Скопје, Република Македонија, e-mail: novica.stolic@geol.gov.mk
[3]Геолесново, Скопје
[4]Геоинженеринг М, Скопје

Абстракт

Во склоп на глобалниот интерес за замена на енергијата од фосилните горива и атомските реакции со чиста и обновлива енергија, во последните децении во светот и кај нас се актуелизира и промовира истражување и користење и на петротермалната енергија. Петротермална енергија се вбројува во т.н. ″чисти″ и ″обновливи″ видови енергија, и во врска со тоа се промовира и материјално стимулира интензивирањето на нејзино користење за замена со необновливите видови на енергија. Со реализацијата на вакви Проекти, Македонија се приклучува кон Земјите со практична активност во областа на користење на петротермалната енергија.

На предметниот локалитет-Кратовско-Злетовска вулканска област, е застапено аномално геотермално поле, кое може да се поврзе со преостанатото топлотно дејство од ефектите на магматските процеси во текот на неоген, кое условило појава на бројни индикатори за постоење на хидрогеотермални и петрогеотермални процеси и појави, а кои укажуваат на нејзината хидрогеотермална и петрогеотермална потенцијалност. КЗВО е перспективен потенцијален ресурс на петротермална енергија на РМ.

Клучни зборови: петротермална, енергија, индикатори, HDR, геотермално.

ВОВЕД

Темата преставува краток извадок, дел од *Проектот за вршење на детални геолошки истражувања на петротермална енергија на локалитетот Кратовско Злетовска област* кој е финансиран од Владата на Република Македонија, а изработен е од Геологинг ДОО Скопје (Столиќ Н. и соработници, 2012).

Во самиот Проект детално се обработени сите позиции кои се од важност за ваков тип на проекти, но во трудот е даден само краток осврт на Проектот. Со оглед на тоа дека самата проблематика на проектот е доста непозната и неистражена, во трудот се дадени само општите поставки на Проектот, со еден преглед на петротермалниот потенцијал на локацијата, искуствата во светот по ова прашање како и одредени детали по однос на конкретната проблематика за локалноста.

Истражниот простор во наведените граници, зазема површина од 1170km^2. Оваа површина е нерационална за детални геолошки истражувања, и во тој контекст истражувањата на петротермална енергија во Кратовско-Злетовска вулканска област (КЗВО) во овој Проект, се проектирани на истражна површина од околу 700км^2.

Литогеотермални (петрогеотермални) истражувања со современи технологии многу слабо или воопшто не се вршени на истражниот простор. Со оглед на тоа дека на истражниот простор се застапени сите геотермални појави, вклучувајќи ги и петротермалните, тие главно се истражувани во склоп на останатите геолошки, геофизички, геотермални истражувања кои се изведувани во реонот на КЗВО.

Искуствата во светот со современи методи на истражување на петротермална енергија

Истражувања од типот на современите технологии на суви топли карпи HDR - "Hot Dry Rock" во нашата земја се уште не се применливи. Во некои земји се наречени и како EGS “Engenering Geothermal System”), HFR “Hot Fracture Rock” (топла испукана карпа).

Големината на терестичниот топлотен флукс (тек) во некои делови на земјата каде дебелината на континентална кора е потенка, може да биде над нормалните

вредности, бидејќи основните карпи содржат невообичаено висока концентрација на ураниум, ториум и калиум, кои генерираат значителна топлина. За да се осети значителна температурна аномалија на површината со зголемен топлотен ток на мали длабини треба да постојат (радиоактивни) магматски карпи најчесто интрузиви но и ефузиви. Доколку недостасува флуид за пренос на топлината на земјата до површина, тоа мора да се постигне со дупчење до длабини до грејното тело.

Методологијата позната во светските научни кругови како топлина од топла сува карпа односно "hot dry rock" (HDR) веќе долго време е синоним за топлина, продуцирана од длабоки топли магматски, поретко и др. карпи на длабини често поголеми и од 2000-5000m.

Пред околу 40-тина години, за време на првата енергетска криза, оваа идеја била за прв пат претставена од атомски физичари и техничари од Научната лабораторија Лос Аламос во Ново Мексико - САД.

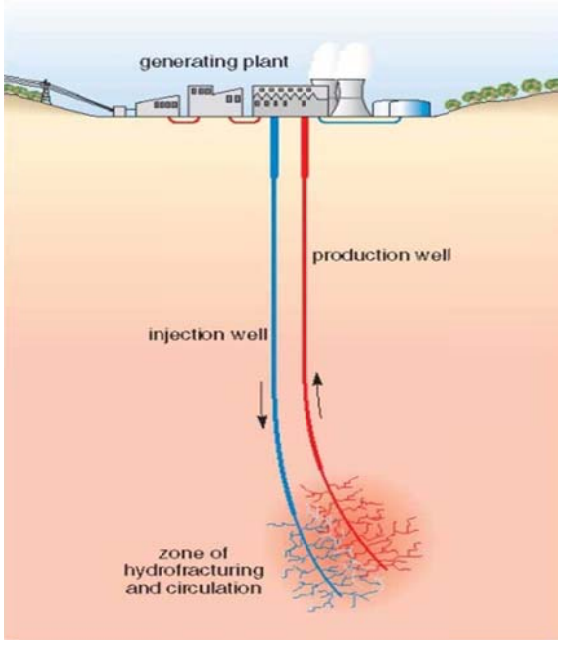
Целта на овој концепт била користење на неисцрпна и широко достапна енергија за производство на електрична енергија од страна на т.н. "вештачки-геотермални-системи". Овој концепт не наишол на големо разбирање во тогашните научни кругови и бил наречен "далечна иднина на технологијата".

Ситуацијата во наредните години е променета. Првите HDR проекти, се изведени во минатите години, преку изведба на длабоки дупнатини. Последните неколку децении во високо развиените земји во светот, расте интересот за истражување и развој насочен кон искористување на топлината од топла сува карпа.

Првично, оваа технологија е иницирана за производство на електрична енергија, и се смета дека економски резултат односно остварливо и исплативо искористување на петротермална енергија може да се постигне ако температурата во петрогеотермалниот систем е над 140-150°C.

Првиот концепт на системот на HDR се базира на претпоставката дека карпите во длабина се речиси суви и водонепропусни. Поради тоа, било предложено да се предизвикаат вештачки фрактури-раседи, преку кои течност под притисок ќе се инектира во земјината внатрешност.

Петрогеотермалните системи на топли суви карпи изискуваат присуство на топли суви карпи кои се испукани во длабина, и во кои се инектира вода под високи притисоци во една дупнатина-инекциона, во зоните на природните пукнатини во карпите. Водата по пат на конвективен пренос, ја одзема температурата од основната карпа, се загрева, и низ друга дупнатина-реинекциона се црпи. Типично петрогеотермално поле, према странските искуства и сознанија, би требало да се очекува на длабини од 2-5km.



Слика 1. Шематски приказ на експлоатација на топлина од земјината внатрешност со HDR концепт

Оваа технологија за експлоатација на топлина од земјината внатрешност, преставува систем на две дупнатини изведени од површина, на соодветно растојание една од друга (слика 1). Едната дупнатина е инекциона преку која се инектира вода. Водата циркулира низ природната геолошка средина од суви топли карпи преку системи на природни пукнатини (ако се работи за порозна средина) или вештачки зголемени пукнатини (во послабо порозни средини).

Преку втора реинекциона дупнатина, водата се експлоатира со потопни пумпи.

Целта на системот на оваа технологијата е да создадат големи топлински изменувачи преку системи на фрактури-раседи. Се ко-

ристи начинот на кој фрактурите можат да бидат генерирани со вода под притисок. Прв пат ова се користело во нафтената индустрија со вбризгување на течноста во дупнатината со пумпи со висок капацитет. Кога течноста под притисок ќе ја достигне критичната вредност, се јавуваат пукнатини и фрактури- хидраулички лом, во основната карпа.

Историјат на истражувањата со технологија на суви топли карпи (HDR) во светски рамки

Во текот на 1970-тите и 1980-тите во развиените земји на светот, САД, Велика Британија, Франција и Германија проучувањето на петрогеотермалниот потенцијал на гранитните интрузиви, преку HDR системи, станал фокус на значителни истражувања.

Првиот предлог да се користи геотермалната енергија од длабоки топли суви карпи доаѓа од физичари на научната лабораторија Лос Аламос во Ново Мексико во 1970 год.

Потоа, експериментот во Шкотска, каде петрогеотермалните системи ги сочинуваат неколку големи, радиоактивни гранитни интрузии, кои делумно се јавуваат на површина. Тие иницираат зони на топлотни аномалии, каде големината на топлотниот ток е повисока за разлика од околните карпи кои не лежат над гранитни интрузии.

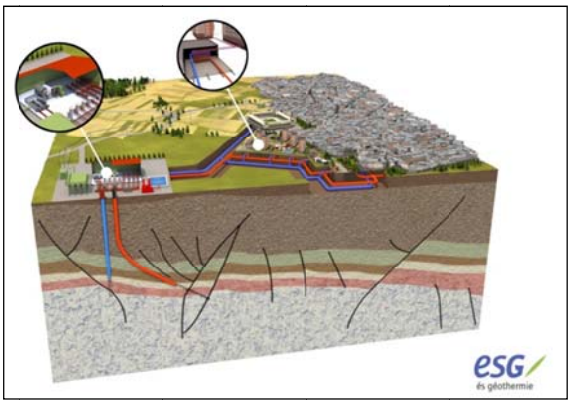
После експериментот во Шкотска, активиран е проект во Франција. Оваа локација е избрана во оквир на гранити, бидејќи поседува висок температурен градиент од скоро T=60°C/1km. За таа цел се изведени две дупнатини со длабина од 3,5km и 5,0km. На дното на дупнатината од 5.0km измерена е температура од 201°C. Со внимателно инјектирање на вода, двете дупнатини успешно се поврзани хидраулички, без губитоци на вода.

Овој Проект е завршен успешно, и претставува најуспешен ваков проект, во однос на големината на постигнатите хидраулички фрактури, проток на вода, губитоци на вода, отпор и др.

Постигнатите резултати потврдиле дека технологијата на HDR системи е огромен потенцијален ресурс на чиста обновлива енергија, економична и со конкурентни цени.

Слика 2. Геоенергана Soultz во Alsace France (Genter A. и др.)

Комплексноста на ваквите петротермални системи илустративно може да се види на слика 3.



Слика 3. 3Д концептуален модел на пермеабилен длабок пунатинско-раседен систем во грабенот на Горна Рајна (извор: ES Géothermie)

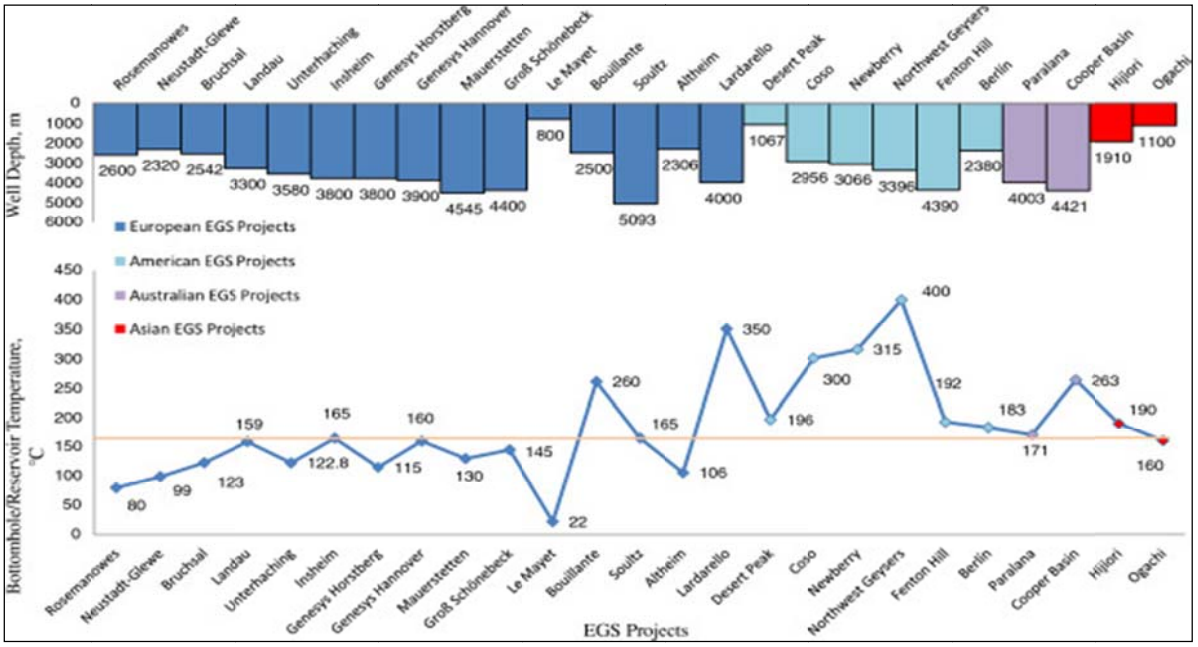
Експлоатационите дупнатини се изведуваат до голема длабочина од 800 до 5093 m (EGS проект "Soultz-sous-Forêts") а се добиваат големи температури од 22°C во проектот “Le Mayeta” Франција до 400°C во проектот “Northwest Geysers” во САД, или просечна температура за сите проекти од околу 170°C.

Согледувајќи ги светските искуства може да се констатира дека реализација на проектите за искористување на енергија од карпи (петротермална енергија) во Република Македонија е мошне сложена проблематика која опфаќа:

- Изведба на скапи истражни работи. По примерот од проектот "Soultz-sous-Forêts" во Франција еден геотермален дублет чинел околу 22 милиони евра, во Унгарија околу 11 милиони евра. Така, според проценките дадени во експертските извештаи за реализација на проектот за искористување на енергија

од карпи (петротермална енергија) во Кратовско-злетовска вулканска област би чинел најмалку 12 милиони евра, од кои околу 1 милион евра за геолошки истражувања и околу 11 милиони евра за изведба на еден геотермален дублет до длабочина 3km.

- Изведба на комплексни истражни работи со примена на мултидисплинарни научни методи и нови технологии. Покрај другото се применува технологија на фрактурирање на подземните карпи односно хидрауличка и хемиска стимулација.
- Истражување и дупчење на голема длабочина (2-5km) каде се јавуваат зголемени притисоци и температури и до 300°C.
- Активности и истражувања кои за прв пат ќе се изведуваат не само во Република Македонија туку и во поширокиот регион.
- Недостатокот од стручноста и искуство за ваков вид на проекти и специфична проблематика во Република Македонија.
- Голем ризик од добивање негативни резултати. За тоа постојат повеќе примери во светот: проект "Fenton Hill" HDR во САД е затворен во 2001 година, експериментален проект "Rosemanowes Quarry" - Шкотска е затворен во 1988 година.
- Сеизмички хазард - можни негативни влијанија врз безбедност на луѓето, населението и околината. Во текот на хидрауличка стимулација и инјектирање на флуид во дупнатината при процесот на дупчење и експлоатација постои ризик од појава на сеизмички потреси (земјотреси) на поширокиот простор со магнитуда и до 4 степени по Рихтерова скала.



Слика 4. Преглед на температура во резервоарот односно на дното на дупнатина во однос на длабочината во EGS проекти во светот (според Breede и др., 2013)

Економската исплативост на ваквите проекти се огледа на следниот пример. Проценката за 1 kWh во еден успешен EGS геотермален проект кој се наоѓа во континентален геолошки контекс на Европа (т.е. во Франција) е приближно околу 180 евра за MWt за производство на 5 MW бруто електрична енергија над 8000 часа годишно. Тоа кореспондира со инвестиција од 40 до 50 милиони евра каде што главните трошоци се: 15% за истражување, 50% за различна опрема вклучувајќи го и дупчењето, 20% за изградба на електрана и 15% за експлоатација и одржување (оперативни трошоци).

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Геолошки карактеристики на истражниот простор

Кратовско-Злетовската област се детерминира како вулканска област во која на површина од околу 1000km^2, во повеќе фази во периодот од олигоцен до плеистоцен е излеана кисела вулканска маса (андезити, дацити, игнимбрити, туфови, бречи) од околу 700km^3. Вулканските изливи се формирани со пробивање низ метаморфниот комплекс во граничните појаси на Козјачко-Осоговскиот регион и Овчеполскиот седиментен басен.

Изливите на магма во КЗВО се поврзуваат со интрузии на гранодиоритска до андезитска магма. Изливните и интрузивни неомагматски процеси се поврзуваат со батолит на кисела магма на длабина од над 7-9km.

Во поширока околина на истражниот простор се издвоени следниве геолошки формации:

- Прекамбриски метаморфни карпи;
- Рифеј-камбријски метаморфни карпи;
- Старопалеозојски метаморфни карпи;
- Младопалеозојски метаморфни карпи;
- Палеозојски гранитоиди;
- Мезозојски седиментни карпи;
- Терциерни седиментни и вулкански карпи;
- Квартерни седиментни.

На потесниот простор на КЗВО се застапени претежно терциерни седименти и вулкански карпи и квартерни седименти, кои во текстот се дадени подетално.

Тектоника

Кратовско-Злетовската вулканска област припаѓа на две тектонски единици: Српско-Македонска маса и Вардарска зона. Разделени се со дислокација од регионален карактер, која на СЗ продолжува низ Кратовско-Злетовската вулканска област, а на ЈИ низ Кочанската Котлина.

Неотектоника

Како дел од Алпската орогенеза, територијата на Македонија за време на неотектонската етапа била зафатена од интензивни тектонски пореметувања, кои се рефлектираат со значајни блоковски поместувања и моделирања на земјината кора.

Со определувањето на режимот на тектонските напрегања, согледани се геодинамичките процеси во неоген-квартарниот период. Како резултат на тие согледувања, се дадени основните законитости на генезата и класификацијата на раседните структури и нивната поврзаност со појавите на геотермална енергија на истражниот простор.

Како доминантен режим на напрегање е посочен екстензивниот режим, кој се одразил со формирање на интензивни млади раседнувања како и реактивирање на постарите раседи. Раседите имаат доминантен гравитацион механизам на движење.

Како резултат на вертикалниот механизам на движење на блоковите, се формирале структури на издигање и структури на тонење-современи неодепресии, односно направена е диференцијација на територијата на Република Македонија на тектонски зони.

Деструктивните тектонски процеси кои се одразиле со формирање на интензивни млади раседнувања како и реактивирање на постарите раседи, во комбинација со ефузивниот магматизам на истражниот простор на КЗВО, биле едни од доминантните фактори за формирање на локалитети на геотермални појави и процеси.

Протегањето на зоните со појави на геотермални појави и процеси, се поклопува со неотектонската реонизација, така што на просторот на КЗВО имаат попречен и дијагонален смер.

Појавите на геотермална енергија во југоисточните делови на КЗВО (Бања-Подлог-Кочани) го следат протегањето на раседот по северниот раб на Кочанска Котлина, а појавите на геотермална енергија во северозападниот дел на КЗВО (Стрновец, Здравевци), се поврзуваат со систем на трансверзални раседи низ кои се втиснувале младите вулкански изливи.

Тектоничарите ја истакнуваат врската на протегање на младите неотектонски раседи со зоните на дистрибуција на геотермална енергија, како зони со зголемен температурен градиент и аномално високи вредности на топлотниот флукс.

Индикатори за постоење на хидрогеотермални и петрогеотермални процеси и појави на површина на КЗВО

Како индикатори за постоење на хидрогеотермални и петрогеотермални процеси и појави на површина на КЗВО кои сведочат за нејзината хидрогеотермална и петрогеотермална потенцијалност се следните:

1. Присуство на вулканогено-интрузивен комплекс

Од аспект на петрогеотермијата, исклучително значење имаат длабинските субвулкански и плутонски преставници на изворната магма, односно гранодиоритски интрузии и андезитско-дацитски пробиви (некови) во постарите околни карпи.

2. Дебелина на земјина кора, која била проценува од страна на повеќе автори. Резултатите од длабоко сеизмичко сондирање (С. Вукашиновиќ и Б. Андриќ, 1981) укажуваат дека земјината кора е најтенка кај Свети Николе–32km и во КЗВО (Злетовска Река-Кочанско Поле) 34km. За споредба дебелината на земјината кора во западниот дел на Македонија изнесува 45km. Според постојните податоци, Мохо-дисконтинуитетот во КЗВО е на длабина 31-39km.

3. Геотермално поле и терестичен топлински проток

Геотермалното поле е одредено со топлотните карактеристики на карпестите маси. Кварцитите имаат константно зголемена топлотна проводливост. Ефузивните карпи застапени на истражниот простор (андезити, дацити...) имаат нешто помала топлотна проводливост од интрузивните карпи. Просторот на И Македонија има изразено големи вредности на топлотен ток (q>110 mW/m-2).

Тоа го потврдуваат и високите вредности на геотермалниот градиент во пределот на ГС Здравевци и неговата поблиска околина.

Имено, во 15 плитки истражни дупнатини (најчесто со длабина од околу 100m), врз основа на прецизно измерените температури во нив, констатирани се вредности на геотермалниот градиент од 1,4–13,2 ^{o}C/100m (Н. Столиќ, С. Ракиќ, 1992).

4. Тектонска местоположба на КЗВО. Во геотектонска смисла КЗВО се наоѓа на граница помеѓу две крупни тектонски единици, Вардарска зона и Српско македонска маса, чиј контактен дел го преставува една длабока регионална раседна зона која е наречена главна раседна линија на Балканот. Нејзиното протегање на териоријата на ИМакедонија е во првец СЗ-ЈИ, и се протега континуирано од ГС Стрновац, преку Средорек, ГС Здравевци, Црни Врв-Кратовско па се до Кочанска Котлина и ГС Бања Подлог, кон с.Раклеш-Радовишко, западниот дел на Струмичка Котлина-Банско па се Дојранското Езеро-Топлец.

5. Присуство на помлади раседни структури-неотектоника

Неотектоника е присутна скоро кај сите геотермални системи во КЗВО.

Тектоничарите ја истакнуваат врската на протегање на младите неотектонски раседи со зоните на дистрибуција на геотермална енергија, како зони со зголемен температурен градиент и аномално високи вредности на топлотниот флукс.

6. Вдолж регионалната раседна пукнатина, покрај вулканската активност, истовремено се вршело ***втиснување на вжештени магматски маси во вид на плутонски маси*** (субвулкански пробои) кои денес се наоѓаат на мали длабочини. Тоа се гранодиоритски интрузии, кои во хидрогеотермалните системи имаат улога на грејни тела, а можат да бидат и важни петрогеотермални индикатори. Тие се носители на огромна топлина т.ест петрогеотермална енергија.

7. Положбата на КЗВО во регионалната зона на т.н. панон-мендерес со појави на температурни аномалии, зголемен доток на геотоплина со простирање од Панонија до Мендерес (Турција) според Ракиќ С., Стојанов Р., Наунов Ј., 1996).

8. Со појавата на рудни лежишта се потенцира директна генетска врска со геотермалните, посебно со хидротермалните манифестации. Особено важни индикатори се полиметаличните лежишта на Pb,Zn, Cu,Mo,Mn,Au,Ag и др.

9. Геотермални појави

Меѓу останатото, за литогеотермалната и хидрогеотермалната потенцијалност на КЗВО сведочат и повеќе појави на хидротермално изменети карпи-*палеохидрогеотермални појави*. Со вакви промени

најмногу се зафатени андезитските бречи и игнимбритите, а од појавите присутни се каолинизација, лимонитизација, пиритизација, силификација и пролититизација.

Прогнозни проценки на температурата во литогеотермални системи

Според постоечки податоци, во КЗВО, температура од над 100°C може да се очекува на длабина помала од 1700m, а зголемување на температурата до 200°C може да се очекува пред 3.0km длабина.

Според наоди во литературата, во услови на неаномален доток на внатрешна земјина топлина кон површината, температура од 100°C вообичаено се постигнува на длабина од 2.7-3.0km.

Температурата во грејното тело на ГС Здравевци (плутонот "Филиповци", по Столиќ Н. и Ракиќ С. 2003) ја прогнозираат најмалку на ниво на T=200°C, на прогнозни длабини поголеми од 2-3km.

Оценка на геотермалниот потенцијал на КЗВО

Според постојни податоци, ***геотермалниот потенцијал на КЗВО може да се генерализира со следната оцена:***

- ✓ Во КЗВО е застапено аномално геотермално поле, кое евидентно може да се поврзува со преостанатото топлотно дејство од ефектите на магматските процеси во текот на Неоген, кои се одвивале до почетокот на Квартер;
- ✓ КЗВО евидентно е перспективен потенцијален ресурс на петротермална енергија

Од предходното произлегува економската оправданост на инвестирањето во темелни детални геолошки истражувања за дефинирање на застапеното геотермално поле и прогнозирање на потенцијални попогодни литосредини за експлоатација на петротермална енергија во КЗВО.

КОНЦЕПТ И МЕТОДОЛОГИЈА НА ИСТРАЖУВАЊАТА

Во согласност со поставената Проектна задача, проектирани се ДГИ на петротермална енергија во КЗВО кои треба да вклучат:

1. ***Површински геолошки и геофизички истражувања***, чија крајна цел е изработка на геолошки и геофизички основи на теренот;
2. ***Длабоки геофизички истражувања,*** чија цел е истражување на структурно-тектонскиот склоп до длабински зафат од интерес за планирање и идејно проектирање на експлоатација на петротермална енергија. Тие се изведуваат со комбинирање на рефлективно сеизмичко скенирање со висока резолуција и електроотпорносно сондирање. За предметните истражувања постои потреба од истражувања до длабински зафат од околу 5км. Поради релативно високата цена за истражување на поширок простор, наведената методологија во последните децении се заменува со основни длабински истражувања со значително поефтиното магнето-телурско сондирање (скратено MT-сондирање) и дополнување на основните истражувања со рефлективно-сеизмичко скенирање.
3. ***Термометриски истражувања со дупнатини,*** за обезбедување на доверлива точност на параметрите за дефинирање и екстраполација на геотермалното поле до длабински зафат од интерес за планирање на експлоатација на петротермална енергија;
4. ***Лабораториски испитувања,*** за подобрување на точноста на параметрите за дефинирање на геотермалното поле;
5. ***Кабинетски истражни работи***, припремни работи, аналитичко изразување на геотермалното поле во КЗВО, финализирање на резултатите од интегралните истражувања во погодна форма за планирање и идејно проектирање, пресметка (оцена) на резервите на петротермална енергија, и припрема на промовирање и претставување на резултатите од истражувањата на пазарот на инвестиции.

Во согласност со овој концепт, за добивање на потребните податоци за дефинирање на геотермалното поле на КЗВО до длабинско ниво од 300°C, е ***проектиран следниот систем на термо-сондажни дупнатини:***

- Основни дупнатини, до длабина од 30m, со густина од 1 дупнатина на 9-16km^{2}, 30 дупнатини на површина од 700km^{2};

- Термо-сондажни дупнатини до 100m длабина, со густина од 1 дупнатина на околу 50-70km^2, односно 10 дупнатини на површина од 500-700km^2;
- Термо-сондажни дупнатини 2 (две) до 700m длабина и
- Термо-сондажни дупнатини 1 (една) до 1000m длабина, со изведба на 4 серии термосондирање, во временски период од 2-3 години.

ОЧЕКУВАНИ РЕЗУЛТАТИ

Детални геолошки истражувања во рамките на овој Проект се проектирани со цел:

- На пазарот на инвестиции да се понудат основни податоци за идејно проектирање и инвестирање во користење на петротермална енергија;
- Реонирање на КЗВО по погодност за користење на петротермална енергија со температуа >100°C и
- Реонирање на КЗВО по погодност за користење на петротермална и хидротермална енергија со температура <100°C.

Посебно посакувани придобивки од проектираните истражувања се:

- Регистрирање на структура на гранитизација (или на прогнозираниот ″палеобатолит″ на гранитска магма) со опстојување на длабина над 7-9km;
- Регистрирање на вклопеноста на зоната ″видовиште″ во КЗВО, и продолжението на структурата на КЗВО и зоната ″видовиште″ во длабина.

ЗАКЛУЧОК

Во КЗВО е застапено аномално геотермално поле, кое евидентно може да се поврзе со преостанатото топлотно дејство од ефектите на магматските процеси во текот на неоген, кои се одвивале до почетокот на квартер.

КЗВО евидентно е перспективен потенцијален ресурс на петротермална енергија за РМ, и се очекува КЗВО да е доминантен петротермален ресурс во РМ. Од тоа произлегува ″економска оправданост на инвестирањето во темелни и систематски детални геолошки истражувања за дефинирање на застапеното геотермално поле и прогнозирање на потенцијални попогодни литосредини за експлоатација на петротермална енергија во КЗВО″.

Во деталните истражувања на петротермална енергија се вклучени:

- Површински геолошки и геофизички истражувања, за изработка на геолошки и геофизички основи на теренот на истражниот простор за раководење на истражувањата;
- Длабоки геофизички истражувања за истражување на структурно-тектонскиот склоп до длабински зафат од интерес за планирање и идејно проектирање на експлоатација на петротермална енергија;
- Дупнатински термометриски истражувања - за обезбедувње на доверлива точност на величините на параметрите за дефинирање и екстраполација на геотермалното поле до длабински зафат од интерес за планирање на експлоатација на петротермална енергија;
- Лабораториски испитувања - за подобрување на точноста на величините на параметрите за дефинирање на геотермалното поле;
- Кабинетски истражни работи - припремни работи, аналитичко изразување на геотермалното поле во КЗВО, финализирање на резултатите од интегралните истражувања во погодна форма за користење за планирање и идејно проектирање на користење на петротермална енергија, пресметка на резервите и припрема на промовирање и претставување на резултатите од истражувањата на пазарот на инвестиции.

ЛИТЕРАТУРА

Георгиева М., 1995: "Геотермални ресурси во Вардарската зона и Српско Македонската маса на територијата на Р.Македонија" (докторски труд), Рударско-геолошки факултет Штип;

Genter A., 2014: Overview of the current state-of-play for EGS;

Мираковски Г., 1996: Синтеза на изведените (геолошки, геофизички и хидро-геолошки) истражувања на геотермалното поле "Смоквица" кај Гевгелија, ИЗИС, Скопје;

Мираковски Г., 2008: "Миграција на материјал во тектоносферата и структурирање на геопросторот на РМ", Прв конгрес на геолозите на Република Македонија, Охрид;

Мираковски Г., Петров Д, 2011: Студија за оптимално искористување на геотермалните води за развој на туризмот и земјоделието во североисточниот плански регион. Геоинженеринг М ДООЕЛ Скопје;

Nádor A., Burazer M., Genter A., D. Rajver, 2014: Synthesis report of experts' review of future geothermal projects "Dojran" and Kratovo-Zletovo". Геолошки завод на република Македонија;

Ракиќ С., Столиќ Н. и Ѓоѓевиќ Н., 1995: Геотермална потенцијалност на Кратовско-Злетовската вулканска област, Зборник на рефератите од научниот собир "Геотермална енергија: состојба и перспективи во Република Македонија", МАНУ - Скопје, 1995;

Ракиќ С. и Столиќ Н., 2003: "Геотермален систем Здравевци - Кратово, можните температури во колекторот и грејното тело и перспективи на истражување во длабина". Второ советување за геотермална енергија во Република Македонија, Бањско, 3 - 5 октомври 2003 г.;

Stolic N., 1997: Plutonites in the Kratovo-Zletovo volcanic area, causers of geophysical anomalies. (Symposium: Magmatism, metamorphism and metalogeny of the Vardar Zone and Serbo-Macedonian Massif.) Faculty of Mining and Geology Stip. Stip-Dojran;

Столиќ Н., 2004: Проект за изведување на геолошко - геотермални и пратечките истражувања на локалитетот Киселица-Пробиштипско. Скопје;

Столиќ Н. и Петрушев Е., 2012: Проект за вршење на детални геолошки истражувања на петротермална енергија на локалитетот Кратовско-Злетовска област. ГЕОЛОГИНГ ДОО Скопје;

Столиќ Н., 2014: Информација за активности на експертската работна група за извршените анализи на постојната геолошка документација за реализација на проектите за искористување на енергија од карпи (петротермална енергија) со предлог мерки и активности за натамошна реализација на проектите.

СЛЕДЕЊЕ НА КВАЛИТЕТОТ НА ПОВРШИНСКИТЕ ВОДИ ВО ОКОЛИНАТА НА ИДНИОТ РУДНИК „ИЛОВИЦА-ШТУКА“

[1]Драги Пелтечки, [2]Вера Ѓоргиева, [3]Теодора Стојанова, [4]Љубица Панова

[1]Еуромакс Ресоурцес ДОО Скопје, dpeltechki@euromaxresources.mk
[2] Еуромакс Ресоурцес ДОО Скопје, vgjorgieva@euromaxresources.mk
[3] Еуромакс Ресоурцес ДОО Скопје, tstojanova@euromaxresources.mk
[4] Еуромакс Ресоурцес ДОО Скопје, lpanova@euromaxresources.mk

Абстракт
Следењето на постојните услови овозможува карактеризација на постојната состојба на биофизичката и социјалната средина. Карактеризацијата ги претставува постојните услови кои може да се искористат за предвидување на можните промени во животната средина и социјалните аспекти како резултат на изведувањето на проектот за злато и бакар „Иловица-Штука“. Постојните услови претставуваат референтна точка во однос на која ќе бидат следени и управувани сите идни промени. Собирањето податоци за постојните услови за проектот за злато и бакар „Иловица-Штука“ започна со анализа на разлики и теренска посета во октомври, 2013 година, кога започнаа и долгорочните истражувања на метеорологијата, квалитетот на воздухот, водата и еколошките истражувања.
Водата ќе се управува, пред сè, поради заштита на животната средина, со цел минимизирање и ублажување на влијанието врз водоснабдувањето во локалните села и минимизирање на сите ефекти врз протокот и квалитетот во постојните реки/потоци. Поголемиот дел од набљудуваните водни тела за време на периодот на собирање на податоци за постојните услови претставуваат релативно чисти води, без влијанија, со доминантна содржина на калциум, магнезиум и бикарбонати. Постојат малку докази за сезонски промени. Неколку мерни места за површински води покажаа различен хемиски состав на води и главно се смета дека тие се под влијание на водите кои истекуваат од минерализираните зони.

Клучни зборови: површински води, квалитет на води, следење, анализирање

ВОВЕД

Проектот за злато и бакар „Иловица-Штука“ е предложен рудник со површински коп за злато и бакар со помошни објекти и инфраструктура. Локацијата на предложениот рудник е во рамките на општините Босилово и Ново Село во Југоисточна Македонија. Регионот се карактеризира со шумски предели до 1.400 m, со широките долини на реките Струмица и Турија јужно од локацијата на проектот. Околната површина е доволно голема за опфат на предложената експлоатација и објекти, а локацијата е во добра поврзаност со услужните дејности и пазарите преку асфалтирани патишта.

Предложената локација на рудникот се наоѓа во горните сливни подрачја на реките Јазга и Штука. Селата Иловица и Штука со нивните системи за водоснабдување, вклучувајќи ја акумулацијата „Иловица“, се наоѓаат низводно од предложената локација. Подолу низводно од сливните подрачја на реките Јазга и Штука истекуваат површински и подземни води во Струмичката котлина кои дотекуваат во протокот на реките Турија и Струмица, а подземните води се црпат за потребите на земјоделското производство.

Во 2013 година, се спроведе првото прелиминарно истражување за да се идентификува мрежа на локации за земање примероци. Теренското извидување на крајот од 2013 година помогна да се добијат информации за почетното проектирање на режимот за следење на квалитетот на водите. Со помош на обуки за најдобрите теренски техники потребни за земање примероци на вода и евидентирање на теренските анализи беа изготвени стандардни работни процедури (СРП) кои ја диктираат потребната методологија. Се користеа уникатни системи за нумерирање за да се осигура анонимност на примероците кои се праќаат во лабораторија и бројот на примерокот се запишува во системот за зачувување податоци од терен.

Поголемиот дел од набљудуваните водни тела за време на периодот на собирање на податоци за постојните услови

претставуваат релативно чисти води, без влијанија. Неколку мерни места за површински и подземни води покажаа различен хемиски состав на води и главно се смета дека тие се под влијание на водите кои истекуваат од минерализираните зони. Овие мерни места покажаа повисоки концентрации на сулфати, железо и бакар и пониска алкалност и вредност на pH. Површинските води во долните текови се под влијание на човечки активности, како што се испуштања на отпадни води и земјоделски дејности, што се забележува од зголемените вредности на нитрати и амонијак, понекогаш над насоките за вредностите за квалитет на вода за пиење. Површинските и подземните води во Струмичката котлина имаат повисоки вредности на алкалноста и со тоа и понеутрални вредности на pH.

ПРЕЛИМИНАРНО ИСТРАЖУВАЊЕ

За почетно да се дефинираат истражувањата за постојните услови се употребени неколку извори на информации, се проучени прелиминарните планови за рудникот и се направени првични проценки на корисниците на вода и инфраструктурата. Клучните водни тела дефинирани во прелиминарното истражување вклучуваа:

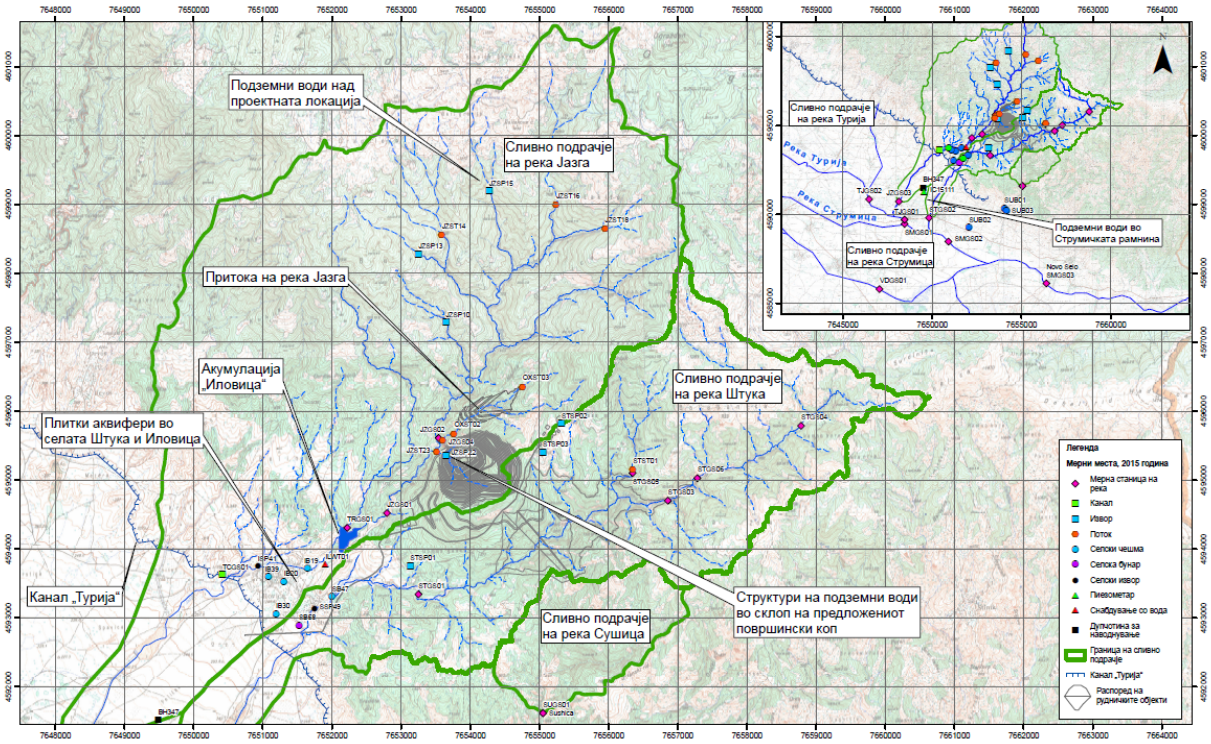
- Плитки аквифери во областа на селата Иловица и Штука, експлоатирани преку бунари, дупчотини и извори;
- Водоносните структури на подземна вода во предложениот површински коп и во горниот тек на реките;
- Системот на подземни води во Струмичката котлина;
- Површинските води во сливните подрачја на реките Јазга и Штука;
- Површинските води во сливните подрачја на реките Струмица и Турија; и
- Инфраструктурата за водоснабдување, вклучувајќи ги и акумулацијата „Иловица“, акумулацијата „Турија“ и каналот „Турија“.

На крајот на 2013 година, беше извршено првично прелиминарно истражување за да се идентификува мрежа на локации за земање примероци. Утврдени се 30 локации за земање примероци (Слика 1).

Примарните податоци за постојните услови за квалитетот на водите исто така беа користени за да се класифицираат водните тела идентификувани погоре според типот на вода од аспект на нивната хидрохемија. За време на активностите за дупчење од 2004 до 2005 година, беа собирани низа податоци за водите, почвите и наносите. Со цел да се изврши оцена на влијанието врз квалитетот на водите предизвикано од дупчењето, за време на три циклуси за следење беа собрани податоци за квалитетот на водите по течението на реките Јазга и Штука, спротиводно од селата. Примероците беа анализирани за главните јони и ограничен број на метали. Резултатите обезбедија корисна претстава на постојните услови на квалитетот на водите пред активностите за истражување и изградба од 2005 година наваму.

Анализите од минатото за снабдувањето со вода за пиење во селата помеѓу 2000 и 2013 година за с. Иловица, с. Штука, с. Турново, с. Радово и с. Секирник беа обезбедени од Институтот за јавно здравје на РМ. Анализите се изработени врз примероци вода земени од една локација во системот за водоснабдување во секое село, со зачестеност од отприлика еднаш во годината. Беа запишани основните хидрохемиски параметри како и бактериолошките податоци, а во некои случаи се извршија и радиолошки испитувања.

ЈПКД „Огражден“ од Босилово анализирале голем број на индикаторски параметри на водозафатот на сурова вода до пречистителната станица во с. Иловица од акумулацијата „Иловица“ и во надворешниот проток после третирањето на водата. Податоците за суровата вода беа користени за да ги прикажат долгорочните услови, пред почетокот на овие истражувања за постојните услови. Податоците обезбедени од ЈПКД опфаќаа период од март, 2012 до март, 2015 година и вклучуваа електрична спроводливост, растворен кислород, вредност на pH, температура и матност.



Слика 1. Локации за земање примероци за утврдување на квалитетот на водата

Преглед на следењето

Теренското извидување на крајот од 2013 година помогна да се добијат информации за почетното проектирање на режимот за следење на квалитетот на водите. Мрежата за следење на квалитетот на водите беше проектирана заедно со следењето на површинските и подземните води за да се осигура разбирање како на квантитетот така и на квалитетот на хидролошкиот систем.

Кварталната програма (а во 2015 година и месечна) за земање примероци на вода од површинските и подземните води започна во ноември, 2013 година. Примероците беа испраќани за анализа во лабораторија во Обединетото Кралство. Физичко-хемиските параметри беа мерени и запишувани на терен. Примероците за одредена бактериолошка оцена на водата за пиење беа анализирани од Институтот за јавно здравје на РМ. Беа завршени седум циклуси на земање примероци од локациите каде што следењето се вршеше најдолго време.

Мрежата за следење на квалитетот на водите беше проектирана за да се овозможи оцена на постојните хидрохемиски услови во локалното и регионалното подрачје на истражување (Слика 2).

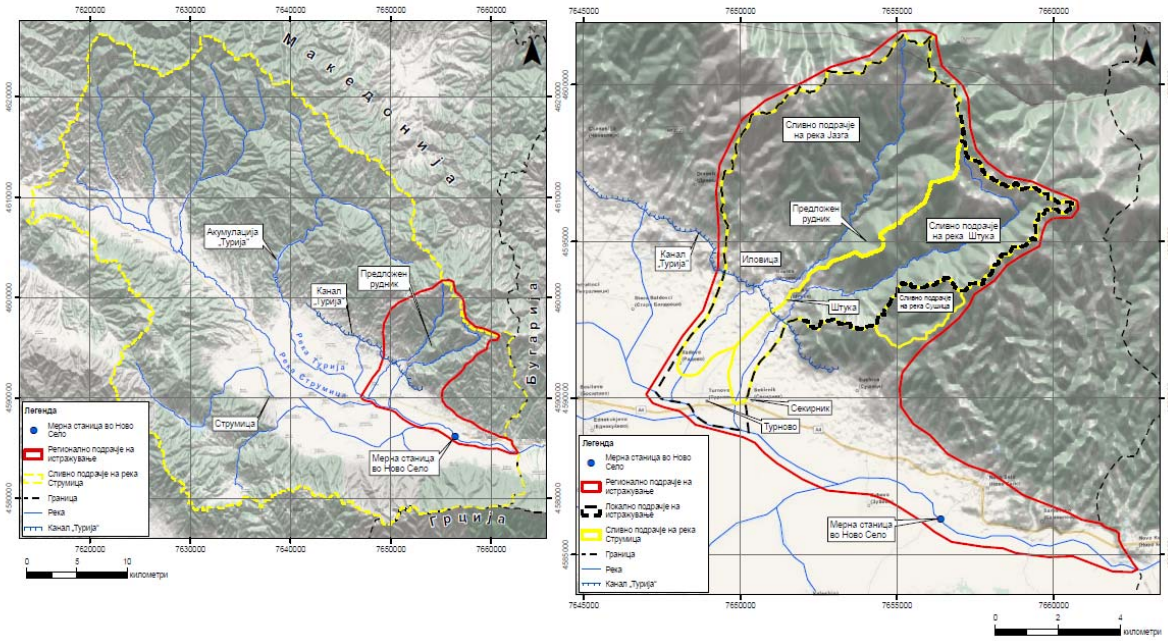
Мерните места имаа за цел да покријат области за надополнување, области на загуби во сливното подрачје, клучни хидро(гео)лошки патеки на движење и подрачјата на предложените руднички објекти. Собраните податоци покриваат период од 18 месеци за сите сливни подрачја во рамките на Проектот за да се воспостават временските и просторните промени на постојните услови за квалитетот на водите.

Како дел од системот за потврдување и контрола на квалитетот, на мерните места им беа дадени единствени кодни имиња и координати во ГИС.

Мерните места беа одбрани за да ги претставуваат следниве области:

- Извори/извирања во сливните подрачја на реките Јазга и Штука.
- Подрачјето на предложениот површински коп.
- Селата Иловица и Штука низводно од објектите на рудникот.
- Долините на реките Јазга и Штука, и низводно од предложената локација на рудникот.

- Притоката на р. Јазга, на северната страна од предложениот површински коп.
- Реките Турија и Струмица во Струмичката котлина низводно од вливовите на реките Јазга и Штука.
- Реките Турија и Струмица спротиводно од вливовите на реките Јазга и Штука.
- Клучните точки за водоснабдување.



Слика 2. Слив на река Струмица и локално/регионално подрачје на истражување

Методи на земање примероци од површински води

Со помош на обуки за најдобрите теренски техники потребни за земање примероци на вода и евидентирање на теренските анализи беа изготвени стандардни работни процедури (СРП) кои ја диктираат потребната методологија.

На самото место беа подготвувани шишињата за примероци, како што беше наведено од аналитичката лабораторија, со соодветни средства за чување во случај да беа потребни. Се користеа уникатни системи за нумерирање за да се осигура анонимност на примероците кои беа праќани во лабораторијата и бројот на примерокот беше запишуван во системот за зачувување податоци од терен заедно со кодот на мерното место, датумот и часот на земање на примерокот, теренските мерења, мерењата на протокот и другите поврзани коментари. При секој процес на земање примерок, со користење на редовно калибрирана мултипараметарска сонда YSI, беа запишувани следниве теренски мерења:

- Електрична спроводливост (ЕС)
- Вредност на pH
- Растворен кислород (РК)
- Оксидо-редукционен потенцијал (ОРП)
- Температура

Тогаш кога беше можно, примероците од површинска вода беа земани како единечни примероци од центарот на проточното водно тело. Областите со застојана вода и нарушени седименти беа избегнати со цел да се избегне ризикот од нерепрезентативни примероци.

Примероците кои беа одредени за анализа на вкупно растворените цврсти материи беа земени на самото место со филтрирање преку филтер од 45 µm директно во шишињата за примероци. Шишињата беа целосно наполнети за да се намали количеството воздух останато во шишето што би можело да го измени хемискиот состав на примерокот. На терен, примероците беа складирани во рачни фрижидери, а потоа пренесени во фрижидер на 4°C пред да се испратат во лабораторијата, со цел да се спречи расипување на примерокот.

Лабораториски анализи

Теренските лабораториски анализи за секој примерок за квалитет на водата вклучуваа алкалност и матност со користење на прибор за тестирање на алкалност со дигитален титратор и компактен мерач на матност.

За секој примерок се користеа повеќе шишиња за да се обезбеди целокупност на примерокот пред истиот да се испрати до лабораторија. Некои анализи беа осетливи на расипување од сончевите зраци или од прилепување на материјалите од кои беа изработени шишињата па затоа се употребуваа шишиња од различни материјали.

Подготовката на шишињата се вршеше на терен како што беше наведено од лабораторијата: цијанид и феноли во непросирна пластика, жива и органски материи во стаклени шишиња и сите други анализи во просирни пет шишиња или шишиња од азлон (органска пластика). Се користеа средства за чување за да се одржи целокупноста на примерокот за време на транспортот до лабораторијата. Се користеше најчиста азотна киселина за да се зачуваат главните јони и метали, додека пелети од натриум хидроксид се користеа за да се зачуваат примероците за анализа на цијанид.

Во 2015 година, лабораторијата на Институтот за јавно здравје на РМ во Струмица беше ангажирана од Еуромакс за бактериолошки анализи на вода за пиење, додека лабораторијата на Институтот за јавно здравје на РМ во Скопје беше ангажирана за анализирање на радиолошките параметри.

Лабораторијата е национално акредитирана во Македонија за бактериолошки анализи и интернационално за одредени радиолошки анализи.

Сите теренски и лабораториски податоци за потребите на Проектот беа средени и зачувани во соодветна база на податоци.

Соодветни мерки за потврдување и контрола на квалитетот беа применети при внесувањето и обработката на податоците. Програмата за земање примероци вклучуваше систем за потврдување и контрола на квалитетот со цел да се намалат варијациите кои би можеле да се појават при земањето примероци и при аналитичките процеси.

РЕЗУЛТАТИ ОД ПОВРШИНСКИТЕ ВОДИ ВО СЛИВНОТО ПОДРАЧЈЕ НА Р. ЈАЗГА И Р. ШТУКА

Податоците од следењето беа собирани во квартални интервали на 11 места за земање примероци од површинските води во сливното подрачје на р. Јазга, вклучувајќи ги мерните станици на реката и доводот на вода до пречистителната станица во с. Иловица. За околу половина од овие мерни места постојат податоци за период од најмалку 18 месеци. Само на неколку мерни места следењето се изврши само еднаш. Во Табела 1 се претставени опфатите за минимум-максимум на клучните параметри од интерес за кои се дискутира во точките подолу во текстот. Ниту една анализа на површинските води не ги надмина критериумите за проектирање во животната средина (КПЖС) на проектот. Површинските води во сливното подрачје на р. Штука беа следени на шест мерни станици. Од повеќето мерни места беа земани примероци квартално, но некои од мерните станици додадени подоцна беа следени месечно за да се зголемат податоците потребни за истражувањата за ОВЖС. Опсегот на одбрани хидрохемиски податоци добиени од секое место за земање примероци е претставен во Табела 2. Ниту една анализа на површинските води не ги надмина КПЖС.

Табела 1. Опсег на параметри на површинските води на р. Јазга

Параметар	Единица	СКВП**	СКЖС#	Статистичк и податоци	Мерни места										
					ILWT01*	JZGS01	JZGS02	JZGS03	JZST14	JZST16	JZST18*	JZST23*	OXST01*	OXST02*	OXST03*
Алкалност, измерена на терен како CaCO3	mg/l			минимум	27	24	30	37	19	16	35	17	22	30	74
				максимум	27	59	70	95	31	42	35	17	22	30	74
Електрична спроводли-вост	µS/cm	2500		минимум	148,3	118,6	113,3	144,3	86,5	87,5	111,9	264,9	344,2	318,8	295,2
				максимум	148,3	238,3	209,8	301,8	134,9	116,3	111,9	264,9	364	338,4	296,4
Бакар, изразен како филтриран Cu	mg/l	2	0.1	минимум	0,0045	0,0045	0,0045	0,0045	0,0045	0,0045	0,0045	0,066	0,097	0,037	0,0045
				максимум	0,0045	0,009	0,0045	0,0045	0,0045	0,012	0,0045	0,066	0,097	0,037	0,0045
Железо, изразено како филтрирано Fe	mg/l	0.2	4.22	минимум	0,115	0,115	0,115	0,115	0,115	0,115	0,115	0,25	3,84	3,27	0,115
				максимум	0,115	0,115	0,115	0,3	0,115	0,115	0,115	0,25	3,84	3,27	0,115
Нитрати, изразени како NO3	mg/l	50	22.37	минимум	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	3,7	0,95	0,95	0,95
				максимум	0,95	0,95	0,95	4	2,1	0,95	0,95	3,7	0,95	0,95	0,95
pH, измерена на терен	Единици на pH	6,5 – 9,5	5,94 – 8,97	минимум	7,48	6,46	6,3	6,52	6,6	6,25	7,07	7,26	6,75	6,8	7,37
				максимум	7,48	7,88	7,9	8,22	7,64	8,01	7,07	7,26	6,93	7,32	7,66
Сулфати, изразени како SO4	mg/l	250		минимум	15,3	8,6	4,9	12,1	1,7	1,6	6,4	54,5	107	85,9	26,5
				максимум	15,3	30,7	13,2	21,4	6,8	7	6,4	54,5	107	85,9	26,5
Цврсти материи, вкупно растворени, исушени на 180°C	mg/l		481.95	минимум	90	93	90	122	52	62	82	170	240	227	195
				максимум	90	125	114	176	99	85	82	170	240	227	195
Температура, измерена на терен	°C			минимум	7,3	1,1	1	3,5	3	2,9	10,3	17,1	14,5	14,3	14,6
				максимум	7,3	18,7	17,6	20,2	18,7	18,4	10,3	17,1	16,3	15,3	15
Вкупно суспендирани (лебдечки) цврсти материи	mg/l		69.3	минимум	20	4	2	4	2	5	40	12	28	61	22
				максимум	20	43	40	43	18	22	40	12	28	61	22
Матност, измерена на терен	NTU	Прифат ливо за потрошу вачите		минимум	21,1	0,05	0,05	0,05	2,08	0,05	0,05	4	44	19	3,32
				максимум	21,1	56,6	42,9	18,7	6,07	16,1	0,05	4	44	19	3,32

*Само еден примерок.

**Стандарди за квалитет на вода за пиење (СКВП) специфични за Проектот, како што се опишани во КПЖС.

Стандарди за квалитет на животната средина (СКЖС) специфични за Проектот, како што се опишани во КПЖС.

Табела 2. Опсег на параметри на површинските води на р. Штука

Параметар	Единица	Статистички податоци	Мерни места						
			STGS01	STGS02	STGS03	STGS04	STGS05*	STGS06	STST01
Алкалност, измерена на терен како CaCO3	mg/l	минимум	35	46	41	19	38	24	27
		максимум	86	65	63	61	38	46	67
Електрична спроводли-вост	µS/cm	минимум	116,9	132,8	99,4	85,1	147	134,2	138,4
		максимум	281,4	298,2	206,8	180,3	156,4	149,1	215,4
Нитрати, изразени како NO3	mg/l	минимум	0,95	3,5	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
		максимум	4,9	20,9	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
Растворен кислород (РК)	mg/l	минимум	5,36	5,37	5,48	6,05	7,65	7,64	5,29
		максимум	10,9	9,87	10,51	10,47	12,04	9,57	9,11
pH, измерена на терен	Единици на pH	минимум	6,32	6,28	6,59	6,46	7,16	7,4	6,85
		максимум	7,91	7,74	8,14	8	7,63	7,97	7,8
Сулфати, изразени како SO4	mg/l	минимум	16,9	20,8	5,8	4,9	16	9,7	6,7
		максимум	25,5	29,7	8,8	7,3	16	11,9	12,2
Цврсти материи, вкупно растворени, исушени на 180°C	mg/l	минимум	74	130	52	19	133	74	23
		максимум	160	184	115	102	133	93	129

*Само еден примерок

РЕЗУЛТАТИ ОД ПОВРШИНСКИТЕ ВОДИ ВО СЛИВНОТО ПОДРАЧЈЕ НА Р. СТРУМИЦА И Р. ТУРИЈА

Квалитетот на водите беше следен на три мерни станици на р. Струмица, на две мерни станици на р. Турија и на една мерна станица на каналот „Турија“ (Слика 1). Река Јазга се влева во р. Турија пред самата р. Турија да се влее во р. Струмица. Едно од местата за земање примероци на р. Турија се наоѓа спротиводно од вливот на р. Јазга и податоците за постојните услови се користеа како влезни податоци при изработката на моделите за оцена на влијанието врз квалитетот на водите. Едно од мерните места на р. Струмица е спротиводно од вливот на р. Турија и овие податоци исто така се користеа како влезни податоци при изработка на моделите за оцена на влијанието врз квалитетот на водите. Останатите места за земање примероци на р. Струмица се низводно од вливот на р. Штука. Избраните опфати на параметрите за местата за земање примероци се претставени во Табела 3. Ниту една анализа на површинските води не ги надмина КПЖС.

Табела 3. Опсег на параметри на површинските води на р. Струмица и р.Турија

Параметар	Единица	Статистички податоци	Мерни места					
			SMGS01	SMGS02	SMGS03	TCGS01*	TJGS01	TJGS02
Алкалност, измерена на терен како CaCO3	mg/l	минимум	127	86	103	48	40	40
		максимум	213	163	168	48	114	103
Хлориди, измерени како Cl	mg/l	минимум	8,94	7,9	7,27	1,5	6,45	3,55
		максимум	21,7	20,1	17	1,5	157	18,9
Електрична спроводливост	µS/cm	минимум	396,5	237,5	335,8	158	179	193,7
		максимум	568,6	507,8	474,7	158	857	370,7
Железо, изразено како вкупно Fe	mg/l	минимум	0,115	0,39	0,5	0,115	0,3	0,27
		максимум	1,58	1,32	0,82	0,115	0,89	0,65
Азот од амонијак, изразен како N	mg/l	минимум	0,135	0,135	0,135	0,135	0,135	0,135
		максимум	0,69	0,135	1,06	0,135	0,75	0,42
Нитрати, изразени како NO3	mg/l	минимум	6,7	5	4,3	0,95	0,95	2,3
		максимум	12	8,3	7,8	0,95	11,5	21,3
Растворен кислород (РК)	mg/l	минимум	4,89	4,8	4,26	9,12	0,55	3,63
		максимум	10,52	11,04	9,47	9,12	9,79	11,01
Оксидо-редукционен потенцијал (ОРП)	mV	минимум	14,6	95,4	112,3	115	-70,1	108,9
		максимум	185	262,3	195,3	115	204,9	178,9
pH, измерена на терен	Единици на pH	минимум	7,03	6,77	7,2	8,54	6,31	6,94
		максимум	7,86	7,82	7,82	8,54	7,72	7,93
Сулфати, изразени како SO4	mg/l	минимум	28,4	23	19,6	13,7	15,8	15,7
		максимум	43,8	38,3	35,9	13,7	30	30,9
Цврсти материи, вкупно растворени, исушени на 180°C	mg/l	минимум	164	180	100	107	114	110
		максимум	337	289	268	107	459	231

*Само еден примерок

РАДИОЛОШКА И БАКТЕРИОЛОШКА АНАЛИЗА

Беа земени примероци од мал број на мерни места главно насочени кон местата за водоснабдување во селата и кај областа на зафатите на површинска вода на реките Јазга и Штука и Институтот за јавно здравје на РМ направи радиолошки анализи (со акредитирани методи според ISO). Резултатите се претставени во Табела 4.

Резултатите укажуваат на тоа дека не постои радиолошки ризик. Упатствата за радиолошки квалитет на водата на Светската здравствена организација (СЗО) предлагаат понатамошни истражувања на радиоактивните дози доколку вкупната алфа активност е поголема од 0,5 Bq/l и вкупната бета активност е поголема од 1 Bq/l. Сите од анализираните примероци се под овие гранични вредности дадени во упатствата.

Табела 4. Вкупни радиолошки анализи кај избраните мерни места

Параметар	Единица	Локација и опис на примерокот					
		JZSP10	JZSP22	STGS01	JZGS01	ISP41	SSP49
		Извор во горните делови на сливното подрачје на р. Јазга	Извор во сливното подрачје на р. Јазга во близина на наоѓалиштето	Мерна станица кај водозафатот на р. Штука	Мерна точка кај водозафатот на р. Јазга	Зацевен извор вос. Иловица	Зацевен извор во с. Штука
Вкупно алфа	Bq/l	0,114	0,035	0,046	0,058	н/а	0,065
Вкупно бета	Bq/l	0,286	0,155	0,133	0,178	н/п	0,286
Вкупна јонизирачка доза	mSv	н/п	н/п	н/п	н/п	0,012	н/п

(а) н/п - не е анализирано

ЗАКЛУЧОЦИ

Неколку мерни места за површински води покажаа различен тип на води и главно се верува дека тие се под влијание на водите кои истекуваат од минерализираните зони. Овие мерни места покажаа повисоки концентрации на сулфати, железо и бакар и понизок капацитет за разблажување преку намалената алкалност и вредноста на pH и истите се лоцирани во непосредна близина на предложениот коп. Најверојатно, овие води нема да можат да го разблажат киселиот исцедок за да се обезбеди неутрална вредност на pH исто толку ефективно колку и другите води од кои беа земени примероци во подрачјето на

проектот за злато и бакар „Иловица-Штука“.

Површинските и подземните води во Струмичката котлина имаат повисоки вредности на алкалноста и оттука понеутрални вредности на pH. Способноста на овие води да одржуваат неутрална вредност на pH ќе биде многу поголема доколку се иницираат било какви промени во киселоста.

Изгледа дека најголемите влијанија врз квалитетот на водите се геолошки или антропогени. Досега постојат малку докази за сезонски промени. Имаше некои докази дека брзината на водата и протокот може да ги контролираат растворените соли и главните јони (на пример, калциум и алкалност). Ова е затоа што, со зголемувањето на протокот на водата, постои поголемо разблажување така што концентрациите на соли и јони во водата се пониски. Како и да е, за параметри како што се сулфатите и железото кои во водата се наоѓаат главно како резултат на контактот со одредени карпи, како што се оние кои се наоѓаат во рудното тело, врската помеѓу растворените количини и протокот се прекинува. Ова е од особена важност при избирање на правилни постојни услови на водите за разблажување за моделирање на хидрогеохемиските влијанија врз квалитетот на водите.

ЛИТЕРАТУРА

[1] EOX (Euromax Resources). 2014. *Pre-Feasibility Study Technical Report for the Ilovica Gold-Copper Project in Southeast Macedonia.*

[2] Golder (Golder Associates). 2015. *Environmental Design Criteria*,

[3] Општина Босилово *Локален еколошки акционен план* (ЛЕАП)

[4] Влада на РМ. 2013. *Закон за води,* Службен весник на РМ, бр. 23/2013.

[5] Влада на РМ. 1999a. *Уредба за класификација на води*, Службен весник на РМ, бр.18/1999.

[6] Влада на РМ. 1999b. Ур*едба за категоризација на водотеците, езерата, акумулациите и подземните води*, Службен весник на РМ, бр. 18/1999.

[7] Рудплан (Рудплан ДООЕЛ). 2011. *Студија за оцена на влијанието врз животната средина на проектот „Површински коп на минерална суровина бакар и злато на локалитетот „Иловица“, Општина Босилово“* во името на Фелпс Доџ Вардар ДООЕЛ Скопје.

[8] SWS (Schlumberger Water Services). 2015a. *Review of Acid Rock Drainage / Metal Leaching Assessment Program, Ilovica Project, Macedonia*,.

[9] SWS (Schlumberger Water Services). 2015b. *Preliminary conceptual model of the hydrological system at the Ilovica project, Macedonia*.

[10] Tetratech. 2013. *Preliminary Economic Assessment on the Ilovica Gold Project, Macedonia*.

ХИДРОГЕОЛОШКИ ИСТРАЖУВАЊА ЗА ОБЕЗБЕДУВАЊЕ НА ПОТРЕБНИТЕ КОЛИЧИНИ НА ПОДЗЕМНА ВОДА ЗА ВОДОСНАБДУВАЊЕ НА СЕЛО ОРЕЛ, ОПШТИНА СВЕТИ НИКОЛЕ

Орце Спасовски, Даниел Спасовски

Факултет за природни и технички науки, Институт за геологија, Универзитет "Гоце Делчев",Штип, Република Македонија, orce.spasovski@ugd.edu.mk, sdaniel506@yahoo.com

Абстракт
Во рамките на овој труд ќе бидат прикажани резултатите од најновите хидрогеолошки истражувања за водоснабдување на с. Орел. Истражниот простор с. Орел е изграден од флишни седименти (песочници, глинци и алевролити) и вулкански бречи. Од хидрогеолошки аспект истражуваниот терен и пошироката околина претставува средина изградена од пукнатински тип на издани со слободно ниво и слаба до средна водопропусност. Застапените литолошки членови според литолошката градба имаат карактеристики на хидрогеолошки колектори и хидрогеолошки изолатори.
Врз основа на одредените параметри средината се карактеризира со коефициент на филтрација K = 6.984 x 10^{-6} m/s, коефициент на водопропусност (трансмисивност) T = 2.263 x 10^{-4} m^2/s и радиус на депресија 97.48 m при издашност Qexp = 1.80 l/s, што укажува дека се работи за средина со средни до слаби филтрациони и водопропусни карактеристики.

Клучни зборови: с. Орел,водоснабдување, коефициент на филтрација, коефициент на водопропусност, радиус на депресија, флишни седименти, вулкански бречи, пукнатински тип на издани.

ВОВЕД

Изведените истражно – експлоатациони бунари се наоѓаат во непосредна близина на с. Орел. Имено, истражно – експлоатациониот бунар ЕБ-1 се наоѓа јужно од с. Орел од десната страна на Орелска река, истражно – експлоатациониот бунар ЕБ-2 се наоѓа северно од с. Орел, додека истражно – експлоатациониот бунар ЕБ-3 се наоѓа југоисточно од с. Орел од левата страна на Орелска река.
Истражуваното подрачје во досегашниот период од хидрогеолошки аспект е сосема малку проучувано. Први поконкретни податоци за геолошката градба на ова подрачје се презентирани при изработката на ОГК за листот Велес (Карајовановиќ и др. 1975). Подоцна,Кратановски (1980) и Ѓузелковски (1997) во своите работи презентираат одредени хидрогеолошки податоци за пошироката околина на предметното подрачје. Подетално од хидрогеолошки аспект непосредната околина на овој простор е проучувана од страна на Петров и др. (2008) . Најнови податоци за хидрогеолошките карактеристики на предметното подрачје можат да се најдат во работите на Георгиевски и др. (2015).
Изведбата на експлоатационите бунари е со цел да се обезбедат доволни количини на подземна вода за водоснабдување на с. Орел - Општина Свети Николе.
За таа цел изведени се теренски активности и тоа изведба на три експлоатациони бунари ЕБ-1, ЕБ-2 и ЕБ-3, вградување на бунарска конструкција и чистење на бунарите, аерлифт и тестирање на бунарите.

ГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ

Врз база на истражното дупчење, дефинирана е геолошката градба на теренот. Геолошката градба кај експлоатационите бунари ЕБ-1 и ЕБ-3 е претставена од флишни седименти: песочници, глинци и алевролити (^{3}Ез), додека кај експлоатациониот бунар ЕБ-2 геолошката градба е претставена со вулкански бречи (ω) (слик 1).

Вулкански бречи (ω')

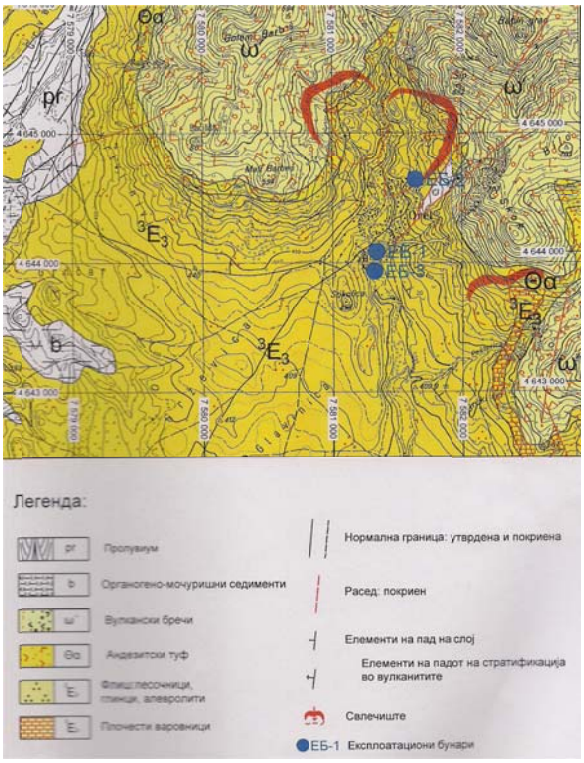
Геолошката градба кај експлоатациониот бунар ЕБ-2 е претставена со вулкански

бречи. Вулканските бречи се составени од необработени парчиња на андезити, расфрлани во основната маса составени од вулкански пепел и искршени зрна од разни минерали.

Флишни седименти: Песочници, глинци и алевролити (^{3}Ез)

Геолошката градба кај експлоатационите бунари ЕБ-1 и ЕБ-3 а и поширокатa околина е претставена со флишни седименти (сл. 1). Во состав на флишните седименти учествуваат следните литолошки членови: песочници, конгломерати, глинци, алевролити, лапорци и поретко лапоровити варовници. Овие седименти се карактеризираат со исклучиво сива до зеленикава боја (глинци). Песочниците се состојат од кварц и лискун, помалку фелдспат, потоа парчиња од кварцити, рожнаци, песокливи глинци и шкрилци. Најчесто се плочести или банковити, по боја се сиви. Глинците се песокливи и најмногу се застапени во склоп на флишните седименти. Се јавуваат во вид на пакети или во слоеви помеѓу песочниците. На површина лесно се распаѓаат во вид на лушпи. По боја се сиви, сиво модрикасти или сиво зелени. Изградени се од глиновита материја од илитски тип на глина и кварц, фелдспат, мусковит и др. Конгломератите се јавуваат во поголеми слоеви или пакети вметнати помеѓу останатите флишни седименти. Во составот на конгломератите влегуваат валутоци од варовници, рожнаци, песочници, шкрилци, поретко мермери и кварцити. Алевролитите се глиновити или вапновити во зависност од врстата на цементот. Се состојат од кварц, лискун (мусковит и серицит) и фелдспат. Присутната глина одговара на групата од хидролискуни. Во серијата се застапени глиновити алевролити, додека вапновити се ретки.

Лапорците се доста честа фракција во склоп на флишните седименти. Се јавуваат со калакаренити, алевролит и лапоровити варовници. По боја се сиви. Структурата им е криптокристаласта.



Слика 1. Геолошка карта на истражуваното подрачје

ХИДРОГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ

На основа на геолошката градба на теренот како и изработката на експлоатационите бунари одредени се хидрогеолошките карактеристики на истражуваниот терен.

Истражуваниот терен и поширокатa околина воопшто претставува средина изградена од пукнатински тип на издани со слободно ниво и слаба до средна водопропустност, Пукнатинскиот тип на издани е формиран главно во распаднатите песочници и распаднати вулкански бречи. (слика 2).

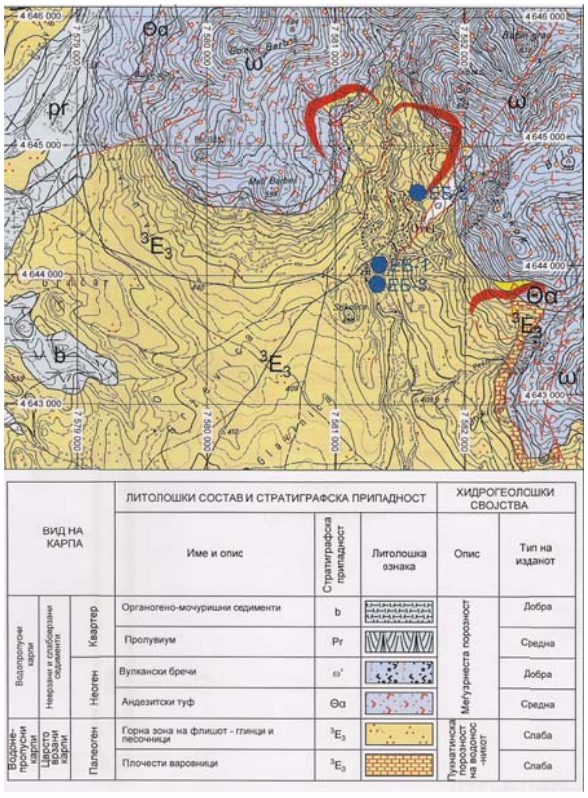
Во склоп на теренот, застапени се литолошки членови, кои според литолошката градба имаат карактеристики на хидрогеолошки колектори и хидрогеолошки изолатори. Нивната хидрогеолошка функција е во директна зависност од литологијата на теренот по вертикала и хоризонтала.

Според хидрогеолошката функција, литолошките единици кои се јавуваат на истражуваниот терен и околниот терен преставуваат слабо водопропусни до водонепропусни карпести маси. Слабо

водопропусни карпести маси се: распаднатите песочници и распаднатите вулкански бречи. Додека пак лапорците, глинците и алевролитите спаѓаат во групата на хидрогеолошки изолатори.

ХИДРОГЕОЛОШКИ ПАРАМЕТРИ

Хидрогеолошките карактеристики на застапениот тип на издани и неговата хидрогеолошка функција како и претпоставениот правец и брзина на движење на подземни води, претставуваат основа за дефинирање на динамиката на подземните води за определен простор.



ВИД НА КАРПА			ЛИТОЛОШКИ СОСТАВ И СТРАТИГРАФСКА ПРИПАДНОСТ			ХИДРОГЕОЛОШКИ СВОЈСТВА	
			Име и опис	Стратиграфска припадност	Литолошка ознака	Опис	Тип на издаот
Водопропусни карпи	Невезани и слабовезани седименти	Квартер	Органогено-мочуришни седименти	b		Меѓузрнеста порозност	Добра
			Пролувиум	Pr			Средна
		Неоген	Вулкански бречи	ω'			Добра
			Андезитски туф	Θα			Средна
Водонепропусни карпи	Цврсто врзани карпи	Палеоген	Горна зона на флишот - глинци и песочници	$^3E_3$		Пукнатинска порозност на водонепропусни карпи	Слаба
			Плочести варовници	$^3E_3$			Слаба

Слика 2. Хидрогеолошка карта на истражуваното подрачје

Имено, истражуваниот терен претставува средина во чии рамки е развиен пукнатински тип на издани со слободно ниво на подземна вода и за кој важат законите за нестационарно движење на подземните води.

Со цел дефинирање на прогнозниот експлоатационен капацитет и определување на хидродинамичките и хидрогеолошките параметри на средината, т.е. истражуваниот простор изведени се три експлоатациони бунари ЕБ-1, ЕБ-2 и ЕБ-3 и извршен е опит на пробно црпење, односно тестирање на експлоатационите бунари.

Пред отпочнувањето на процесот на тестирање на експлоатационите бунари беше извршено пробно црпење на бунарите со цел утврдување на капацитетите на издашност (Q_1 и Q_2) кои би биле референти точки во процесот на тестирањето на експлоатационите бунари.

Опитите на тестирање на експлоатационите бунари ЕБ-1, ЕБ-2 и ЕБ-3 е изведен со *т.н. степ тест* со две хидродинамички (референтни) нивоа на снижување на подземна вода со времетраење од 12 часа по едно хидродинамичко ниво односно капацитет, или вкупно 24 часа за целиот опит на тестирање за еден бунар, а со континуирано следење на функционалната зависност [Издашност - Q, Снижување - S, време - t или Q=f(t), S=f(t), Q=f(S)].

Тестирањето на експлоатационите бунари ЕБ-1, ЕБ-2 и ЕБ-3 се изведуваше со длабинска потопна пумпа *Calpeба* од италијанско производство.

Резултатите од тестирањето на експлоатационите бунари се дадени во табела 1.

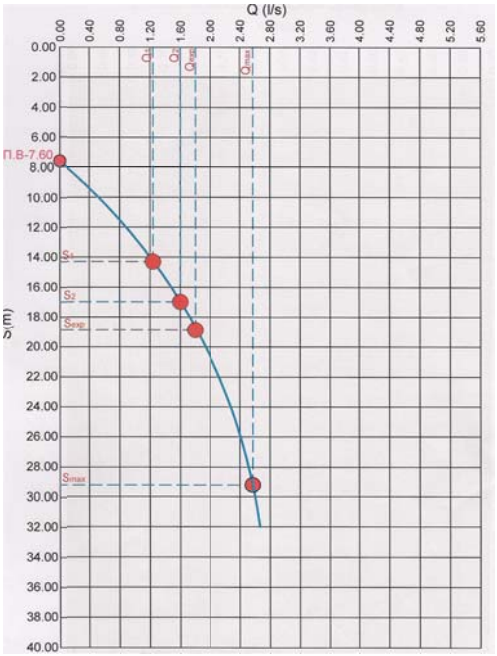
Табела 1. Резултати од тестирање на експлоатационите бунари ЕБ-1, ЕБ-2 и ЕБ-3

Ознака на бунар	НПВ (m)	Q (l/s)	НПВ дин (m)	S (m)	Q (l/s/m)	T (h)
ЕБ-1	4.70	0.015	15.89	11.19	0.00130	12
		0.029	34.00	29.30	0.00099	12
ЕБ-2	7.60	1.24	14.30	6.70	0.185	12
		1.60	16.97	9.37	0.171	12
ЕБ-3	16.15	0.00400	25.13	8.98	0.000445	12
		0.00615	32.60	16.45	0,000374	12

При тестирањето на експлоатационите бунари ЕБ-1 и ЕБ-3 констатирано е дека поради слабата издашност се препорачува да не се експлоатираат. На основа претходно опишаните параметри и резултатите од тестирање на експлоатациониот бунар ЕБ-2, констатирано е дека Q_{eksp} = 1.80 l/s.

Анализирајќи ги резултатите добиени од тестирањето на ЕБ-2 и изведената графоаналитичка пресметка и конструирани графикони од дијаграмите на зависноста на издашноста во функција од

снижувањето Q = f(s) и истата има криволиниски облик (слика 3), може да констатираме дека се работи за пукнатински тип на издани со слободно ниво на подземна вода. Како потврден доказ за оваа констатација ни укажува и дијаграмот на специфичната издашност во зависност од снижувањето ц = Г(s) кој исто така има криволиниски, облик (слика 4), т.е. со поголем капацитет на црпење се добива помала вредност на специфичната издашност.



Слика 3. Дијаграм на зависноста на издашноста во зависност од снижувањето за експлоатационен бунар ЕБ-2

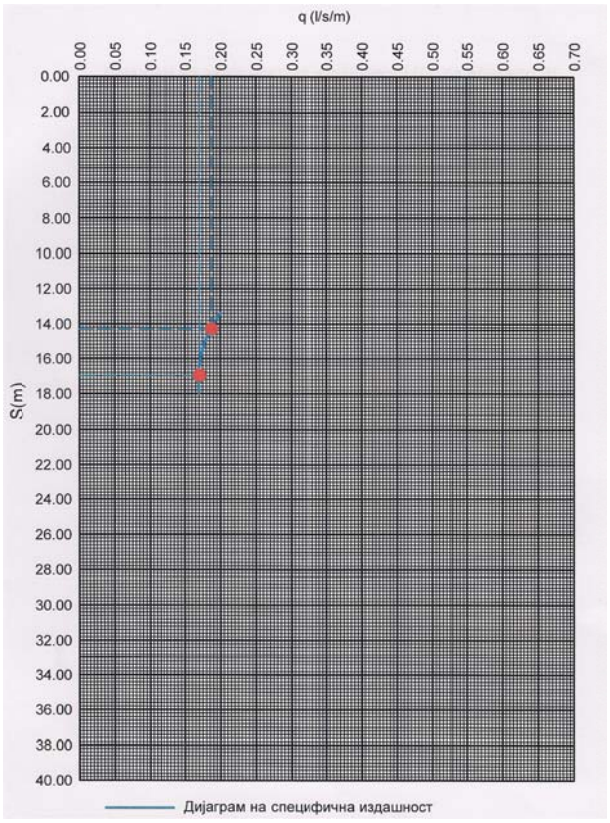
Подетален приказ за динамичките нивоа на експлоатационите бунари, даден е во табелата 2.

Табела 2. Максимално дозволено снижување во експлоатационите бунари

Бунар	Длабина (m)	НПВ (m)	H (m)	2/3H + НПВ (m)
ЕБ-1	40.00	4.70	35.30	28.23
ЕБ-2	40.00	7.60	32.40	29.20
ЕБ-3	40.00	16.15	23.85	32.05

ЕКСПЛОАТАЦИОНЕН И МАКСИМАЛЕН КАПАЦИТЕТ НА БУНАРИТЕ

Анализирајќи ги резултатите добиени од тестирањата и изведените графоаналитички пресметки и конструираните графикони - дијаграми на зависноста на издашноста во функција од снижувањето Q = l(s), кои имаат криволиниски облик (слика 3), може да констатираме дека се работи за пукнатински тип на издани со слободно ниво на подземна вода. Како потврден доказ за оваа констатација ни укажуваат и дијаграмите на специфичната издашност во зависност од снижувањето q = f(s) кои исто така имаат криволиниски облик (слика 4), со поголем капацитет на црпење се добива помала вредност на специфичната издашност.



Слика 4. Дијаграм на специфичната издашност за експлоатационен бунар ЕБ-2

Имајќи ги во предвид хидрогеолошките карактеристики на теренот, длабината и конструкцијата на бунарите, како и параметрите добиени од тестирањето на бунарите може да го заклучиме следното: Бидејќи се работи за пукнатински тип на издани со слободно ниво и дозволеното максимално оборување на нивото на подземна вода за ваков тип на издани изнесува Smax=2/3 H+НПВ, каде H е висина на воденият столб во бунарите и во овој случај за бунарот ЕБ-1 изнесува H=35.30 m, за бунарот ЕБ-2 изнесува

H=32,40 m и за бунарот ЕБ-3 изнесува H=23.85 m за нивна непречена експлоатација во смисла на спречување на несакани последици како суфозија - пескарење и крајно дури и оштетување на бунарската конструкција, како и нивно непречено работење и во услови на сушен период -хидролошки минимум пренесено на дијаграмот Qf(s) (табела 3) произлегува дека за ЕБ-1 Smax=28.23 m со експлоатационо ниво Sexp=19.08 m, за ЕБ-2 Smax=29.20 m со експлоатационо ниво Sexp=18.87 m и за ЕБ-3 Smax=32.05 m со експлоатационо ниво Sexp=26.88 m.

Табела 3. Хидрогеолошки параметри за експлоатационите бунари ЕБ-1, ЕБ-2 и ЕБ-3

Хидрогеолошки параметри	**ЕБ-1**	**ЕБ-2**	**ЕБ-3**
Длабина на бунарот	40.00 m	40.00 m	40.00 m
Ниво на подземни води НПВ	4.70 m	7.60 m	16.15 m
Висина на воден столб H	35.30 m	32.40 m	23.85 m
Максимален (Q_{max}) капацитет (максимална издашност	0.026 l/s	2.57 l/s	0,00651 l/s
Експлоатационен (Q_{exp}) капацитет (експлоатациона издашност)	0.018 l/s	1.80 l/s	0.00456 l/s
Максимално (S_{max}) дозволено снижување	28.23 m	29.20 m	32.05 m
Експлоатационо (S_{exp}) снижување	19.08 m	18.87 m	26.88 m

Поради слабата издашност кај експлоатационите бунари ЕБ-1 и ЕБ-3 се препорачува овие бунари да не се експлоатираат.

ЗАКЛУЧОК

Од геолошки аспект, теренот е изграден од еоценски флишни седименти (песочници, конгломерати, глинци, лапорци и вулкански бречи.

Од хидрогеолошки аспект, врз основа на геолошката градба на теренот и резултатите добиени со тестирањето на експлоатационите бунари ЕБ-1 и ЕБ-3 во истражуваниот дел по длабочина, застапени се еоценски флишни седименти со пукнатинска порозност во кои е формиран пукнатински тип на издани со слободно ниво и слаба водопропустност. Експлоатациониот бунар ЕБ-2 врз основа на геолошката градба на теренот изграден е од вулкански бречи.

Врз основа на добиените резултати од тестирањата на бунарите, извршени се графоаналитички пресметки на истите со што се одредени хидрогеолошките параметри на застапените издани, како и експлоатационите капацитети кои изнесуваат Qexp =0.018 l/s за ЕБ-1, Qexp = 1.80 l/s за ЕБ-2 и Qexp =0.00456 l/s за ЕБ-3.

Во текот на експлоатацијата потребно е да се врши повремена контрола на основните хидродинамички параметри на бунарот ЕБ-2 како: капацитет, снижувањето на нивото во експлоатациониот бунар, кое треба да биде во рамките на оптималното, потоа сезонско контролирање на квалитетот на подземните води, како и бистрината на истата.

Согласно добиените параметри за максимална и експлоатациона издашност се препорачува бунарите ЕБ-1 и ЕБ-3 да не се експлоатираат, додека бунарот ЕБ-2 да се експлоатира, со Qexp=1.80 l/s.

ЛИТЕРАТУРА

Георгиевски, С и др.(2015): Извештај за изведба на три експлоатациони бунари ЕБ-1, ЕБ-2 и ЕБ-3 за водоснабдување на с. Орел - Општина Свети Николе. Стр. фонд на Општина Свети Николе.

Георгиевски, С и др.(2015): Извештај за изведба на два експлоатациони бунари ЕБ-1, ЕБ-2 и ЕБ-3 за водоснабдување на с. Крушица - Општина Свети Николе. Стр. фонд на Општина Свети Николе.

Ѓузелковски, Д., (1997): Подземните води (издан) за решавање на водоснабдување на Република Македонија и нивна заштита. Институт – Геохидропроект Скопје.

Карајовановиќ, Хаџи - Митрова (1975): Толкувач за ОГК 1:100 000, лист Велес. СГЗ Белград.

Карајовановиќ, Хаџи - Митрова (1975): Карта за ОГК 1:100 000, лист Велес. СГЗ Белград.

Кратановски, В., 1980: Извештај за издупчениот експлоатационен бунар ЕБ-3 за водоснабдување на "Кланица и ладилник" – Овче Поле. Геолошки завод Скопје, ООЗТ Институт за геотехника и хидрогеологија. Стр. 20.

Кратановски, В., 1980: Извештај за издупчениот експлоатационен бунар ЕБ-4 за водоснабдување на "Кланица и ладилник" – Овче Поле. Геолошки завод Скопје, ООЗТ Институт за геотехника и хидрогеологија. Стр. 20.

Петров, Д., и др. (2008): Проект за детални хидрогеолошки истражувања на локалитетот Дивјак за водоснабдување на градот Свети Николе. Стручен фонд на Геохидроинженеринг – М Скопје.

SAMPLING AND CHARACTERIZATION OF RIVERINE SUSPENDED PARTICULATE MATERIAL (SPM): THE SAVA RIVER (CROATIA)

Neda Vdović, Mavro Lučić, Niko Bačić & Nevenka Mikac

Ruđer Bošković Institute, DMER, Bijenička 54, Zagreb, Croatia
vdovic@irb.hr

EXTENDED ABSTRACT

INTRODUCTION

Suspended particulate material (SPM) is the main carrier of many natural and anthropogenic substances transported by fluvial systems (Walling, 2005; Horowitz, 2008; Marttila et al., 2013). Obtaining representative samples of SPM is, therefore, of fundamental importance in studies concerned with quantifying geochemical fluxes and understanding water quality in fluvial systems. Sampling strategies aimed at obtaining detailed information on the properties of SPM are constrained by several factors: (I) suspended material transport is highly episodic and sampling activity should be focused on high river discharge periods; (II) adequate sampling equipment is not always available and sampling could be costly and time consuming; (III) individually (daily) taken samples may not be representative of material transported during a longer period (Walling, 2008). In order to overcome these obstacles, a time-integrated sampler (TIMS), designed according to Phillips et al. (2000), was employed for SPM sampling in the Sava River.

SAMPLING

TIMS was originally designed for small catchments where it could be sunk in the stream bed by means of steel uprights. High and fluctuating water level of the Sava River makes such a positioning impossible; the sampler was therefore suspended from a boat moored at the river bank. Test sampling was performed in the period of 44 days in July-August 2014, followed by three more in different periods of the year (Table 1).

METHODOLOGY

The analyses will comprise: the particle size determination (laser diffractometry), mineral composition (x-ray diffraction), organic matter content (TOC analysis) and trace metals concentration (ICP-MS). The hydrological data were obtained from Meteorological and Hydrological Service.

RESULTS AND DISCUSSION

The material collected by TIMS in all four seasons mostly consisted of silt-sized particles. Sample (4), taken in May 2015, differed from the other three – it contained almost equal amounts of silt and sand-sized material (Table 1). The x-ray diffraction of bulk samples determined the presence of quartz (Q), calcite (Ca), dolomite (D) and feldspars (P) in all samples and clay minerals in samples 1-3. Detailed analysis of clay fraction is in progress as well as the organic matter content determination.

Table 1. Particle size distribution and composition of samples

Sample / sampling period		Particle size distribution (PSD)			Mineral composition
		Clay %	Silt %	Sand %	
1	Aug. 2014	6.20	75.20	18.60	Q, Ca, D, P, clay
2	Oct. 2014	7.10	75.30	17.60	Q, D, Ca, P, clay
3	Feb. 2015	5.30	77.57	17.13	Q, Ca, D, P, clay
4	May 2015	1.88	44.67	53.45	Ca, Q, D, P

The prevalence of silt in samples 1-3 is probably the consequence of flocculation of finer particles. High amount of sand in sample 4, however, could not be explained by the same process. The transport of coarse particles (sand and gravel) in rivers occurs at/close to riverbed. Low river discharge (*i.e.* low water level) during sampling campaign 4 (Fig 1) brought TIMS closer to riverbed where sand might have entered the sampler.

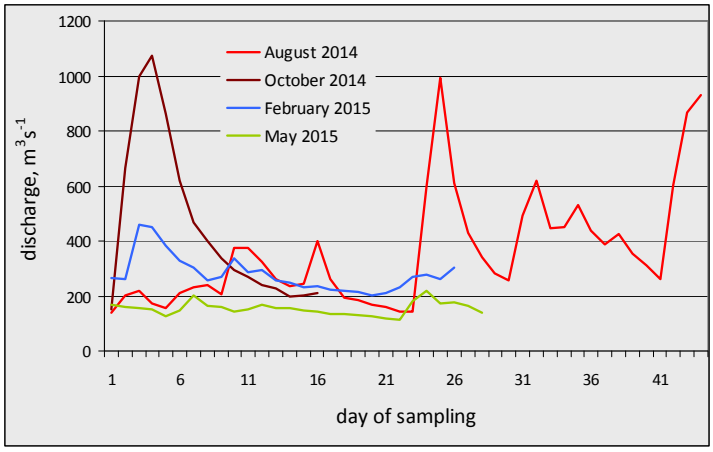


Fig. 1 The Sava River discharge during sampling periods

The behavior of some typically anthropogenic metals is shown in Figure 2. Their concentrations were similar in sampling periods 1-3; the lowest concentrations were measured in sample 4 (May 2015). Knowing the affinity of metals for fine fraction of the sediment, that result is probably a consequence of high amount of sand in the sample 4. Up to date, no literature data are available regarding the overall metal concentrations in the Sava River SPM but the values are comparable or lower than those from major European or world rivers (Viers *et al*., 2009).

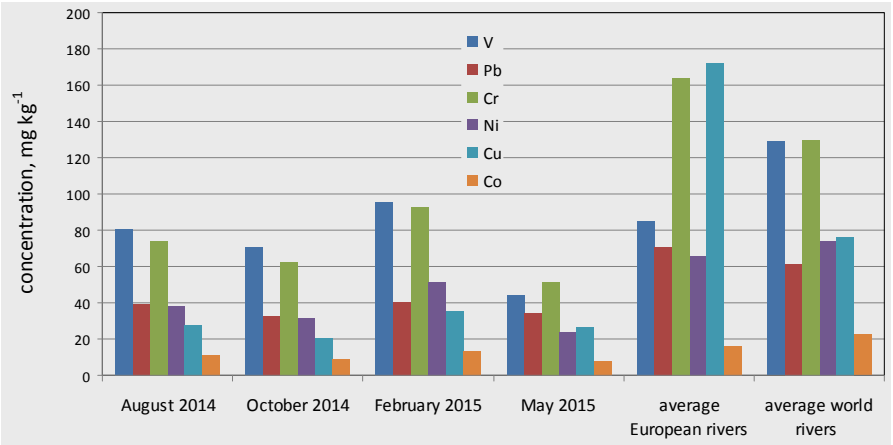


Fig. 2 Metal concentrations in SPM

Key words: suspended sediment sampler, suspended particles, trace elements, the Sava River

REFERENCES

Horowiz AJ: Determining annual suspended sediment and sediment-associated trace elements and nutrient fluxes. *Sci. Total Environ*. 400 (2008) 315-343.

Marttila H, Saarinen T, Celebi A, Kløve B: Transport of particle-associated elements in two agriculture–dominated boreal river systems. *Sci. Total Environ*. 461-462 (2013) 693-705.

Phillips JM, Russel MA, Walling DE: Time-integrated sampling of fluvial suspended sediment: a simple methodology for small catchments. *Hydrol. Process*. 14 (2000) 2589-2602.

Viers J, Dupré B, Gaillardet J: Chemical composition of suspended sediments in World Rivers: New insights from a new database. *Sci. Total Environ*. 407 (2009) 853 – 868.

Walling DE: Tracing suspended sediment sources in catchments and river systems. *Sci. Total Environ*. 344 (2005) 159-184.

BIOACCESSIBILITY AND BIOAVAILABILITY OF POTENTIALLY TOXIC ELEMENTS IN HEALING MUD

[1]Hana Fajković , [1]Esad Prohić, [2]Ivan Nemet , [2]Sanda Rončević, [1]Dražen Kurtanjek & Ana Rosandić

[1] University of Zagreb, Department of Geology, Zagreb, Croatia (hana.faj@gmail.com)
[2] University of Zagreb, Department of Chemistry, Zagreb, Croatia

EXTENDED ABSTRACT

Healing muds (peloides) and treatments with them are known for centuries. Origin of muds can be various as well as their geochemical characteristics and from that prospective they are rarely well documented (Williams and Haydel, 2010). In treatments individuals are covered with the mud and exposed to it for different periods. Oftentimes it ends in a mouth and gets swallowed.

With this in mind, knowledge about concentration of potentially toxic elements is a important and necessary. Sequential extraction chemical analysis proposed by Tessier or BCR protocol are well documented and traditionally used methods (Bacon and Davidson, 2008; Rauret et al., 1999; Tessier et al., 1979), which gives valuable information about elements fractionation. Moreover, gastric and gastrointestinal protocol generates additional informations, in particular valuable when oral ingestion of soil (mud) is present. Sequential extraction procedures and gastric/gastrointestinal extractions can be seen as the same (similar) procedure but with the different central subject where informations should be addressed to; environment (in the broader sense) for sequential extraction procedures and Man for gastric/gastrointestinal extraction.

Detailed geochemical investigation was obtained on the sediments from Segal Bay, island of Pag, Croatia. This sediment is known as natural healing mud and is used broadly.

Analysis providing information on bioavailability and bioaccessibility were performed on air-dried samples. Results of easily leachable elements (step 1 of BCR and Tessier procedure) were compared with the one gathered from gastric/gastrointestinal protocol (Intawongse and Dean, 2006; Jantratid et al., 2008), with the main objective to make a conclusion on safety due to exposure to the mud through skin and/or by swallowing it. Term *bioaccessibility* presents the fraction of a compound that is released from its matrix in the gastrointestinal tract, and it becomes available for intestinal absorption while term *bioavailability* presents the fraction that can reach the system, but it doesn't need to be released from the matrix and have an influence on an individual (Carbonell-Capella et al., 2014; Intawongse and Dean, 2006). In this abstract results obtained from Tessier and BCR procedure gave informations about bioavailability while the one obtained from gastric and gastrointestinal protocol gave informations about bioaccessibility.

Soil organic matter (SOM) and soil inorganic carbon (SIC) were determined by the loss-on-ignition procedure according to (Wang et al., 2012). SOM and SIC were calculated according to the equations described in the paper and all needed input informations are obtained from three step procedure consisting of combustion at 105°C for 12 hours (to remove the soil moisture), followed by combustion at 375°C for 17 hours and at 800°C for 12 hours To gather information's what happens in gastric and gastrointestinal process, SIF Powder (Biorelevant) was used. This protocol brings informations about Fasted-State Simulated Intestinal Fluid (FaSSIF) , Fed-State Simulated Intestinal Fluid (FeSSIF), and Fasted-State Simulated Gastric Fluid (FaSSGF). Step 1 of BCR and Tessier procedure are focused on similar phase connected with the exchangeable, water and acid-soluble fraction, although nominal target phases of first step of BCR protocol has a wider range. Inductively coupled plasma

atomic emission spectrometry, ICP-AES, was used for concentration determination in all fractions.

Analyzed samples has a high amount of organic matter with the average value of 116.34 g kg^{-1} ± 0.356. Results of performed extractions are presented in Fig. 1. Concentrations of analyzed elements obtained from pseudototal chemical analysis extracted by Aqua Regia digestion have, as expected, higher values than from other procedures (FaSSGF, FaSSIF, FeSSIF, step 1 of Tessier and BCR). Concentration of elements presenting bioavailability and bioaccessibility procedures are similar, slightly higher for procedure presenting bioaccessibility. All analyzed element are in a range of maximum allowed concentration proclaimed by national legislation.

Whenever there is a chance that soil and/or sediment will end in digestive system, presented combination of analysis would be a beneficial due to possibility to expend conclusion taking into account bioaccessibility and bioavailability.

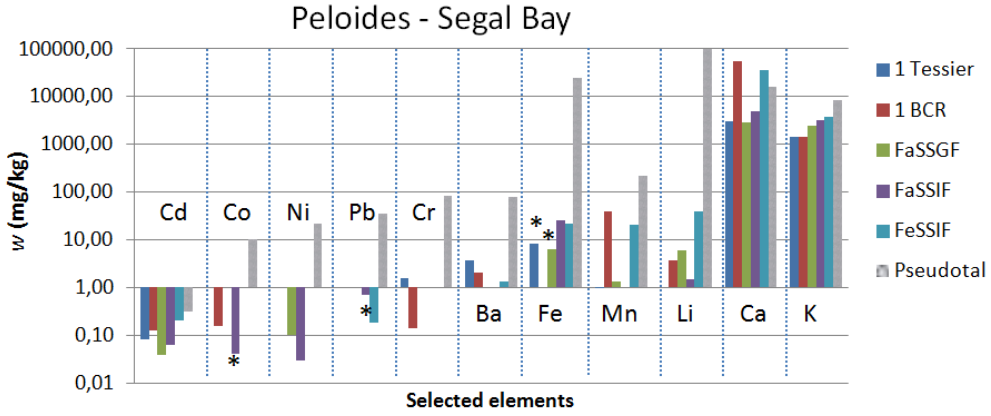


Fig. 1 *Concentration of selected elements in peloides of Segal Bay, in logarithmic scale, for different procedure determined by ICP-AES. * – presents unreliable data.*

Key words: healing mud, BCR and Tessier sequential extraction procedure, bioaccessibility and bioavailability, gastric and gastrointestinal extraction

REFERENCES

Bacon, J.R. and Davidson, C.M., 2008. Is there a future for sequential chemical extraction? Analyst, 133(1): 25-46.

Carbonell-Capella, J.M., Buniowska, M., Barba, F.J., Esteve, M.J. and Frígola, A., 2014. Analytical Methods for Determining Bioavailability and Bioaccessibility of Bioactive Compounds from Fruits and Vegetables: A Review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 13(2): 155-171.

Intawongse, M. and Dean, J.R., 2006. In-vitro testing for assessing oral bioaccessibility of trace metals in soil and food samples. TrAC Trends in Analytical Chemistry, 25(9): 876-886.

Jantratid, E., Janssen, N., Reppas, C. and Dressman, J.B., 2008. Dissolution Media Simulating Conditions in the Proximal Human Gastrointestinal Tract: An Update. Pharmaceutical Research, 25(7): 1663-1676.

Rauret, G., F. Lopez-Sanchez, J., Sahuquillo, A., Rubio, R., Davidson, C., Ure, A. and Quevauviller, P., 1999. Improvement of the BCR three step sequential extraction procedure prior to the certification of new sediment and soil reference materials. Journal of Environmental Monitoring, 1(1): 57-61.

Tessier, A., Campbell, P.G.C. and Bisson, M., 1979. Sequential Extraction Procedure for the Speciation of Particulate Trace Metals Analytical Chemistry, 28(4): 667-676.

Wang, X., Wang, J. and Zhang, J., 2012. Comparisons of Three Methods for Organic and Inorganic Carbon in Calcareous Soils of Northwestern China. PLoS ONE, 7(8): e44334.

Williams, L.B. and Haydel, S.E., 2010. Evaluation of the medicinal use of clay minerals as antibacterial agents. International geology review, 52(7/8): 745-770.

China. PLoS ONE, 7(8): e44334.

Williams, L.B. and Haydel, S.E., 2010. Evaluation of the medicinal use of clay minerals as antibacterial agents. International geology review, 52(7/8): 745-770.

МОНИТОРИНГ НА ПОДЗЕМНИТЕ ВОДНИ ТЕЛА ВО РЕЧНИОТ СЛИВ НА РЕКА БРЕГАЛНИЦА

[1]Розета Јанкова, [1]Сандо Донев

[1]ГЕИНГ Кребс унд Кифер Интернешнл и др. ДОО – Скопје, Ул. Борис Трајковски бр. 111, Скопје
jankova.r@geing.com.mk, donev.s@geing.com.mk

Абстракт

Мониторингот на подземните водни тела во речниот слив на реката Брегалница е дел од Проектот План за управување со речниот слив на река Брегалница и има за цел да се изработи одржлив и сеопфатен план за состојбата на водените ресурси на река Брегалница. Согласно Законот за води (Службен весник на РМ бр.87/2008) и Правилникот за постапките и начинот на набљудувања и мерења на квалитативните карактеристики на водите во мрежата на хидролошките станици (Службен весник на РМ бр.33/2010) и Рамковната директива за води на ЕУ (2000/60/ЕС). За таа цел потребно е карактеризирање на водните тела, воспоставување на референтни услови за типовите на водните тела, вклучително и делинеацијата, како и одредување на квалитативниот статус на сите делинеарни водни тела.

Мониторинг локациите се распоредени-делинеазирани во 5 водни тела – аквифери. Иницијалната делинеација на водните тела во сливот на Брегалница е направена според упатствата на РДВ, како и врз основа на постојаните податоци и карти, податоци од УХМР и независно добиени податоци од теренското истражување. Планирани се 18 мониторинг локации за подземните водни тела кои се распоредни така да даваат слика за состојбата на подземните води во аквиферот. Притоа дефинирани се состојбите со распространувањето на подземните води/аквифери на сливот на река Брегалница, одреден е типот на подземните води, квалитетот и квантитетот на подземните води.

Клучни зборови: Мониторинг, аквифери, подземни водни тела, хидрогеолошки карактеристики, квалитет на подземни води, стандарди и нормативи.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ НА МОНИТОРИНГОТ

Мониторингот на подземните водни тела во сливот на река Брегалница има за цел да направи анализа на водните ресурси во речниот слив (квантитет и квалитет). Со хидрогеолошките доистражувања и испитувања се овозможи добивање на релевантни податоци за хидрогеолошките и хидрохемиските карактеристики на застапените аквифери и се даде предлог за долгорочен и постојан мониторинг на подземните водни тела.

Задача на мониторингот е со теренските истражувања да се добијат детални податоци за состојбата на подземните води во одредените аквифери, додека со лабораториските анализи да се дефинираат главните квалитативни параметри на подземните води. Потоа изработка на катастар од најразлични податоци и параметри, како и соодветни карти за истражуваниот регион се што ќе се дефинираат главните хидрогеолошки карактеристики и положби на подземните води во истражуваниот простор, со помош на кои во иднина би се иницирале конкретни мерки за заштита и искористување на овие водени ресурси.

Комплетниот мониторинг на подземните водни тела во сливот на река Брегалница, согласно проектната програма се изведуваше на 18 планирани локации во две кампањи – пролет и лето. Мониторингот на мерните точки во пролетната кампања, е релизирана од 09 - 13.06.2014г., дедека летната кампања се реализира во период од 01 - 09.09.2014г.

ГЕОЛОШКИ И ХИДРОГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА АКВИФЕРИТЕ

Подземното водно тело Берово – Пехчево е лоцирано во изворскиот слив на реката Брегалница Според геолошката градба, изградено е од квартерни седименти претставени од пролувијални, делувијални и алувијални седименти во кој е формиран збиен тип на издани со слободно ниво.

Подземното водно тело Делчево се наоѓа во источниот дел на Македонија, во горниот тек на реката Брегалница, според

геолошката градба, е изградено од квартерни седименти претставени со пролувијални и алувијални седименти во кој е формиран збиен тип на издани со слободно ниво.

Подземното водно тело Кочани – Штип лоцирано е во источниот дел на Република Македонија во средишниот тек на реката Брегалница, според геолошката градба, е изградено од квартерни седименти претставени со пролувијални, терасни и алувијални седименти

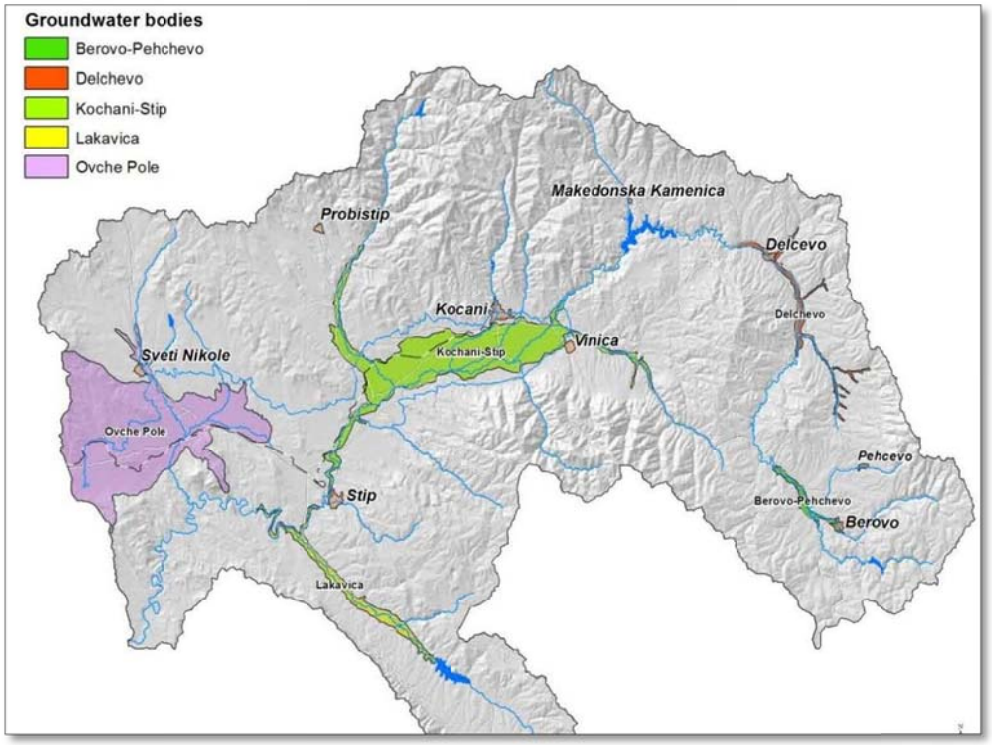
Подземното тело Овче Поле се наоѓа во средишниот дел на Македонија. Според геолошката градба е изградено од квартерни и плиоценски седименти кои претставуваат дел од Овчеполскиот слатководен басен во кој е формиран збиен тип на издани со слободно ниво.

Аквифер лакавица-Реката Лакавица е лева притока на реката Брегалница. Според геолошката градба, теренот е изграден од квартерни седименти претставени со алувијално терасни наслаги во кој е формиран збиен тип на издани со слободно ниво.

МЕРНИ МЕСТА, ПАРАМЕТРИ

Мониторинг локациите се распоредени-делинеазирани во водни тела – аквифери. Иницијалната делинеација на водните тела во сливот на Брегалница е направена според упатствата на РДВ, која укажува на постоење на 5 значајни подземни водни тела- аквифери или водоносници (Слика бр.1):

- Берово – Пехчево
- Делчево
- Кочани – Штип
- Овче Поле
- Лакавица



Слика 1. Речен слив на р. Брегалница

Овие 5 водни тела се делинеазирани врз основа на постојаните податоци и карти, податоци од УХМР и независно добиени податоци од теренското истражување на тимот на ПУРС Брегалница.

Планираните 18 мониторинг локации на подземните водни тела (табела бр.1) се распоредни така да даваат слика за состојбата на подземните води во аквиферот.

За реализација на планираниот мониторинг се предвидени следните параметри: мерење на НПВ, ph, Eh и температура на подземна вода, во фаза на теренските испитувања на мониторинг локациите.

Како следна фаза на испитувања е лабораториски испитувања на примероците на подземна вода кои беа земени од мерните места, по што се изврши испитувања на:

- кислород - испитување на растворен кислород, растворен CO_2, редокс потенцијал, според стандардна метода МКС ENISO 5667-6 и МКС ENISO 19458.
- нутриенти, азотни соединенија и фосфор – испитување на Ptot, PO_4, N-NO_3, N-NO_2,N-NH_4,
- катјони – Ca, Mg, Na, K
- анјони – Cl, SO_4, CO_3.
- приоритетни супстанци – метали и металоиди (Ag, Al, As, Ba, Cd, Co, Cr, Pb, Hg, Ni, Zn, Cu, Mn, Fe,V), полиароматични јаглеводороди (PAN), фталати, азотни и фосфорни пестициди, полихлорирани бифенили (PCB), органохлорни пестициди, органохлорни компоненти – предвидени за испитување во летната кампања.
- Испитувањата на параметрите се вршени согласно стандардите ISO 11885:2007 и ISO 17297- 2:2003.

Табела 1. Преглед на локации за мониторинг на подземните водни тела

Аквифер	Позиција во аквиферот	Локација ID	Тип на мерна точка	Координати		Општина	Длабина на бунарот (m)	Дијаметар на бунарот (mm)
				X	**У**			
Берово - Пехчево	Узводно	DMP01	Копан бунар	4 619 412	7 654 672	Берово	7	1000
	Средина	DMP02	Дупчен бунар	4 622 081	7 651 504	Берово	15	140
	Низводно	DMP03	Дупчен бунар	4 624 619	7 650 587	Берово (с.Мачево)	16	100
Делчево	Узводно	DMP04	Копан бунар	4 641 020	7 654 953	Делчево (с.Трботивиште	7	4000
	Средина	DMP05	Дупчен бунар	4 648 003	7 647 986	Делчево	5	60
	Низводно	DMP06	Копан бунар	4 649 650	7 645 212	Делчево (с.Очипала)	3,5	2500
Кочани -Штип	Узводно	DMP07	Дупчен бунар	4 640 570	7 623 864	Виница	30	180
	Средина	DMP08	Дупчен бунар	4 638 829	7 615 212	Кочани (с.Подлог)	23	210
		DMP09	Копан бунар	4 643 914	7 600 332	Пробиштип (с.Трипатанци)	6	1000
	Низводно	DMP10	Дупчен бунар	4 624 886	7 599 370	Штип	12	315
		DMP11	Дупчен бунар	4 630 839	7 603 000	Карбинци	26	280
Овче Поле	Неодредено	DMP12	Дупчен бунар	4 636 227	7 579 350	Свети Николе	70	350
		DMP13	Дупчен бунар	4 629 341	7 548 182	Свети Николе (БИМ)	60	225
		DMP14	Дупчен бунар	4 626974	7 575 636	Лозово	18	160
		DMP15	Копан бунар	4 633 529	7 589 613	Св. Николе (с.Мустафино)	7	1200
Лакавица	Узводно	DMP16	Дупчен бунар	4 609 334	7 606 818	Штип (20 km)	40	140
	Средина	DMP17	Дупчен бунар	4 611 648	7 602 512	Штип (с.Лакавица)	22	355
	Низводно	DMP18	Дупчен бунар	4 617 786	7 596 545	Штип (КПУ)	7	350

АНАЛИЗА НА РЕЗУЛТАТИТЕ

Во Република Македонија не постои легислатива за подземни води, така што при класификацијата на водите се користени најразлични извори. За одредени параметри се користени законските прописи на Р.Македонија за површински води (Уредба за класификација на води, Сл.весник 18/99; Правилник за безбедност на вода за пиење, Сл.весник 57/04 и Правилник за безбедност на водата, Сл.весник 46/08). Бидејќи станува збор за подземна вода, за одредени параметри се користени и од европската Директива за води за пиење EU/98/83/EC, норми на некои држави (Шведска), како и литературни податоци од автори кои вршеле истражувања во оваа сфера и како такви се публицирани.

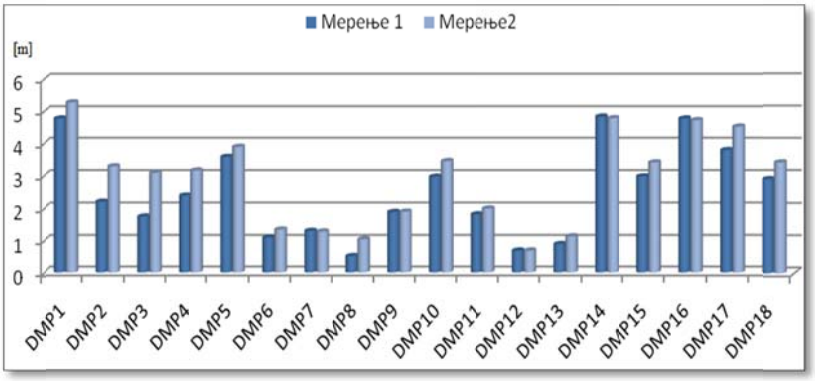
Со мониторингот и извршените испитувања (пролетна и летна кампања) на одредените параметри, кои се во функција на петте подземни тела - аквифери (водоносници), Берово- Пехчево, Делчево, Кочани-Штип, Лакавица и Овче Поле, се направи корелација на добиените резултати.

Избраните мерни места во рамките на проектот се распоредени на релативно широк појас во Брегалничкиот слив, и тоа од подрачје со надморска висина од 800-853 m (аквифер Берово-Пехчево), до подрачје со надморска висина од 262 m (аквифер Лакавица). Тоа се реперкуира и во резултатите од мерењата кои се спроведени според предодредените активности.

Резултатите од физичко-хемиските анализи (сличности и отстапувања), прикажани се по параметри.

Квантитет - Нивото на подземните води е слика на висината на водоносниот столб на вода во резервоарот на набљудуваното аквифер, а која е во директна зависност за прогнозните количини на подземна вода во застапениот аквифер и нивното однесување согласно со тековните климатски и хидролошки услови. Со мониторингот се обезбедува слика за состојбата со водните тела, со тоа би се спречило да пресушат или пак би се спречило движењето на подземните води со сиромашен квалитет до протечните. Споредба на измерените нивоа на подземните води најчесто се прави со долгорочни просеци кои би дале целосна слика на состојбата на подземните ресурси во рамките на еден аквифер. Набљудување во текот на неколку години пак, овозможува предвидување за состојбата на подземните води и нивното однесување согласно со тековните климатски и хидролошкиуслови.

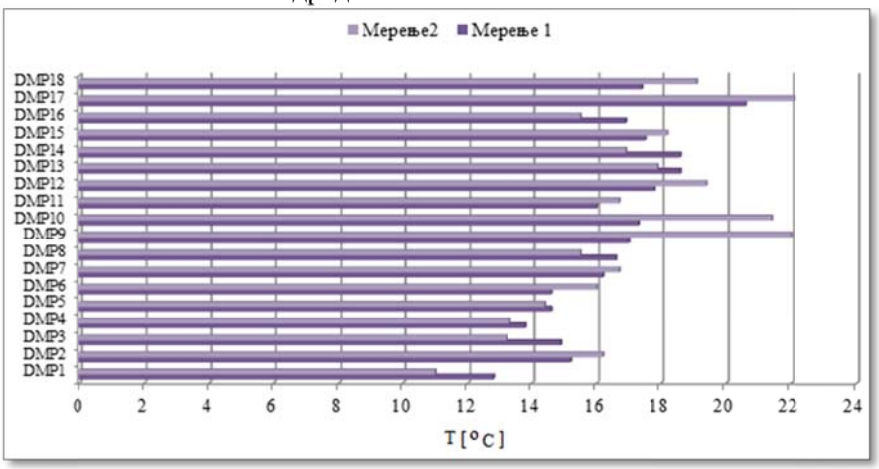
Од добиените резултати за мерните нивоа, во сите мерни места, иако станува збор за период на зголемена експлоатација, може да се заклучи дека станува збор за количински релативно стабилни резервоари на вода. Секако не треба да се занемарат и временските услови, во периодот меѓу двете мерења Мерните нивоа, во сите мерни места се прикажани на сл.бр.2.



Слика 2. Ниво на подземна вода во месец јуни и месец септември, 2014 година

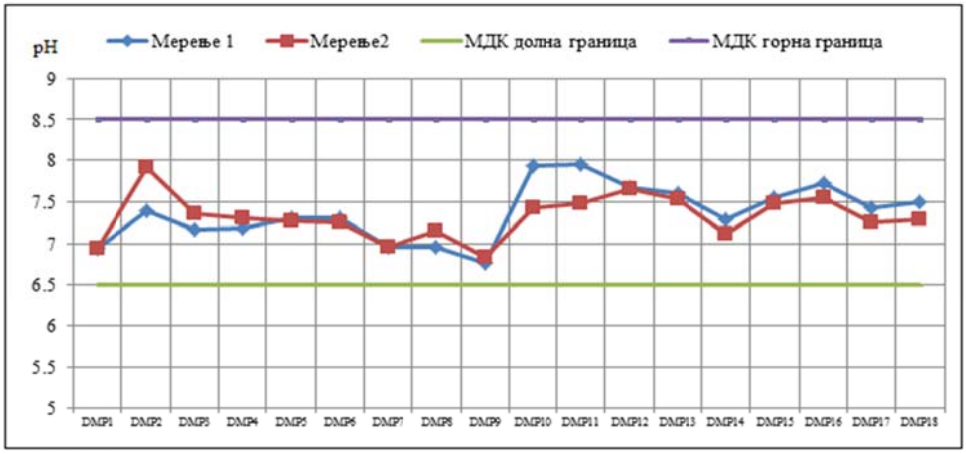
Температурата – е примарен параметар кој ги карактеризира физичките, хемиските и биолошките процеси во аквиферите. Подземната вода вообичаено одржува една постојана температура која за површинските извори е нормално блиску до средната годишна температура на воздухот (*Brown, 2007*). Температурата на подземната вода е зависна од количината и протокот на подземната вода, длабочината на водното тело, зоните на прихранување, правец на движење на подземните води,

местоположбата (геолошка градба на застапениот издан), годишното време, циркулацијата на воздухот и временските услови. Во зависност од правецот на движење на подземните води кон ерозиониот базис, или извор, времето на задржување/поминување на подземните води, геолошката градба на теренот/изданот и способноста на одредени елементи да се растваараат со вода се директна функционална зависност за квалитетот -хемискиот состав на подземните води. Од добиените вредности од сите мерни места се гледа дека снижувањето на надморската висина и промената на условите ги пратат температурните промени.(слика бр.3)



Слика 3. Измерена температура °C по мерни места во месеците јуни и септември 2014 година

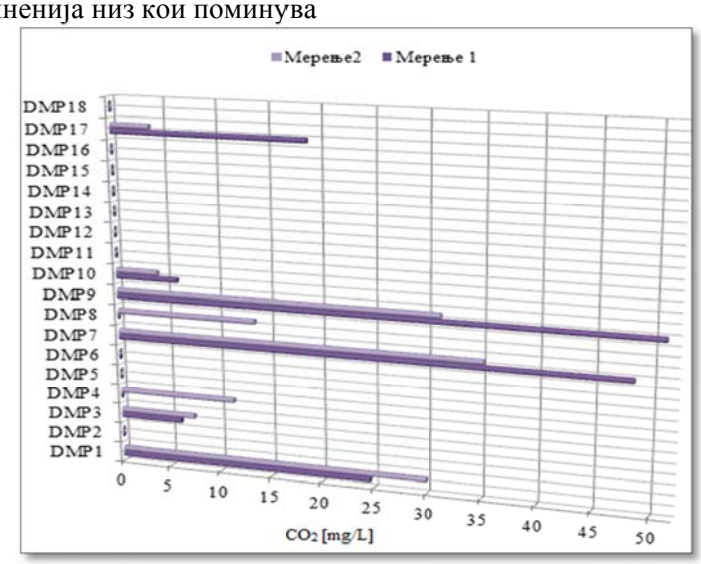
Релативниот ацидитет или алкалитет на водата се претставува преку параметарот pH. Кај подземните води pH вредноста се движи од 6,5-8,5 (Службен весник на РМ бр.18/1999). pH на водата е еден од најбитните параметри кој се користи за оценување на квалитетот на водата, и е под влијание на геолошката градба на самиот иквифер и неговата поширока околина (зони на прихранување или пак сливни подрачја), индустриските отпадни води и атмосферската декомпозиција. Алкалитетот на водата ја претставува нејзината способност да реагира со јаки киселини до одредено pH. Овој параметар е важен при употреба и третман како на природни, така и на отпадни води и најчесто е поврзан со присуството на карбонати, бикарбонати и хидроксиди. (Слика бр.4)



Слика 4. Релативен ацидитет-алкалитет- pH,во мерните места

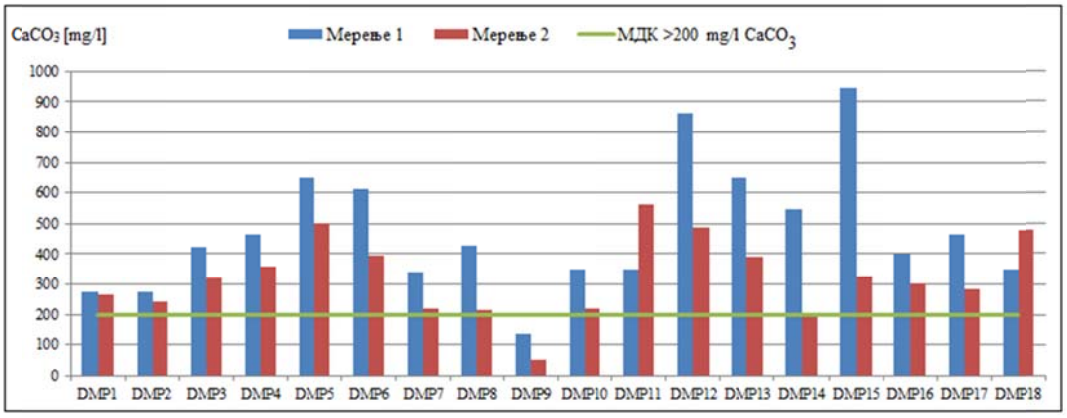
Јаглероден двеоксид (CO_2) - Подземната вода, следејќи го својот долг пат има повеќе време и прилика да го раствори субповршинскиот материјал низ кој се движи. Бунарската вода се црпи од големи, природни, подземни резервоари (аквифери) или мали, локализирани „џепови“ со подземна вода. Колку повеќе останува во овие депозити, толку е повисока концентрацијата на минералите и

растворените материи. Според присуството на растворениот CO_2 може да се процени и интензитетот на метаболитнитепроцеси. Карактеристично за подземната вода е да има висока концентрација на CO_2, ниски концентрации на растворен кислород и ниски pH вредности, како резултат на бактериските процеси во земјата и различните подземни честици од минералните соединенија низ кои поминува водата, карпи кои содржат во својот состав варовник или доломит, ацидитетот ќе биде предизвикан со нивно растварање и интеракција со CO_2. Високите концентрации во потенцираните мерни места укажуваат дека се актуелни и двата погоре наведени процеси, причинители за зголемена концентрација на CO_2.(Слика бр.5)



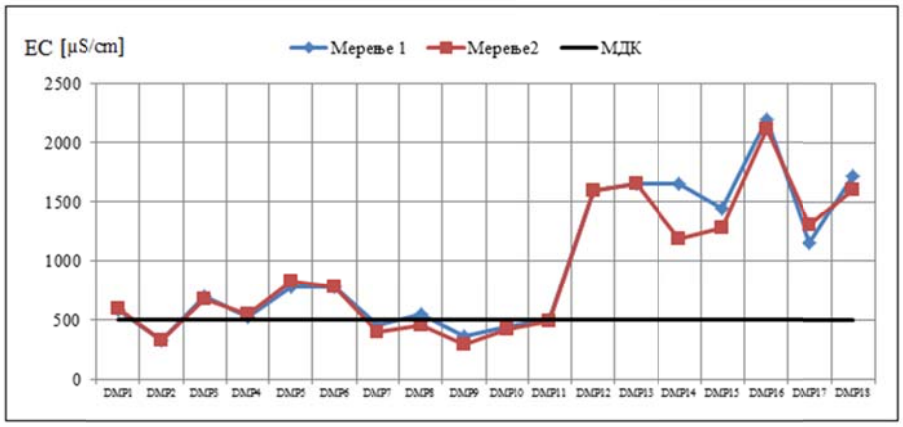
Слика 5. Содржина наCO_2 од двете мерења во испитуваните аквифери

Алкалитет - Природните води можат да бидат неутрални, но почесто се или слабо кисели или базни, па алкалноста е уште еден важен параметар кој ја опишува почвата или карпестата подлога каде што минува/акумулира подземната вода, или пак изворот и кој ги регулира промените на pH кои битно влијаат и се штетни за водниот свет. Алкалитетот на водата ја претставува нејзината способност да реагира со јаки киселини до одредено pH. Овој параметар е важен при употреба и третман како на природни, така и на отпадни водии најчесто е поврзан со присуството на карбонати, бикарбонати и хидроксиди. Како параметар е нужен при третирање и контрола на водите. Регистрирани се пониски концентрации во мерното место DMP09, додека одредените вредностите во сите други мерни места се задоволителни. Слика бр.6



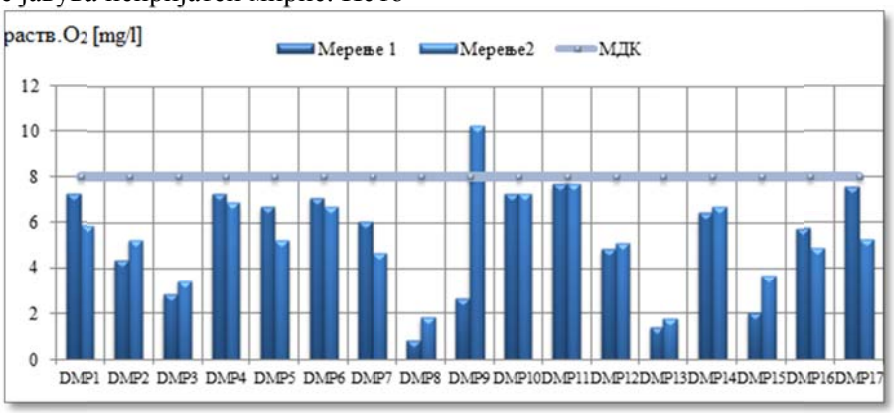
Слика 6. Алкалитет во mg/l$CaCO_3$, во испитуваните аквифери.

Електричната спроводливост (EC) или кондуктивитет претставува количина на вкупно растворени соли, или вкупно растворени јони во водата. Вкупните растворливи материи се индикатор за минералниот карактер на водата. Според добиените резултати и наведените класификации, водите од сите мерни места се над границата за води за пиење(слика бр.7)



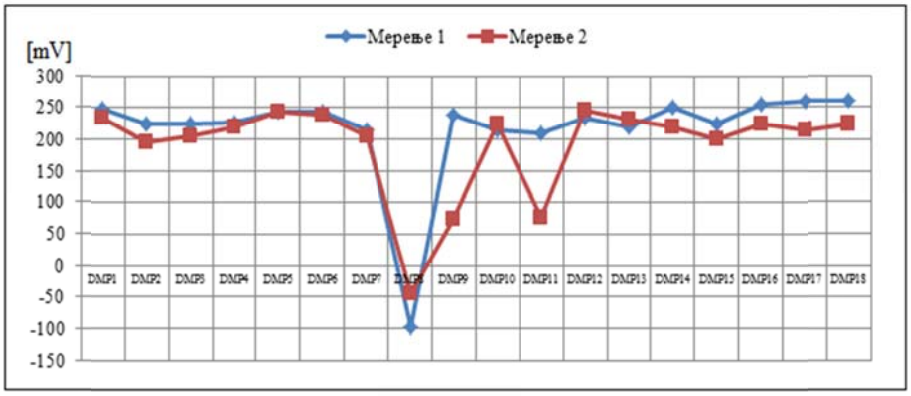
Слика 7. Кондуктивитет даден во µS/cm, на примероците одредени во јуни и септември

Растворен кислород - ниту со директивата 98/83/EC, ниту со други прописи и легислативата на РМ, не постојат препорачани концентрации кои би влијаеле на здравјето на луѓето. Намалувањето на концентрацијата на растворен кислород во водата може да доведе до микробиолошка редукција на нитратите до нитрити и сулфатите до сулфиди, при што како последица се јавува непријатен мирис. Исто така намалувањето на содржината на кислород овозможува зголемување на содржината на двовалентно железо во водата. Со мониторингот се утврди дека според содржината на растворен кислород во водата во испитуваните аквифери, водата воглавно е групирана во ll-V класа согласно со Уредбата за класификација на води на РМ. (Слика бр.8)



Слика 8. Растворен кислород даден во mg/l од извршените мерења во испитуваните аквифери

Редокс потенцијал - неговата корелација со Fe и pH во подземните води придонесува за геохемиските заклучоци поврзани со аквиферите. Податоците за редокс потенцијалите може да обезбедат увид во еволуцијата и статусот на хемијата на вода во водните системи. Редокс условите кај подземните води покажуваат на можностите за предвидување на појавите за одредени проблеми кога водата се испумпува од нив Тие мерења најчесто се користат за оценка и геохемиски модели, посебно за подводните и не кислородните подземни системи. Измерениот редокс потенцијал во сите мерни места, укажува на природни води, содржината на растворен кислород е под МДК.(Слика бр.9).



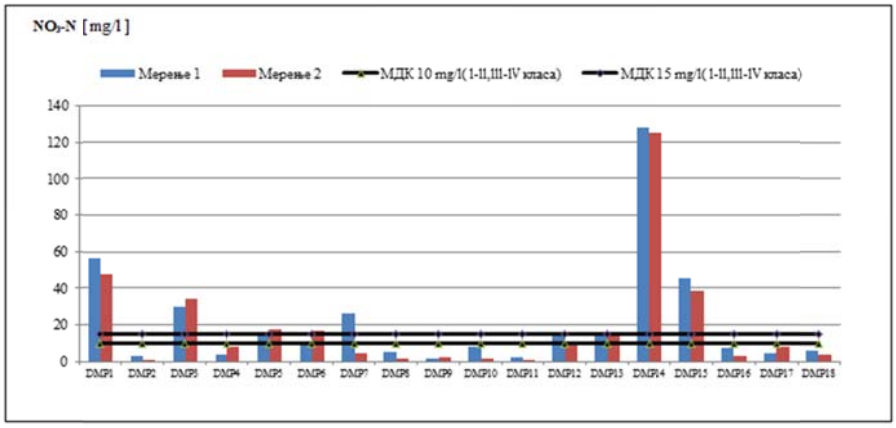
Слика 9. Редокс потенцијал претставен во mV од двете мерења во испитуваните аквифери

Фосфати - претставуваат придружен елемент на органскиот и минералниот состав на седиментите, а во водните тела може да се мобилизира од бактериите и да се ослободи во водната колона, почесто достигнуваат во водите од биолошкиот синџир, отколку од минералниот, па може да се сметаат како „хемиски индикатори на загадување". Добиените резултати укажуваат дека преовладува биолошкиот синџир и антропогениот фактор за акумулација на фосфор, во однос на минеролошкиот ланец Во природните води се наоѓа, воглавно, во облик на фосфати (орто, поли и органски фосфат). Како параметар, вкупниот фосфор ги уклучува сите наведени облици.

Азотните материи во вода потекнуваат од неколку извори, вклучувајки ја атмосферата, легуминозните растенија, растителниот отпад, животински екскремент, канализацијата, азотните ѓубрива и индустриските отпадни води.

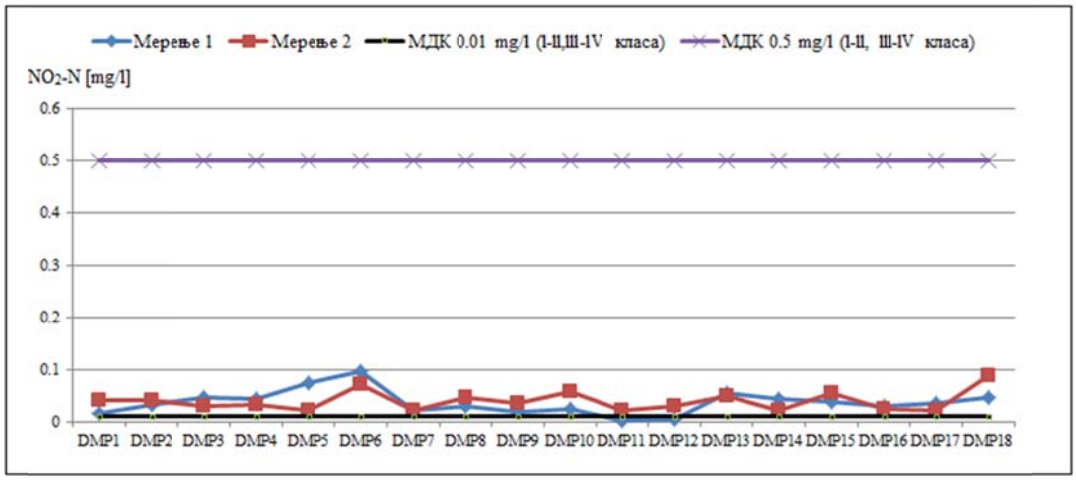
Азот (NO_3^-; NO_2^-; NH_4^+)- Азотните материи во вода потекнуваат од неколку извори, вклучувајки ја атмосферата, легуминозните растенија, растителниот отпад, животински екскремент, канализацијата, азотните ѓубрива и индустриските отпадни води.

Нитратите потекнуваат од растенијата и тие го обезбедуваат потребниот азот неопходен за изградба на белките, а со тоа и на вкупната биомаса. Природната нитратна концентрација во изворите под аеробни услови е зависна и од типот на почвата и од геолошката состојба. NO_3-N концентрацијата на површинскит извори е нормално ниска, но може да достигне повисоки вредности како резултат на антропогеното влијание или животинскиот отпад. Концентрациите често се променливи и варираат во зависност од годишното време. Поголемите концентрации се вообичаени кај природните извори кои се богати со нитрати, најчесто тоа е дождовната вода. Во аквиферот Овче Поле се добиени поголеми вредности (DMP14) и при двете мерења, за што веројатна причина е поизразит биолошкиот фактор и антропогеното оптоварување (вештачко ѓубрење и сл.).(слика бр.10)



Слика 10. NO_3^-- Nmg/l во мерните места по ПУРС Брегалница

Нитритите може да настанат како меѓу производ на оксидација (нитрификација) и при редукција на нитратите (денитрификација). Нитритите се показател дали редокс процесите сеуште не се завршени. Од добиените резултати за нитритите (слика бр. 11) може да се види дека истите се движат во граници до 0,1 mg/l.



Слика 11. Концентрација на NO_2^-Nμg/l

Амонијакот настанува како производ на распаѓање на органските азотни соединенија (процес на минерализација). Луѓето и животните, органскиот азот, обично го исфрлуваат во вид на урина, која брзо се разградува во амонијак и CO_2.

Амонијакот е природно присутен како во површинските така и во подземните води. Во подземните води се очекува концентрацијата на амонијак да е пониска бидејќи тој се адсорбира на честиците од земјата од каде и полесно се испира. Во подземните води нивото на амонијак се движи до 0,2 mg/l. Во подземните води кои содржат кислород, детектирани се амониум јони < 0,05 mg/l. Во шумски предели или под земјиште богато со хумински материјали може да се очекуваат концентрации и до 3 mg/l. Добиените резултати од мерењата за амонијак се во граници на пропишаните норми

Анјоните и катјоните се важни конституенти на еден акватичен систем каде водната композиција зависи од геолошкото и антропогеното влијание. Изворот, патувајќи низ природниот тек прибира различни супстанци кои се растворливи во вода. Во тој товар на компоненти се приклучува и дождот Разликата на подземните во однос на површинските води е нивното споро движење кое го зголемува времето на задржување на водата во кој е сместен аквиферот. Со тоа се овозможува значаен степен на физичко-хемиска интеракција на водата и околниот материјал, а со тоа и задржување на полутанти, ако се присутни. За поцелосна проценка на квалитетот на подземната вода потребно е да се сознаат карактеристиките на аквиферот, како што се границите на простирање, тродимензионална геометрија, видовите материјали кои го опкружуваат како и идентификацијата на текот на водата. Водата поминува низ земјата, во процесот на непрекинато кружење, раствора поедини компоненти во земјината кора, па нејзиниот состав го отсликува составот на земјиштето низ кое минува. Во подземните води најмногу ги има катјоните Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+,K^+, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Mn^{2+}, NH_4^+ и анјоните HCO_3^-, CO_3^{2-},Cl^- и SO_4^{2-}. Освен неоргански материи, подземната вода може да содржи и органски материи, како што се хуминските материи. Освен овие материи, во водата може да се најдат и други соединенија како што се пестициди, детергенти, нафта, масла, масти и други соединенија од антропогено потекло.

ЗАКЛУЧОК

На основа геолошката градба на теренот (квартерни алувијално-терасни, делувијални и пролувијални седименти, како и дел во длабочина со плоценски седименти) од хидрогеолошки аспект може да констатираме дека се работи за терени (аквифери) изградени од меѓузрнеста порозност во кој се формирани збиен тип на издани со слободно ниво, претежно слаба до средна водопропустност, освен во современите алувијални седименти на р.Брегалница и р.Злетовица со добра водопропустност (DMP04, DMP09, DMP10 и DMP11).

Според добиените резултати од испутувањата (пролетна и летна кампања) на програмираните параметри може да констатираме дека одредени анализи/ споредувања по однос на квантитативните и квалитативните параметри укажуваат на сосема мали отстапувања во однос на двете мерења и истите генерално се во границите на дозволените квалитативни концентрации.

Исто така, може да заклучиме дека квантитативните и квалитативните параметри се во директна зависност од геолошката градба на теренот, хидролошките и хидрометеоролошките услови во периодот кога се вршени испитувањата и од развиената аграрна застапеност на поедини аквифери.

Бидејќи во поглавјето за Анализа на резултатите од хидрохемиските испитувања на подземните води дадена е детална препорака, т.е заклучоци за секој од испитаните параметри, произлегува да истите заклучоци ќе претставуваат и генерален заклучок за истражувањата опфатени во двете кампањи.

Во делот на заклучоците да потенцираме дека потребно е да се прави разлика помегу резултатите од истражувањата на параметрите за мерните места со повремена експлоатација во однос на резултатите од мерните места со постојана експлоатација/водоснабдување (DMP04, DMP09, DMP10, DMP11 и DMP17).

Исто така, ако се земат во предвид резултатите од двете кампањи, како привремен генерален заклучок по основ на сите параметри компарирани помеѓу петте водни тела/аквифери, како по перспективан аквифер за понатамошни истражувања, т.е за понатамошен мониторинг може да се издвои Делчевскиот аквифер (DMP04 и DMP05) во однос на Кочанско-Штипскиот (DMP10 и DMP11), а потоа следуваат аквиферите во Овче Поле (DMP14 и DMP15), Берово (DMP02) и на крајот водно тело Лакавица (DMP17).

Со оглед дека со овој проект се спроведени само две испитувања (јуни/септември), практично е опфатена една сезона, без пошироки истражувања, истражувања кои ќе опфатат повеќе сезони и подолг временски период, (варирање на ниво на подземна вода, кондуктивитет, редокс потенцијал и др.) неможе да се донесат конкретни заклучоци во врска со оние параметри кај кои се регистрирани отстапувања над МДК (македонска легислатива), европските норми или податоци од светски истражувања.

ЛИТЕРАТРУРА

Арсовски М., 1997: Тектоника на Македонија. РГФ - Штип.

Ѓузеловски Д., Котевски Ѓ.,1979: Хидро-геолошка карта на Македонија 1:200 000.

Закон за води Сл.весник на РМ 18/1999 Како вкупен алкалитет mg/l $CaCO_3$ (Сл.весник на РМ 18/1999);

Извештај од мониторингот на подземните водни тела во речниот слив на река Брегалница Д.Г.П.У. "ГЕИНГ Кребс унд Кифер Интернешнл и др., 2014г.

Котевски Ѓ., 1987: Хидрогеологија на минералите, термалните и термоминерал-ните води на територијата на СРМ.

Класификација на води по Matthess- na 25^0C ,1990: Matthess G: Lehrbuch der Hydrogeologie Band 2- преземено од Анализа воде и контрола квалитета, тумачење резултата; (Urednici: B.Dalmacija, Ivana Ivanchev Tumbas, Novi Sad 2004)

Swedish Enviromental Protection Agency,2002.

ХИДРОГЕОЛОШКИ ИСТРАЖУВАЊА ЗА ОБЕЗБЕДУВАЊЕ НА ПОДЗЕМНА ВОДА ЗА ПОТРЕБИТЕ НА „СКИ ЦЕНТАР ВОДНО“

Никола Димов, Марко Марков, Владимир Костовски

Градежен Институт „Македонија“ А.Д., Завод за Геотехника,
Дрезденска бр.52, Скопје, Р. Македонија, gimgeo@gim.com.mk

Абстракт
Во овој труд за хидрогеолошки истражувања за обезбедување на подземна вода за потребите на Ски центар Водно, е направена студија за начинот на изведените хидрогеолошки истражни работи во пукнатински тип на водоносници. дадено начионт на изведување на истражните работи, состојбата на изработениот истражен бунар и др. Исто така во овој труд се дадени и податоци од направеното тестирање на бунарот со што се добиени податоци за издашноста на бунарот во пукнатински тип на водоносници.

Клучни зборови: хидрогеолошки истражувања, пукнатински тип на водоносници

ВОВЕД

Локалитетот “Ски центар Водно” се наоѓа на северните падини на планината Каршијак, на која се наоѓа врвот Водно, со надморска висина од 1066 m. Потребата од вода на овој локалитетот, односно изворникот на вода потребно да е со капацитет од 3 до 5,0 l/s. Хидрогеолошките истражни работи кои беа изведени на овој локалитет имаа за цел да ќи дефинираат хидрогеолошките карактеристики на предметниот локалитет како резултат на што ќе се согледаат можностите за обезбедување на потребни количини на подземна вода за водоснабдување на објектот „Ски центар Водно‘‘.

Предвидените изведените истражни работи во раките на овој простор, ќи обезбедија потребните податоци за количината вода која би ги задоволила потребните услови за реализирање на проектот „Ски Центар Водно,,. Истите овие податоци се презентирани во оваа тема.

ХИДРОГЕОЛОШКИ ИСТРАЖУВАЊА

Според предвидените истражни работи како прв чекор беа изведени детално геолошко и хидрогеолошко картирање на теренот на површина од 4 km^2. Од изведеното геолошко и хидрогеолошко картирање на предвидениот терен беа издвоени неколку литолошки единици, но акцент беше ставено на две крупни единици кои го дефинираат теренот. Првоиздвоената литолошка единица е издвоена како *Албитизирани филито-микашисти и зелени шкрилци (Sab)*, со што во ова литолошка групација се јавуваат разновидни шкрилести карпи кои се сменуваат наизменично како вертикално така и хоризонтално. Албитизираните филитомикашисти во поголема мера се констатирани во подинските делови во јужните падини на планината Каршијак во вид на издолжени тенки траки изградени од зеленкаст лискун со кварцни зрна помеѓу низовите, како и зрнасти форми на албит. Од аспект на хидрогеолошките карактеристики овие метаморфни карпи можат да имаат пукнатинска порозност во зоните и интервалите на поинтензивна испуканост. Се карактеризираат со испуканост плитко под површината на теренот и тоа главно по системите на шкрилавост, а во длабочина се претежно компактни, местимично меки и трошни. Према структурниот тип на порозност, во овие карпи може да се формира пукнатински тип на издан со слободно ниво на подземна вода, локално и со ограничено простирање, претежно во зоните и интервалите на поинтензивна испуканост. Спред овие карактеристики ги сврстуваме во групата на многу слабо водопропусни до претежно водонепропусни карпи и имаат функција на хидрогеолошки изолатор.

Како втора издвоена покрупна литолошка единица на предвиениот терен беа издвоени *Циполини и мермери (Mm)*, оваа мешана серија во одно циполини со мермери доминираат циполините. Покрај правите

циполини овде се застапени и калкшисти, составени од калцит, албит, кварц и мусковит. Циполините се сивобели до сиво-црни, среднозрнести со големина на калцитските зрна и лискунските лиски до 4 mm. Мермерите се јавуваат во тенки прослојки во масата на циполините, скоро секогаш со постепени преоди.

Слика 1. Циполини и Мермери

На самата микролокација на хидрогеолошките истражни дупнатини, претежно се издвоени карбонатни шкрилци и мермери како и калцитски мермери. Во хидрогеолошки поглед овие метаморфни карбонатни карпи имаат карстно-пукнатинска порозност во зоните и интервалите на поинтензивна испуканост.

Се карактеризираат со испуканост во одредени интервали, со пукнатини кои се претежно по слоевитост, но често се забележани и субвертикални пукнатини, како и калцифицирани, т.н. залечени пукнатини во мермерите кои сведочат за циркулација на подземна вода и исталожување на калцитска маса од заситениот раствор со хидробикарбонати. Према структурниот тип на порозност, во овие карпи е формиран карстно-пукнатински тип на издан со слободно ниво на подземна вода, претежно во зоните и интервалите на поинтензивна испуканост. Спаѓаат во групата на средно водопропусни и водоносни карбонатни карпи и имаат функција на хидрогеолошки колектор. Хранењето на овој водоносник е исклучиво се врши на основ на атмосферските врнежи, а дренирањето е преку извори кои се претежно гравитационо контактни, односно извираат на контактот на мермерите со послабо водопропусните шкрилести карпи.

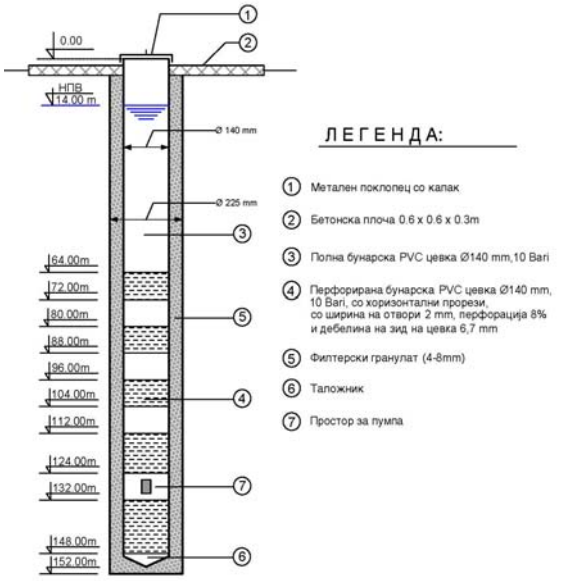
При изведбата на деталното геолошко и хидрогеолошко картирање на предвидениот простор во рамки на „Ски центар Водно,, беа регистрирани неколку извори кои беа претежно каптирани.

По изведеното геолошко и хидрогеолошко картирање на предвидениот простор како прва фаза беа одредени локации локации за изведба на хидрогеолошки истражни дупнатини ХИД-1 и ХИД-2, а како втора фаза и изведба на еден пробно експлоатационен бунар ПЕБ-1.

Хидрогеолошките истражни дупнатини беа изведени со пречник Ø 146 mm. Следењето на материјалот во длабочина имаше за цел да ги дефинира потребните елементи за состојба на карпестите маси. По завршување со истражното геолошко и хидрогеолошко дупчењето на истражните дупнатини, беше извршено вградување на пиезометриски конструкции од полни и перфорирани PVC цевки. Хидрогеолошката истражна дупнатина ХИД-1 е издупчена до длабочина од 150m, додека хидрогеолошката истражна дупнатина ХИД-2 е издупчена до длабочина од 130m, Во двете хидрогеолошки истражни дупнатини беа вградени пиезометарски конструкции чија намена беа за утврдување на нивото на подземната вода. По измерените нивоа на подземна вода беше констатирано дека во хидрогеолошката истражна дупнатина ХИД-1 нивото на подземна вода е високо (НПВ 13,6 m) со што се претпоставува дека е издан со субартерско ниво и на оваа локација беше предложено местото за изработка на пробно експлоатациониот бунар ПЕБ-1. Дупчењето на бунарот ПЕБ-1 е вршено со метод на машинско ротационо дупчење со рол длето и употреба на флуид за дупчење. За изведбата на пробно експлоатациониот бунар беше користена соодветна дупчачка гарнитура *FRASTE 300*.

Слика 2. Изведен бунар ПЕБ-1

Пробно експлоатациониот бунарот ПЕБ-1 е изведен до длабочина од 152 m, со пречник на дупчење ∅ 225 mm. По завршување со дупчењето на бунарот вградена е бунарска конструкција од PVC цевки, 10 bari, со пречник ∅ 140 mm и дебелина на sид од 6.7mm. Во пробно експлоатациониот бунар беа вградени се полни и перфорирани цевки со фабричка линиска перфорација и широчина на отвори 2mm со 8% перфорација. Вградени се цевки до крајна длабочина на дупчење 152 m.



Слика 3. Бунрска конструкција ПЕБ-1

По вградување на бунарската конструкција пристапено е кон заполнување, на просторот помеѓу sидот на бунарот и бунарските цевки, со филтерски гранулат со големина на зрно од 4-8mm. Разработката на бунарот е со метод на аерлифтување.

Опитот на пробно црпење на бунарот ПЕБ-1 е извршен како поединечно тестирање со три хидродинамички нивоа во вкупно времетраење од 96 часа, со континуирано пратење на функционалната зависност Q = f (S); q = f (S). По прекинот на црпењето вршено е следење на повратокот на нивото на подземна вода, во времетраење од 14 часа.

Табела 1. Пробно црпење на бунарот ПЕБ-1

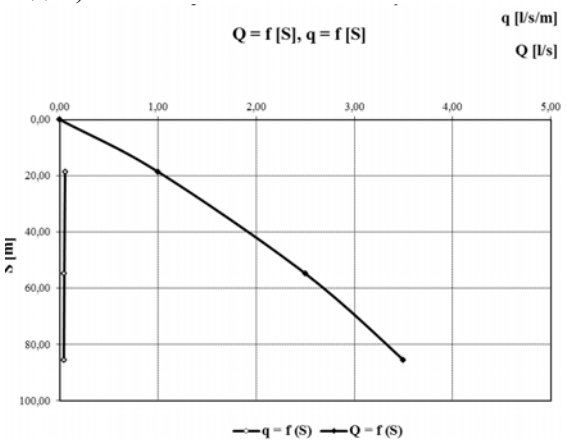
Бунар	НПВ статичко (m)	Пробно црпење на бунарот ПЕБ-1				
		Q (l/s)	НПВдин(m)	S (m)	qsp (l/s/m)	t (h)
ПЕБ-1	14,00	1	32,55	18,55	0,054	12
		2,5	68,75	54,75	0,046	12
		3,5	99,50	85,50	0,041	72

(физибилити студија за испитување и утврдување на квантитативните и квалитативните карактеристики на подземните води за водоснабдување на локалитетот „Ски Центар Водно‘‘)

АНАЛИЗА И МОЖНОСТИ ЗА ЕКСПЛОАТАЦИЈА НА ПРЕДМЕТНАТА ЛОКАЦИЈА ОД ПЕБ-1

Врз основа на изведеното пробно црпење на бунарот ПЕБ–1, изведената графо-аналитичка анализа на резултатите од црпењето, хидрогеолошката градба на теренот, како и сознанијата за условите на прихранување и празнење, одредена е експлоатационата издашност на бунарот. Во услови на поединечно црпење на вода од бунатот ПЕБ-1, односно ако се врши експлоатација на вода само од овој бунар, се препорачува експлоатациона издашност на бунарот да биде Q=2-2.5l/s. За ваква количина се очекува НПВ дин. да биде во границите 60-80 m и S=46-66 m. Целта на изведените хидрогеолошки истражни работи е испитување и утврдување на квалитативните и квантитативните карактеристики на подземни води и водоснабдување на локалитетот “Ски центар Водно”. Изворникот на вода потребно е да е со капацитет од 3-5l/s. Во поглед на одредување на расположливи количини на подземна вода на овој терен, неопходно е да се посвети поголемо внимание на дефинирање на хидро-геолошката состојби на теренот. Исто така, од голема важност е да се дефинираат условите на прихранување и празнење, расположливи резерви и можност за обновување на резервите на подземна вода и сл. Самата локација на објектот “Ски центар Водно”, кој се наоѓа на северната падина на планината Каршијак и е доста специфична од геолошки, геоморфолошки како и хидрогеолошки аспект. Се работи за локација која е изградена од мешавина на водонепропусни и водопропусни и водоносни карпи, односно шкрилци, карбонатни шкрилци и мермери, со нивен

меѓусебен и постепен преод без јасно дефинирани граници на простирање, со пад на слоевитоста во правец С-СИ (кон Скопје), со генерален пад од околу 30-50 ° Зоните на хранење на карстно-пукнатинската издан се доста ограничени, лимитирани со геоморфолошката положба, надморската висина и развиеноста на пукнатиниските системи на микролокацијата (од кој тип е и самиот издан).



Слика 4. Дијаграм за зависност на издашноста и специфичната издашност од снижувањето

Прихранувањето на овој издан главно се врши од инфилтрација на атмосферски врнежи, а како дополнителен извор на прихранување може да биде тектониката – раседите. Еден дел од атмосферските врнежи се инфилтрира под површина и го храни водоносникот, особено каде што хидрогеолошките колектори се јавуваат на површина на теренот. Расходот на билансот на подземни води на истражниот терен се состои во површинско одцедување кон скопската котлина по развиените долини, а условено од големиот хидроуличен градиент, потоа преку евапотранспирација која е доста изразена поради развиената шумска вегетација и еден дел од водените талози испарува. Сето предходно кажано, представува еден вид на лимитирачки фактор кон билансот и издашноста на карстно-пукнатинската издан на оваа локација, односно капацитетот на проектираниот водозафат кој ќе го црпи овој водоносник, каде доминантен е пукнатинскиот тип на водоносник. Истражуваниот терен исто така се карактеризира со многу голем хидроуличен градиент, поради големата висинска разлика од највисоката до најниската кота на овој локалитет. Највисока кота на овој терен е врвот Водно со надморска височина од 1066m, а најниска кота на истражуваниот терен е 558m н.в. Од добиените резултати од изведените детални хидрогеолошки истражувања на теренот како и хидрогеолошкото пратење на процесот на дупчење, геолошкото и хидрогеолошко следење на материјалот од дупнатините, појавите и губењето на вода во текот на дупчењето, пратењето на стабилизацијата на подземната вода во дупнатините, пробното црпење на бунарот ПЕБ-1 и др. може да се заклучи следното: Во пробно експлоатационот бунар ПЕБ-1 е измерено високо НПВ од 13,6m, кое е земено како статичко ниво во бунарот што се претпоставува за субартерски бунар. Претпоставката е дадена врз основа на типот на карпите кои се среќаваат на самата локација и при самото истражно дупчење е констатирано самоизлив од истражната дупнатина. Пробното црпење на бунарот ПЕБ-1 се изврши со максимален пумпен капацитет од Q=3.5l/s, кој е невообичаен или преголем за ваков тип на терен. Други изведени бунари на поширокиот дел од овој терен се со издашност од 0.5-2l/s.

Слика 5. Тестирање на бунар ПЕБ-1, *со max Q=3.5 l/s*

По прекин со тестирање на ПЕБ-1 се следеше врќањето на нивото во бунарот и за истото може да се каже дека се враќа доста споро, при што во првите 3 часа немаше воопшто враќање на нивото и беа потребни повеќе од 14 часа да се врати на приближно статичкото ниво (за 14 часа се врати НПВ 15,15m). Ова ни кажува дека од изданот сме црпеле поголема количина на вода во однос на прихранувањето, односно резервите на подземна вода во изданот се

ограничени и не е возможно постојано црпење на бунарот со голема издашност. Ако се земат во предвид геолошките, хидрогеолошките и морфолошките карактеристики на истражниот терен, како и искуствата од хидрогеолошката проблематика и споредба со вакви слични терени, може да се усвои коефициент на инфилтрација на атмосферските талози од 10%, односно kinf=0,10. Според податоците од метеоролошките мерни станици како средни количини на атмосферските талози за ова подрачје се земени Qvr=0.57m^3/m^2, додека површината на истражниот простор F=6km^2. Имајќи ги во предвид предходно усвоените параметри може да се пресмета прихранувањето на водоносникот на наоѓалиштето Qsp (сопствено прихранување) по формулата:

$$Q_{sp} = F \times Q_{vr} \times k_{inf} \quad \text{или,}$$

$$Q_{sp} = 6\,000\,000 m^2 \times 0.57\ m^3/m^2 \times 0.10 =$$

$$342x103\ m^3/god = 0.0108\ m^3/sek \quad \text{односно,}$$

$$Q_{sp} = 10.8\ l/sek$$

(физибилити студија за испитување и утврдување на квантитативните и квалитативните карактеристики на подземните води за водоснабдување на локалитетот „Ски Центар Водно‘‘)

На основ сето предходно изнесено, препорачуваме експлоатационата издашност на бунарот ПЕБ-1 да биде 2-2.5l/s, при експлоатација на вода само од овој бунар. За да се постигне бараната количина на вода од 5l/s препорачуваме да се изведе уште еден експлоатационен бунар. За да се постигне бараната количина на вода од 5l/s препорачуваме да се изведе уште еден експлоатационен бунар ЕБ-2. При заедничка експлоатација на вода, од двата бунара истовремено, прогнозните очекувања се дека ќе се добијат следните количини на вода и снижувања во бунарите:

- ПЕБ-1, Q = 1,5 - 2 l/s, притоа би се постигнало динамичко ниво НПВдин. = 80 - 100 m, и снижување во бунарот од S = 66 - 86 m, и
- ЕБ-2, Q = 2 - 3 l/s, притоа би се постигнало динамичко ниво НПВдин. = 100 - 120m, и снижување во бунарот од S=86-106m.

(физибилити студија за испитување и утврдување на квантитативните и квалитативните карактеристики на подземните води за водоснабдување на локалитетот „Ски Центар Водно‘‘)

Ваквата експлоатациона издашност на изведениот бунар ПЕБ-1 и проектираниот ЕБ-2, исто така, е во функција на подобро работење на пумпите, односно ќе имаме помали влезни брзини на водата во бунарската конструкција со што ќе се спречи заматување на водата, како и пескарење на бунарот, имајќи го во предвид геолошкиот состав на теренот односно присутсвото на меки шкрилци. За предложениот бунар ЕБ-2, во рамки на оваа Физибилити Студија, ќе се изработи: Предлог-програма за изведба на експлоатационен бунар ЕБ-2 за изведба на експлоатационен бунар ЕБ-2 за водоснабдување на објектот “Ски центар Водно”. Крајна цел на реализацијата на предвидените истражувања со Предлог-Програмата, е изработка на експлоатацион бунар ЕБ-2, кој заедно со бунар ПЕБ-1, ќе се вклучи во водоснабдителен систем, за решавање на проблемот со вода за водоснабдување на “Ски центар Водно”, презентирани во Техничко решение за зафаќање и дистрибуција на водите за потребите на локалитетот.

ЗАКЛУЧОЦИ

Цел на изведбата на хидрогеолошките истражни работи е да се дефинираат хидрогеолошките карактеристики на предметниот локалитет како резултат на што ќе се согледаат можностите за обезбедување на потребни количини на подземна вода за водоснабдување на локалитетот „Ски центар Водно‘‘ - Скопје. Потребните количини на вода изнесуваа од 3 до 5 l/s. За ваквите потреби беа изведени хидрогеолошки истражни работи и изработен истражен бунарот ПЕБ-1 кој е изведен до длабочина од 152 m, со пречник на дупчење ∅ 225 mm. По завршување со дупчењето на бунарот вградена е бунарска конструкција од ПВЦ цевки, 10 Ba, со пречник ∅ 140 mm, со дебелина на sид од 6.7mm. Вградени се полни и перфорирани цевки со фабричка

линиска перфорација, со широчина на отвори 2mm и 8% перфорација. Вградени се цевки до крајна длабочина на дупчење 152 m. Пробното црпење на бунарот се изврши во услови на нестационарен режим на црпење. Во услови на поединечно црпење на вода од бунатот ПЕБ-1, односно ако се врши експлоатација на вода само од овој бунар, се препорачува експлоатациона издашност на бунарот да биде Q=2-2.5l/s. За ваква количина се очекува НПВ дин. да биде во границите 60-80 m и S=46-66 m. Причините за ограниченото црпење на бунарот е самата зона на хранење на карстно-пукнатинскиот водоносник кои се доста ограничени и лимитирани со геоморфолошката положба, надморската висина и развиеноста на пукнатиниските системи на микролокацијата (од кој тип е и самиот водоносник). Прихранувањето на овој издан главно се врши од инфилтрација на атмосферски врнежи, а како дополнителен извор на прихранување може да биде тектониката – структурните раседите. Расходот на билансот на подземни води на истражниот терен се состои во површинско одцедување кон скопската котлина по развиените долини, а условено од големиот хидроуличен градиент, Потоа преку евапотранспирација која е доста изразена поради развиената шумска вегетација и еден дел од водените талози испарува. Пробното црпење на бунарот ПЕБ-1 се изврши со максимален пумпен капацитет од Q=3.5l/s, кој е невообичаен или преголем за ваков тип на терен. Други изведени бунари на поширокиот дел од овој терен се со издашност од 0.5-2l/s.

ЛИТЕРАТУРА

[1] д-р Милојко Л. (2003). Истражно бушење у хидрогеологији, Београд.

[2] Димов Н.; Марков М.; Милановски М. и Михаиловски С. (2013) Физибилити студија за испитување и утврдување на квантитативните и квалитативните карактеристики на подземните води за водоснабдување на локалитетот „Ски Центар Водно''.

[3] Ѓузелковски Д. Подземните води (издан) за решавање на водоснабдувањето на Република Македонија и нивната заштита, Институт „Геохидропроект'', Скопје.

[4] Ѓузелковски Д., Котевски Ѓ. (1972) Хидрогеолошка карта на СР Македонија 1:200 000, Фонд на Геолошки завод Скопје.

[5] Јанчевски Ј., Галбов Кочо и Темкова В. (1982) Толкувач за основна геолошка карта на СФРЈ 1:100 000 лист Скопје К 34-79. Геолошки Завод – Скопје.

[6] Котевски Ѓ. (1972) Толкувач на хидрогеолошка карта на минералните, термалните термоминералните води на СРМ 1:200 000, Геолошки завод – Скопје.

[6] Мирчовски В., Мајер Д. (2008). Заштита на подземни води, Универзитет Гоце Делчев – Штип.

[7] Петковски П., Каровиќ Ј., Павиќ А. и Менковиќ Љ. (1966-1977) Толкувач за основна геолошка карта на СФРЈ 1:100 000 лист Качаник К 34-67. Геолошки завод Скопје.

[8] Шарин А. (1988). Упатство за изработка на основна хидрогеолошка карта на Југославија 1:100 000, Белград.

LEVEL CHANGE IN VRGORAC LAKE - RESULT OF NEOTECTONIC SUBSIDENCE AND INTENSIVE SEDIMENT EROSION

[1]Hrvoje Posilović and [1]Lidija Galović

[1]Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, Zagreb, Croatia
hposilovic@hgi-cgs.hr; lgalovic@hgi-cgs.hr

EXTENDED ABSTRACT

Based on stromatolite structures and limestone dissolution scallops, water level change in Vrgorac paleolake is reconstructed.

Dissolution scallops are scallop-shaped depressions developed on the rock surface, usually up to few centimeters in diameter. Scallops develop in homogenous and fine grained material like micritic limestone. They are formed by dissolution of limestone surface in submerged conditions, especially if some sort of water flow is present. Stromatolites are laminar biomineralization structures formed in saline or fresh water by catching and binding fine sediment grains on the surface of microbial mats. Stromatolites mainly develop on cyanobacterial biofilms in the zone of constant water level fluctuation (Schneider, J. and Le Campion-Alsumard, T. 1999). During the Pleistocene and Holocene the depression was permanent lake with significant water level fluctuations. In the most recent time there is significant anthropogenic influence caused by digging outlet channels and tunnels through natural dams, transforming and renaming the Vrgorac Lake to Vrgorac polje. In a research presented here we are using dissolution scallops and stromatolite remains as indicators of the former water level. Water level in a lake can be expressed as absolute level (water height above the sea level), or water depth (water rise above the lake bottom). Absolute water level and water depth depend on water volume held in a lake and sediment amount at the lake bottom.

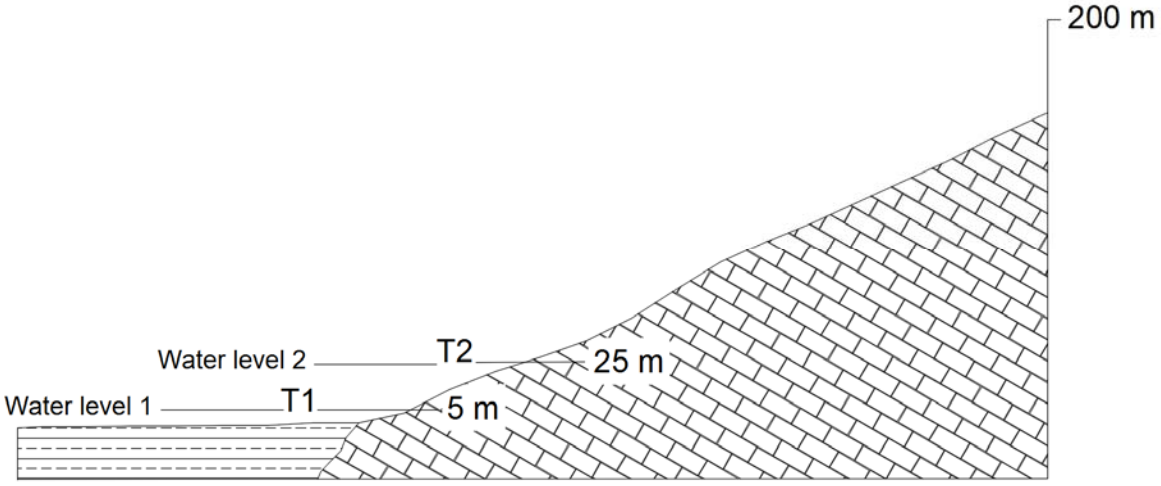


Fig. 1 *Section representing lake shore with present day (T1) and reconstructed paleo water level (T2).*

Today Vrgorac polje depression is periodically flooded during the winter and autumn; water level can reach up to ten meters above present day lake bottom. In the zone of five meters above the lake bottom, recent stromatolites and endolithic algae can be found (Figure 2a). Recent stromatolites are developed as a crust on cretaceous limestones up to 2 cm in thickness. Figure 2b shows numerous algal filaments at the contact of stromatolite crust and base rock. Position of these stromatolites is marked with T1 on Figure 1.

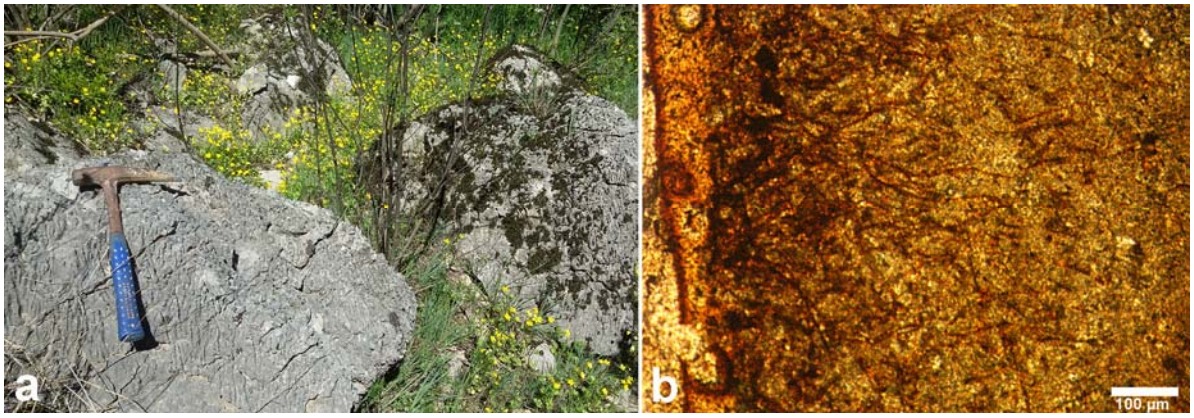


Fig. 2 a) *Cretaceous limestones covered with recent stromatolites and endolithic algae.* ***b)*** *Thin section showing algal filaments penetrating cretaceous limestone.*

We found stromatolite traces and dissolution scallops about 25 meters above present day lake bottom (50 m.a.s.l.) (Figure 1.). Figure 3a shows stromatolite remains and dissolution scallops found at that altitude without preserved stromatolite crust visible by naked eye. However, in thin section of the sample (Figure 3b) endolithic algae remains are still visible, but stromatolite incrustation is eroded. Position of these stromatolites is marked with T2 on Figure 1.

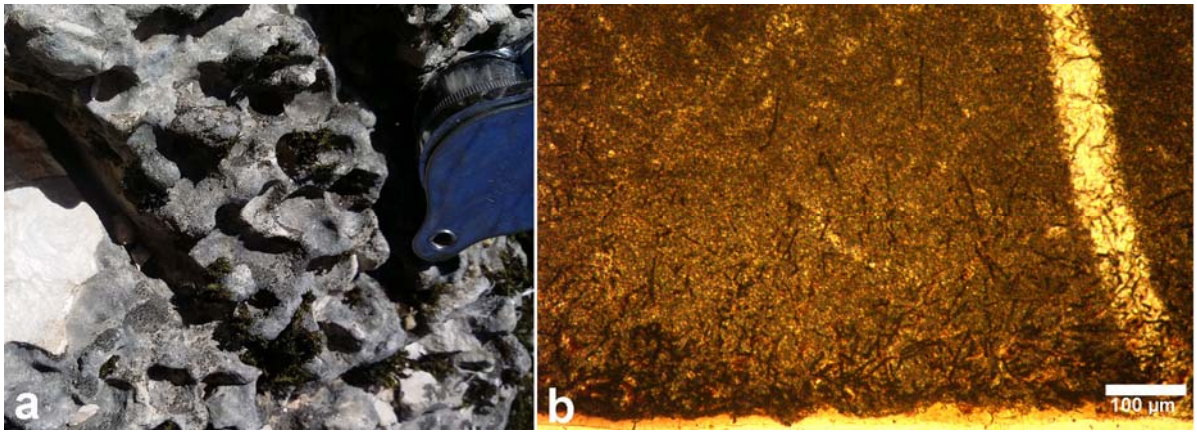


Fig. 3 a) *Cretaceous limestones with dissolution scallops 25 meters above present day lake bottom.* ***b)*** *Thin section of limestone with scallops, preserved boreholes of algal filaments penetrating cretaceous limestone are visible.*

Reasons of water level change in the Vrgorac Lake are multiple. Water dynamic in the lake was very intensive. Erosion and resedimentation of the lake sediment is evident and important factor in water level change. If intensive sedimentation occurs, water level will rise. Contrary, in the case of extensive erosion water level will drop. The most important influence on water level is neotectonic subsidence of the bottom and/or rise of the lake shore. Bottom and shore movements are result of the tectonic movements. Today Vrgorac area is among the most active neotectonic zones in Outer Dinarides (Dragičević et al., 1999).

Key words: Vrgorac polje, Paleolake, water level, stromatolite, dissolution scallops

REFERENCES

Dragičević, I, Prelogović, E., Kuk, V., Buljan, R., 1999. Recent Tectonic Activity in the Imotsko Polje Area. Geologia Croatica, 52(2): 191-196.

Schneider, J. and Le Campion-Alsumard, T. 1999. Construction and destruction of carbonates by marine and freshwater cyanobacteria, European Journal of Phycology. 34(4), 417-426.

VERIFICATION OF CATCHMENT SIZE USING THE WATER BALANCE EQUATION

[1]Vesna Ristić Vakanjac, [1]Veljko Marinović, [2]Zoran Nikić, [1]Dušan Polomčić, [1]Marina Čokorilo Ilić, [1]Dragoljub Bajić

[1]University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Department of Hydrogeology, Belgrade, Serbia
vesna.ristic@rgf.bg.ac.rs
[2]University of Belgrade, Faculty of Forestry, Belgrade, Serbia

Abstract
To determine water balance equation parameters, sufficiently long time-series of monitoring data, such as river discharges at a river cross-section of interest or discharges of a spring/river source, are required along with isohyet maps of the extended area of the catchment. If isohyet maps are not available, then rain gauge or meteorological stations are needed in the considered catchment, which are rare in small and medium catchments, especially in mountainous regions. It is also extremely important to accurately define the size of the catchment but that is not an easy task in karst and arid areas. In such cases, especially karst, it is wrong to calculate water balance equation parameters using a topographic or surface water divide. Instead, the active, subsurface catchment area needs to be defined and used in subsequent calculations. One of the objectives of the paper is to take the Dojkinacka River, which drains the southern slopes of Mt. Stara Planina, as an example to demonstrate the types of errors that can occur if mean annual precipitation is not used as a reference, and the ultimate goal is to show how the water balance equation can be applied to verify whether the size of the catchment has been defined properly or not.

Key words: hydrogeologic catchment size, water balance, precipitation, karst, Dojkinacka River catchment, Serbia

INTRODUCTION

The total surface area of a catchment is a horizontal projection of the part of Earth from which water is drained into a river network or a particular river up to its mouth or a gauging station. There are surface and subsurface catchments. The surface catchment of a river is separated from the catchment of a neighboring river by a surface water divide, which passes over the hypsometrically highest points between the two neighboring rivers. The boundary between neighboring subsurface catchments is called a subsurface water divide. Almost as a rule, surface and subsurface water divides do not coincide. Since it is difficult to define subsurface water divides, surface catchments are generally used in hydrological practice and not enough attention is paid to the subsurface/hydrogeologic or active catchment area. If the hydrologic (or topographic) catchment area is used, the errors that can occur as a result of a poorly defined catchment size can be significant only in the case of small catchments and where catchments are situated in specific geologic settings, such as karst (Prohaska, 2004).

Knowledge of the hydrogeologic divide in karst, or knowledge of the real catchment size of a karst spring or river formed in karst, is essential not only because it is a significant water balancing parameter, but also for purposes of protection because karst waters are much more vulnerable than waters in other settings (Bonacci and Andić, 2015).

One example of a poorly sized catchment is the karst spring of Žrnovica near Split, Croatia. The size of the hydrologic (or surface) catchment of this spring, defined using topographic maps, is only 8.4 km^2. It is important to note that the spring was monitored from 1990 to 2013 and that the perennial average discharge of the Žrnovica Spring, during that time, was 1.81 m^3/s (Bonacci and Andić, 2015). Analyses determined that the reference rain-gauge station for this spring was Bisko, which reported a perennial precipitation total during the period of monitoring of 1487.4 mm (Bonacci and Andić, 2015). Given that water levels and discharges were monitored for 24 years, it is safe to say that the perennial average discharge of the Žrnovica Spring is a reliable quantity. As such, it is also safe to say

that the annual average discharge was about $57*10^6$ m^3, which is also an acceptable quantity. Based on the calculated discharged volume and the defined catchment size, it is possible to estimate the average runoff layer on an annual basis, which in this specific case, for the defined topographic catchment size, amounts to 6795 mm but cannot be accepted as a realistic quantity. In other words, based on data reported by the Bisko rain-gauge station, it would seem that the catchment of the spring receives about 1500 mm of rainfall on average, and that nearly 6800 mm is drained, which is impossible. Based on this example, but also in general in the case of karst, the hydrogeologic divide should be used to define the real catchment size.

One of the objectives of the research reported in this paper was to use the Dojkinacka River, which drains the southern slopes of Mt. Stara Planina, as an example to demonstrate the types of errors that can occur if mean annual precipitation is not used as a reference, and the ultimate goal was to show how the water balance equation can be applied to verify whether the catchment was sized properly or not.

GENERAL CHARACTERISTICS OF THE DOJKINACKA RIVER CATCHMENT

The catchment of the Dojkiancka River is located in eastern Serbia, on the southern fringes of Mt. Stara Planina, in an area called Visok. The river course is formed by waters discharged by springs cluster known as Tri Kladenca. The river generally flows to the southeast and forms a series of cascading waterfalls. Together with its main tributary, the Jelovica, it empties into the Visočica River at Visočka Ržana, which belongs to the drainage area of the Temštica River and in turn to the Nišava River Basin and ultimately to the Black Sea Basin.

In geotectonic terms, the study area is situated in the Carpatho-Balkanides. The highest elevations of the catchment are on Mt. Stara Planina – the peaks of Vražja Glava (alt. 1934 m) and Tri Čuke (alt. 1933 m). The lowest part of the terrain is in the area of the mouth of the Dojkinacka River, at about 690 m above sea level. It is a torrential stream, with large gradients. Figure 1 shows a longitudinal section through the Dojkinacka River and its main tributary, the Jelovica. The slope of the Dojkinacka River is 44.1‰ and that of the Jelovica 68.8‰. The average slope of the river bed gradients are 24.5‰ of the Dojkinacka River and 35.8‰ of the Jelovica River.

The channel of the Dojkinacka River is determined by and follows a fault of the same name. After leaving Lower Triassic sediments, the river flows over Middle Triassic carbonate rocks. There is a ponor zone (Fig. 2a) at the very contact between Lower and Middle Triassic rocks, which, apart from the contact, is governed by a fault structure perpendicular to the Dojkinci Fault (Fig. 2b). In the summer months, the channel of the Dojkinacka River often dries up downstream from the ponor zone, and features many decimeter-size stones. Farther downstream, near the village of Brnjica, the Dojkinacka River receives back a part of the water lost to the ponors. The presence of large stones through to the mouth of the Dojkinacka River attests to the fact that at high flows the river is torrential in nature and exhibits enormous kinetic energy (Nikić, Radošević and Ristić, 2003).

One of the noteworthy morphological features of the karst is a cave near the Jelovica Spring. The cave is located on the left side of the Jelovica River, at an elevation of 752 m (8m above the river channel). Its total length is 132 m. The cave is comprised of a network of short, inter-connected conduits. It has no hydrogeologic function. The cave was formed by subsurface erosion, where subsurface flow later descended to the level of hypsometrically lower fractures and today emerges at the Jelovica Spring below the cave (Fig. 3).

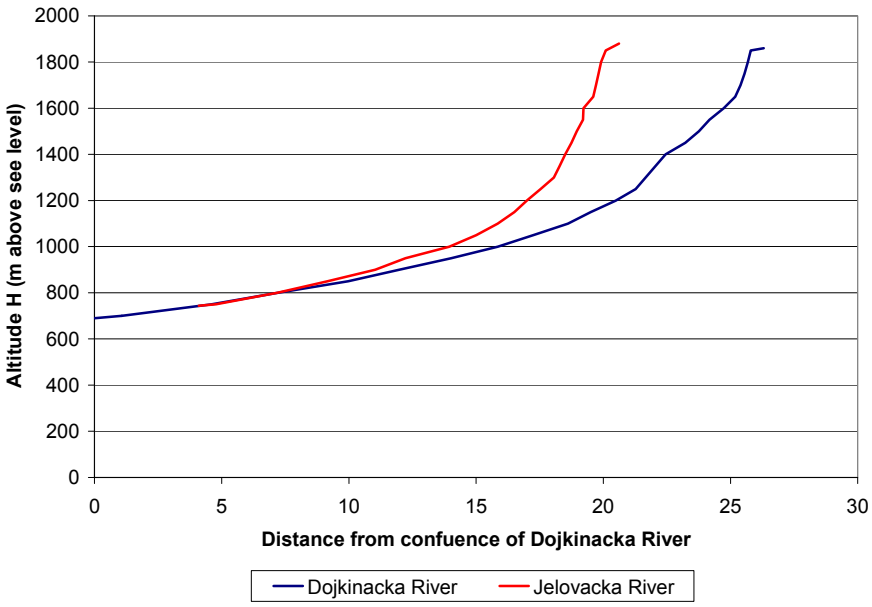


Fig. 1 *Longitudinal section through the Dojkinacka River and its main tributary, the Jelovica.*

Fig. 2 *Point of sinking of the Dojkinacka River: (a) ponor zone, and (b) fault structure above the ponor zone, normal to the Dojkinacka River and the Dojkinci Fault.*

Fig. 3 *Jelovica Spring, source of the Jelovica River*

There is one rain-gauge station in the catchment, located in the village of Dojkinci. The precipitation regime was analyzed based on a 50-year time series (1961-2010) of this station. The annual average precipitation total of the time period is 793 mm. The highest value, 1196.9 mm, was recorded in 1962 and the lowest (393.2 mm) in 1993. Mean monthly precipitation levels during the sad period vary from 0.3 mm (July 2007) to as much as 232.9 mm, also recorded in July but of 1976. On average, the highest precipitation levels are registered in May and June, and the lowest in October. About 55% (449.1 mm) of the annual

precipitation occurs during the plant growing season, and 45% (344.5 mm) during the rest of the year. This pattern favors crop farming and livestock breeding, which are widespread in the region (Ristić Vakanjac et al., 2015). It should be noted that part of the 344.5 mm average during the non-growing season includes snow, which remains on the ground during the winter months and melts in March and April, increasing the amount of water in the growing season water balance (Ristić Vakanjac et al., 2015).

Data obtained from the National Hydrometeorological Service (from their hydrologic station on the Dojkinacka River at Visočka Ržana, about 0.3 km upstream from its mouth) were used to study the hydrologic characteristics of the Dojkinacka River. The location of this station is deemed representative of the entire Dojkinacka River catchment. Given that the station was installed back in 1981 and that it has been operating continuously since then, the catchment of the Dojkinacka River is deemed to be a gauged catchment. A detailed analysis of the Dojkinacka River regime is provided in Ristić Vakanjac et al., 2015, so the present paper will only mention typical annual values. The perennial average discharge of the Dojkinacka River at Visočka Ržana is 3.498 m^3/s. The highest runoff was registered in 2010, when the average annual discharge was 6.393 m^3/s. The driest year, or the year with the lowest discharge, was 1966 (1.566 m^3/s). The driest month was December of 2002, with an average discharge of 0.212 m^3/s. The highest discharge was recorded in April 2000 and amounted to 17 m^3/s. The monthly distribution shows that the highest discharges are generally observed in April (Fig. 4). It corroborates the intra-annual distribution of precipitation. As previously mentioned, the highest monthly precipitation levels are registered in May and June, so it is to be expected that the discharges would also be the highest during these two months. However, precipitation in the form of snow, a snow cover in the winter months and snowmelt as temperatures increase (March, April and May) affect the monthly distribution to the extent that the highest discharges of the Dojkinacka River are recorded in April and May (Fig. 4).

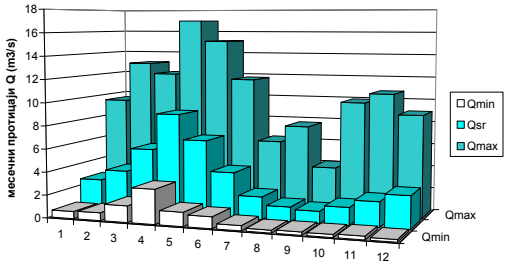


Fig. 4 *Monthly distribution of minimum, maximum and average discharges of the Dojkinacka River at Visočka Ržana (after Ristic Vakanjac et al., 2015).*

WATER BALANCE OF THE DOJKINACKA RIVER

The water balance of the Dojkinacka River was assessed for the entire catchment area. The following components were calculated:

Perennial average volume of water available in the catchment

$$W = \overline{Q} \cdot 31.536 \quad (10^6\ m^3)$$

Perennial average runoff layer

$$h = \frac{1000 \cdot W}{F} \quad (mm)$$

Evaporation

$$E = P - h \quad (mm)$$

Runoff modulus

$$q = \frac{Q}{F} \quad (l/s/km^2)$$

Perennial average runoff coefficient

$$\varphi = \frac{h}{P}$$

As previously stated, the perennial average discharge of the Dojkinacka River is 3.498 m^3/s and the perennial average precipitation total at the rain-gauge station in Dojkinci 793 mm. Now the size of the catchment of this river needs to be determined in order to arrive at the above parameters. If the topographic or hydrologic catchment size is used (138 km^2, see Fig. 5), the water balance parameters are (Table 1):

Table 1. Summary of water balance of the Dojkinacka River catchment based on topographic size: Option 1

Size of catchment area F (km^2)	138
Average annual precipitation P (mm)	793.6
Average annual evapotranspiration E (mm)	-5.8
Average annual discharge Q (m^3/s)	3.498
Runoff modulus q ($l/s/km^2$)	25.35
Discharged volume W (10^6 m^3)	110.31
Runoff layer h (mm)	799.4
Runoff coefficient φ	1.01

Based on the results, it follows that it is not possible to reliably calculate the main components of the water balance equation using the topographic catchment size since the resulting values are unreasonable: (1) the annual runoff layer is greater than the annual amount of precipitation, (2) evaporation is negative, and (3) the runoff coefficient is greater than 1 (or greater than 100%).

The reason for the unrealistic values shown in Table 1 is certainly attributable to a poorly sized catchment. Based on hydrogeologic research, the hydrogeologic divide was assumed to be as shown in Fig. 5. Hydrogeologic reconnaissance revealed that part of the water during rainy years and all of the water of the Rosomac and Vodenica rivers during dry years sinks as it passed from Lower Triassic rocks to Middle Triassic limestones. These waters are presumed to emerge at the Jelovica Spring. Given that no tracing tests have been undertaken to date, the catchment size can only be assumed. It should also be noted that the topographic water divide was taken as the western boundary of the catchment because no hydrogeologic exploration had been conducted in that part of the area. Based on the assumed hydrogeologic divide, the catchment size of the Dojkinacka River is 187.1 km^2 (Fig. 5). The water balance equation parameters were recalculated based on this figure and the results are shown in Table 2.

Unfortunately, the results based on the assumed catchment size are still not satisfactory. The runoff coefficient remains high, compared to those previously determined for other karst catchments in Serbia, which are in the interval from 0.4 to 0.6. The reason for this is the fact that annual precipitation totals recorded at the village of Dojkinci are not representative for calculations of the other water balance equation parameters. The rain-gauge station is at an altitude of 880 m. Even though the elevation of this station the highest on Mt. Stara Planina, the elevations of the upper catchment of the Dojkinacka River are as high as 2000 m, or much higher than that of the station. To arrive at the most realistic annual precipitation totals, representative of the entire catchment, the isohyet method needs to be used to calculate perennial average amounts of precipitation. Figure 6 shows an isohyet map of perennial average amounts of precipitation based on the period 1949-2006. It was used to zone precipitation levels (Table 3).

Table 2. Summary of water balance of the Dojkinacka River catchment based on realistic catchment size: Option 2

Size of catchment area F (km^2)	190.0
Average annual precipitation P (mm)	793.6
Average annual evapotranspiration E (mm)	213.0
Average annual discharge Q (m^3/s)	3.498
Runoff modulus q ($l/s/km^2$)	18.41
Discharged volume W (10^6 m^3)	110.31
Runoff layer h (mm)	580.6
Runoff coefficient φ	0.73

Table 3. Perennial average amounts of precipitation in the Dojkinacka River catchment based on the isohyet method

P interval (mm)		P_{av} of the interval	Associated surface area f_i (km^2)	Product of P_{av} x f_i
from	to			
750	800	775	4.94	3,828.5
800	850	825	22.35	20,913.75
850	900	875	46.28	40,495.00
900	950	925	59.63	55,157.75
950	1000	975	26.29	25,632.75
1000	1050	1025	27.59	28,279.75
sum			190.08	174,307.5

The above values were used to calculate the representative perennial average amounts of precipitation in the Dojkinacka River catchment, based on the equation:

$$\overline{P} = \frac{\sum_{i=1}^{n} f_i \cdot P_i}{F} = \frac{174307.5}{190} = 917.0 \text{ mm}$$

If these perennial average amounts of precipitation and the assumed active catchment size are used, the water balance equation parameters will be as shown in Table 4.

Table 4. Summary of water balance of the Dojkinacka River catchment based on realistic catchment size and annual average amounts of precipitation typical of the entire catchment: Option 3

Size of catchment area F (km^2)	190.0
Average annual precipitation P (mm)	917.0
Average annual evapotranspiration E (mm)	336.4
Average annual discharge Q (m^3/s)	3.498
Runoff modulus q ($l/s/km^2$)	18.41
Discharged volume W (10^6 m^3)	110.31
Runoff layer h (mm)	580.6
Runoff coefficient φ	0.63

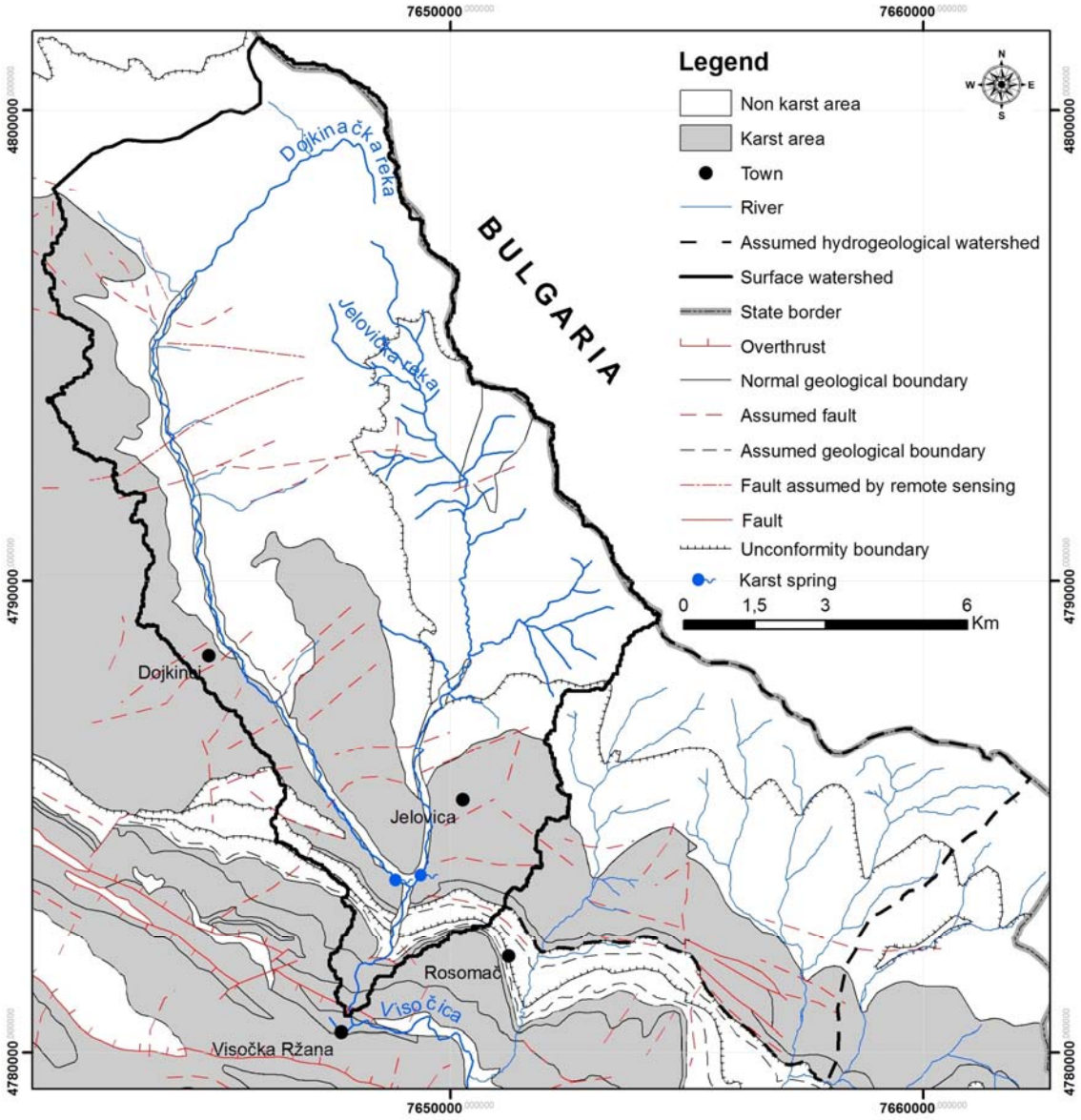


Fig. 5 *Shematic hidrogeological map of the Dojkinacka river catchment*

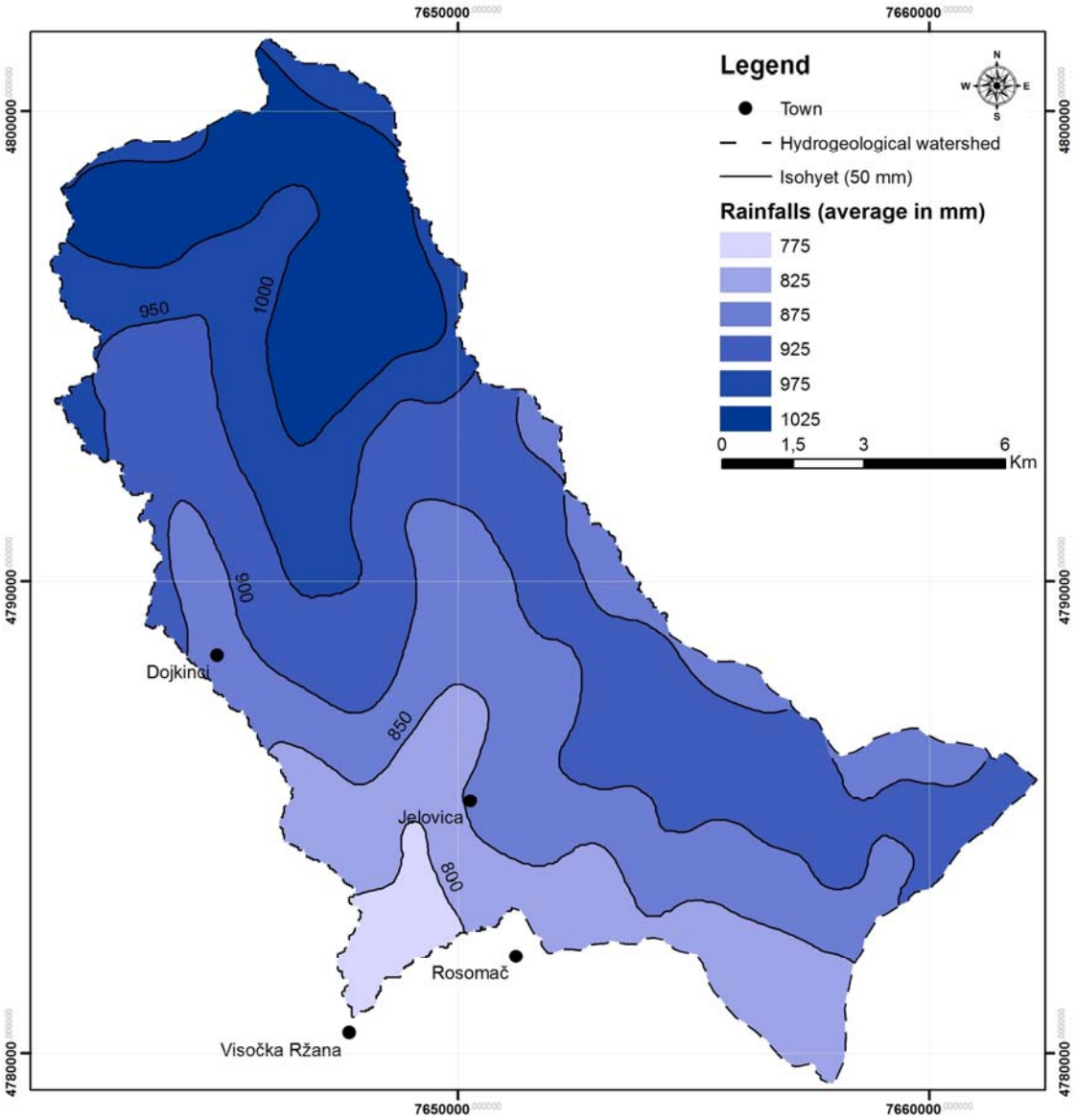


Fig. 6 *Isohyet map of the Dojkinacka River catchment (1949-2006).*

CONCLUSION

A lack of data on certain meteorological parameters (or unreliable data) is a major challenge associated with the determination of water balance parameters of small catchments. In addition, if the considered catchment is that of a karst spring or a river that is fully developed or in part passes through karst, another problem is defining the catchment size because in such cases only the real/active catchment size must be used.

In this regard, water balancing of the Dojkinacka River catchment using the topographic catchment size yielded totally unreasonable results. However, defining the real/hydrogeologic catchment size of the Dojkinacka River was not an easy task. The definition of the hydrogeologic divide was hindered by the presence of a large number of ponors and ponor zones detected in the channel of the Dojkinacka River, as well as those of the Rosomac, the Vodenica and the Visočica, which are situated at the points of contact between non-karst and karst rocks, as well as along the river channels in carbonate rocks, and the presence of karst springs that emerge within the river channels several kilometers downstream from the ponor zones. The previously mentioned Jelovica Spring, which features the highest discharge in the Visočica River Basin and whose hydrogeologic divide is much larger than the topographic divide, belongs to the catchment of the Dojkinacka River. In view of all the

above and based on hydrogeologic research of the Dojkinacka River catchment, the catchment size was assumed to be 190.0 km^2. Further, it was determined that the rain-gauge station in the village of Dojkinci, although situated in the catchment area of the Dojkinacka River, is not representative of the entire catchment. Consequently, the isohyet method was used to calculate perennial average amounts of precipitation and the resulting representative annual average for the entire catchment was 917.0 mm. However, the water balance parameters indicated that there were still errors. For example, the runoff coefficient was 0.63, which was too high taking into account the entire catchment, including both karst and non-karst areas.

According to some researchers, the assumed size of the Dojkinacka River catchment is as large as 201.5 km^2 (Nikić, 2003). If this catchment size and the annual average amount of precipitation of 918.5 mm are taken as representative, the runoff modulus is 17.36 l/s/km^2, the annual average runoff from the catchment 547.5 mm of water column, and evaporation 371 mm. Consequently, the runoff coefficient is 0.60.

The final conclusion is that in order to determine the water balance parameters of the Dojkinacka River as accurately as possible, a denser meteorological network of monitoring stations and the installation of a lysimeter will be required. Also, due to the highly complex geologic framework and the hydrogeologic conditions in the catchment, the hydrogeologic, not topographic, catchment needs to be defined. This can be achieved by detailed hydrogeologic reconnaissance, which should definitely include tracing tests to determine the privileged pathways of karst groundwater flow.

REFERENCES

Bonacci O., Andrić I., 2015. Hidrološka analiza krškog izvora Žrnovnice kod Splita, časopis Hrvatske vode 23, 94, pp 311-320

Nikić, Z. (2003). *Hidrogeološka analiza formiranja i regionalizacija malih voda,* Posebna izdanja, Zadužbina Andrejević, str. 153, Beograd.

Nikić, Z., Radošević, B., Ristić, R. (2003). Characteristics of extreme Visočica River flow rate-influence of hydrological conditions. *Conference: 50 years University of Mining and Geology „St. Ivan Rilski*". Part I, pp. 267-270, Sofia.

Prohaska, S., 2004 Hidrologija 1, Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu.

Ristić Vakanjac, V., Nikić, Z., Vakanjac, B., Rašić, D., 2015: Analiza režima i bilans voda Dojkinačke reke, Časopis Pirotski zbornik br. 40 (*Goran Nikolić Ed.*), str. 183-201, Pirot, izdavač Narodna biblioteka Pirot.

FROM LANDSLIDE INVENTORY TO LANDSLIDE RISK ASSESSMENT: METHODOLOGY, CURRENT PRACTICE AND CHALLENGES

[1]Miloš Marjanović, [2]Uroš Đurić

[1]Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade, Djusina 7, Belgrade 11000, Serbia, milos.marjanovic@rgf.bg.ac.rs

[2]Faculty of Civil Engineering, University of Belgrade, Bul. kralja Aleksandra 73, Belgrade 11000, Serbia, udjuric@grf.bg.ac.rs

Abstract

Landslide assessment is one of the most important elements of contemporary urban and landscape planning, especially in conditions of urban sprawl and climate change that intensified in the past few decades. In such circumstances disturbed geological environment, i.e. soil and bedrock tend to host instabilities on a larger scale. The most recent experience with extreme landsliding throughout the Balkan region in 2014-15, pointed out to numerous downsides of present legislative and practical aspects of assessing and understanding landslides. The good, warning side of such disastrous event was its impact on awareness of legislative and executive authorities, as well as local authorities and general domestic and international public. Landslide professionals were also facing a difficult task. Hundreds of landslides had to be urgently mapped and characterized, without a solid reference and consensus on methodological and classification issues, since such extensive and systematic mapping campaign has not been undertaken for at least a couple of decades. The use and the role of landslide field data, particularly their application in landslide assessment and other subsequent analysis, remained unstandardized. Herein, a comprehensive and complete workflow "from inventory to risk" will be elaborated. It includes landslide inventory standardization, the proposition of the most appropriate landslide susceptibility approach, determining elements of exposure and vulnerability of the available data, and finally landslide risk mapping. The proposition is supported by practical examples and experiences from several completed projects on landslide assessment in the Balkan region in 2014-15, with special reference towards improving capacities and resilience for future disasters.

Keywords: landslides, inventory, susceptibility, hazard, risk, Serbia, Bosnia and Herzegovina.

INTRODUCTION

The experience with floods and landslides in 2014 in the wider area of the Balkans, clearly indicate the need to improve regulation and practices in disaster risk management. In this context, landslides and other instability events have proven especially problematic, given the lack of clearly defined responsibilities of various institutions that primarily deal with them, coupled with the absence of strategies, lack of information and data (inventory), forecasting maps (hazards and risks), and ultimately the low level of awareness of the general public and the authorities on landslides and their impacts. In addition, the experience shows that local authorities differ significantly in terms of equipment and capacities to address this issue.

On the other hand, it is clear that the May 2014 events represented an extreme that would have challenged far more developed countries. As a reminder, these were record-breaking rainfall, record water levels and unprecedented rates of landslide activities, while certain types of events were extremely unusual for the region (debris flows, lateral spreads). It has been estimated that as many as one million inhabitants of Bosnia and Herzegovina (BiH) were in one way or another affected by the consequences of floods and landslides in 2014, with 90,000 evacuated, 25 killed, while the total damage was estimated at around 2 billion EUR, or 15% of Gross Domestic Product (GDP). Similar figures hold true for Serbia, with 1.6 million people affected, 51 casualties, around 32,000 evacuated, with total damage estimated up to 1.8 billion EUR or 3-4% of GDP (RNA report Serbia, RNA report BiH). All these assessments were targeting total aftermath, which leaves little chances to separate between partial effects of floods, landslides or other types of hazardous phenomena.

When it comes to landslides, the first step to reduce such aftermath and to ensure better risk management, is to raise awareness among the general population, but more

importantly, among local authorities. Decentralized country systems in Serbia, and especially in BiH are a potential obstacle for uniform policy and practice in landslide management, which is why the local authorities of every district or municipality have to be equally involved. The second step requires a joint effort of local authorities, public and private companies and relevant national institutions (geological, geodetic and similar) to provide, share and update landslide data. Only reliable landslide data provide ground for all further analyses. No matter how sophisticated, these analyses are futile if the reliable landslide inventories are unavailable to begin with. It is usually the lack of proper landslide data inventory that causes shortcomings in all further steps, which involve landslide susceptibility, hazard and risk assessment. Therefore, the journey from landslide inventory to landslide risk is challenging right from the beginning. Herein, some of these challenges will be scrutinized and demystified, based on personal experiences and practice through several large scale landslide assessment projects.

RATIONALE OF RELEVANT PROJECTS

A couple of projects that followed the May 2014 events in the Balkans have been proven as a unique opportunity to practice landslide assessment with all its challenges.

Underpinned by a UNDP program and EU frameworks for recovery, a project on *Flood and Landslide Risk Assessment for the Housing Sector in BiH* took place in 2015, and it was shortly followed by a *Detailed Flood and Landslide Risk Assessment of the Urban Areas of Tuzla and Doboj*. Firstly, the aim was to make a general, national-scale assessment and identify the most critical effects over the most heavily affected areas. In the second phase, on the basis of the former findings, two areas were chosen for detailed assessment, Doboj for flooding and Tuzla for landsliding. It is worth mentioning that these were the first successful risk-oriented regional projects in the Balkans. In addition, there was an independent study that addressed the current situation in landslide risk management in BiH, which suggested guidelines and recommendations for improving different segments of the process. Despite the success of the projects and reliable outputs in the shape of various maps and recommendations for future plans and strategies, these projects have not seen their follow-up, to date (developing standards, legislatives and strategies or including other less affected urban areas, for example).

Simultaneously, a comprehensive large-scale project took place in Serbia, supported by the government of Japan, again through a UNDP framework. This time, the areas were not selected systematically, e.g. by a preliminary first-phase assessment. Instead, target areas were indicated in advance. These included 27 municipalities throughout Serbia, considered to be the most affected by the May 2014 event. The project named *BEyound landslide AWAREness (BEWARE)* was targeted at harmonizing landslide data and building capacities for landslide recognition on a local level. The project resulted in a detailed portal (http://geoliss.mre.gov.rs/beware), containing open WebGIS landslide inventory, special android application free of charge to use, preliminary susceptibility and risk maps, and many other analysis, references, galleries, news, etc. Unfortunately, this project too has not been extended since, despite the fact that there were many other landslides-affected municipalities that had to be included.

Both cases were developed to address: standardization of the landslide recognition technique and landslide data, based on international standards (Cruden and Van Dine 2013); encouraging local authorities in collecting landslide data systematically and advocating standards, technology and procedures (Günther et al., 2013) to geological surveys as domain institutions for landslide issues; making collected landslide data open and interactive.

LANDSLIDE RISK ASSESSMENT METHODOLOGY

Landslide risk assessment unfolds gradually, starting from the appropriate inventory, selection of conditioning and triggering factors, landslide susceptibility, hazard or quasi-hazard assessment, mapping elements at risk, and landslide vulnerability assessment. All these segments and their techniques depend on the choice of working scale, complexity of the case, i.e. type of the landslide phenomena and purpose of the analysis. Furthermore, it is always advisable to perform preliminary or national/regional level analysis using quicker, but simpler

techniques, and thereby identify the critical areas, and then to perform detailed, more complex assessment within identified areas on a local level (detailed scale, 1:25000 and more).

Landslide inventory

Obtaining landslide inventories is the key condition that affects all subsequent steps. It is therefore necessary to generate a harmonized event-based inventory, if possible, meaning that not only the spatial extents of landslides are known, but also their frequency, characteristics and effects. There are many challenges to achieve the latter, but failing at inventory level annuls all subsequent efforts. Every landslide inventory at any scale should contain:

- point/polygonal representation of geometry (preferably in vector format)
- relatively correct spatial extent (tolerance in meters)
- metadata of landslide type, material, activity stage and velocity according to the international classification, plus additional data on landslide elements, metrics, geological and hydrogeological/hydrological setting, identification of conditioning and triggering factors, effects and the like.
- as accurate activation dating as possible
- supplementary materials, such as photo-documentation, geotechnical investigation results/reports, if any.

Conditioning and triggering factors

It is further necessary to identify those factors that have the most influence on the landslide process in its broader sense and select the appropriate data sources in order to model it. In practice, the factors can be classified as geological, geomorphological, environmental and anthropogenic.

In the group of geologic factors, the most influential factor is the lithologic composition of the terrain, since different mechanical properties are distinguished depending on the type of rock. The ideal approach would be to use a thematic geological map as a basis, such as engineering geological maps, where the criterion of parameters of the rock mass is already incorporated. These materials are available mainly in analogue form in the entity Geological Surveys, and it is necessary to have these transferred into a digital form. Subsequently, due to their stationary nature, these data will always remain usable for any further desired step. For national/regional level of assessment, the above maps still need to be simplified by aggregating down to a reasonable number of units (e.g. 10-15), and then assign each unit an arbitrary but logical weight e.g. 0-100, so that the unfavorable units have a higher weight, and vice-versa. It is also possible to use other thematic maps or derive these from the basic geological map, such as hydrogeological maps, soil maps etc.

Geomorphological factors, mainly include the impact of various morphometric parameters such as slope, relief, form of terrain, slope aspect, curvature index, distance from watercourses, elevation, etc. All parameters can be obtained from the Digital Terrain Model (DTM) by using appropriate GIS tools. The main source of DTM may be different, but for this level, a DTM of some global missions would be quite sufficient, such as SRTM and ASTER provided in raster format with a resolution of 30 to 100 m, (http://earthexplorer.usgs.gov/).

Environmental are closely related to anthropogenic factors and are commonly presented as maps of land use, containing the arrangement of vegetation, water resources, but also the layout of urban areas, infrastructure, etc. Their impact must also be made general and then scored by respective weights, similar to geological units. As a source, it is sufficient to use 100m CORINE maps (http://gis.epa.ie/GetData/Download) from 2006 and later.

The most common triggers of landslides are rainfall, earthquakes, erosion, sudden groundwater fluctuations, flooding and anthropogenic effects. Anthropogenic effects are often reduced to isolated cases with no pattern of occurrence and it is difficult to observe these in a wider area. At a more detailed, local level, these can be included in the analysis when there is documented intensive exploitation of mineral resources, for example. Many other triggers, such as earthquakes, erosion or groundwater, require very detailed monitoring data, which are rarely available. In the Balkans climate, precipitation stand out as one of the most common triggers of instability processes on all levels. The density of precipitation data that can be easily obtained from meteorological services in this regard is generally satisfactory. In order to identify the extremes, it is necessary to monitor cumulative precipitation. Cumulative

precipitation should be monitored in a short time interval of 5-10-15 days, since this period, in case of obstructed draining could see successive worsening of rock and soil strength. Identification of such extremes allows for an overview of their spatial distribution and frequency, which can be used to reconstruct the general pattern of precipitation, and accordingly, calculate susceptibility or quasi-hazard. Precipitation should be introduced in the model after the susceptibility is calculated, regardless of the level of assessment in question. Precipitation is best modeled by using the advanced interpolation methods (e.g. kriging and co-kriging, regression kriging etc.), as the data source is dot-based, obtained from a hydro-meteorological station network. Alternatively, it is possible to use satellite images of TRMM mission or alike, giving precipitation in very raw resolution.

The same conditioning and triggering factors are usually used for detailed studies as well, but they need to have a more accurate source and slightly different preparation. Apart from that, factors including the seismic behavior of the ground, specific mechanical parameters, depths of groundwater and weathering, and various synthetic factors, statistically derived from original factors, are also in use.

Regarding the data preparation for national/regional scale, numerical conditioning factors must be eventually classified to 5-10 classes with arbitrarily assigned weights, while nominal factors (geological or soil units, land use) go through this procedure as described earlier. On the other hand, for local scale, numerical factors do not require classification and scoring of class weight, but it is necessary to normalize them in a 0-1 range. For nominal factors weighting is also not needed for local scale, but their binarization often is (each of nominal classes is used to create a new sub-factor with values 1=given class, 0=all other classes together). In any case all data must be brought to a raster format of the same desired resolution.

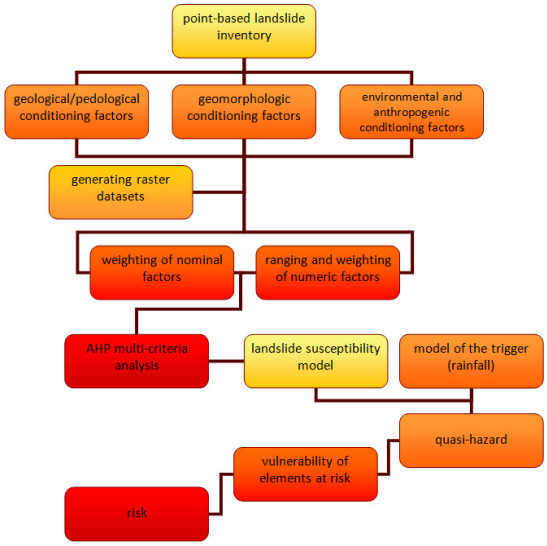


Fig. 1 *Flow chart of methodology for landslide hazard and risk assessment at the national/regional level*

Susceptibility/hazard

Susceptibility and hazard assessment requires a wide range of data on conditioning factors (Fig. 1-2), which may differ in terms of spatial and temporal variability. Certain factors are practically stationary, such as geological and geomorphological conditions, but there are those whose variability can be traced in longer or shorter periods, even on a daily basis, such as meteorological factors. In addition to factors that are directly associated with the process, it is necessary to know the spatial distribution and frequency of the event, which often represents the biggest problem. Due to the uneven accuracy or absence of landslide dating (landslide activation), the practice has often seen the need to exclude the temporal dimension and instead of dealing with hazard, address the susceptibility. Susceptibility considers only the spatial probability of landslides, mostly based on stationary factors. However, if it is introduced with a conditioning or even better a triggering factor that has a dynamic character on a specified time interval (daily, monthly, annual), such as rainfall, it can become a quasi-hazard for that specified interval, which is the next best solution to include the temporal dimension. The level of detail is here the most influential on the choice of the working technique. As mentioned before, it is suitable to perform a first-phase research by using simple techniques and then to employ complex techniques on a more detailed localized dataset in the next phase.

Assessing susceptibility/hazard for a wider area is usually done by implementing so-called multiple criteria analysis, based on expert understanding on the extent to which individual factors condition the process (Fig. 1). Every conditioning factor is scored based on an expert opinion, and it is possible to survey several relevant experts and then use average score, usually in % of total. One of the leading multiple criteria methods for experiential opinion quantification in this context is the Analytical Hierarchy Process (AHP). With certain rules in weighing of scores, AHP can establish relations between certain factors in great detail. Firstly, it is necessary to classify all conditioning factors to an understandably small number of classes (up to 10), with a corresponding weight assigned to each class. This can be achieved by calibrating conditioning factors before applying the multi-criteria analysis. The landslide inventory, which is usually dot data type for this level, should be used to select the class and class interval of numerical conditioning factors. This is not necessary for nominal ones (classes are predefined, e.g., geological units, units of land use). Calibration is done by checking the density of landslides in selected classes. Once a satisfactory variant of intervals is achieved, the next step is quantification of weight classes of each factor (nominal and numerical) in the 0-1 or 0-100% range. Again, the density of landslides comes in hand, suggesting which class should have a higher or lower value. Each calibrated conditioning factor class is then multiplied with its percentage weight and then summed together by overlapping all other factors spatially. The result is the ultimate model of the landslide susceptibility of an area as a continuous raster model. With the addition of the standard color scale, the regions of high susceptibility are typically indicated in red and those with lower susceptibility in green pixels, while yellow and orange shades are in between. It is usual to divide such a continuous raster into several classes (e.g. low medium and high susceptibility). It is further possible to compile susceptibility model with the precipitation model as trigger (Fig. 1). Firstly, it is necessary to normalize both models at the 0-1 range, and then multiply them. This process results in quasi-hazard scenarios dependent on the selected precipitation scenario, e.g. hazard for short-term cumulative precipitation maximums or long-term medium precipitation. In other words, it is possible to have several varieties of quasi-hazard maps depending on the scenario of our interest. Apart from AHP or alike, it is possible to use simple conditional statistical or even deterministic models, the workflow (Fig. 1) would remain similar.

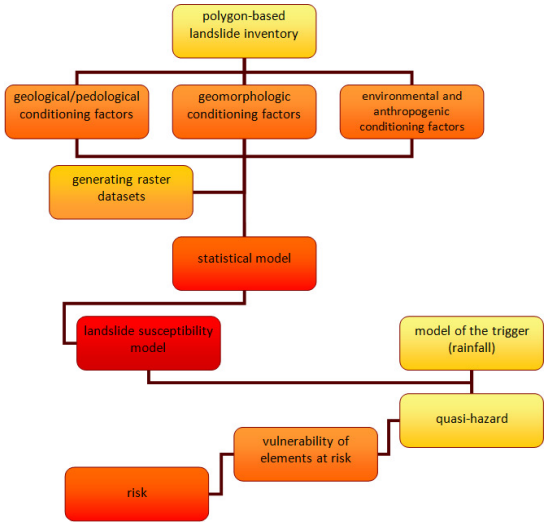


Fig. 2 *Flow chart of methodology for landslide hazard and risk assessment at the local level*

Working on a more detailed, local level landslide susceptibility/hazard firstly requires more accurate, usually polygon-based inventory (Fig. 2), and more accurate set of conditioning and triggering factors, as mentioned before. Susceptibility and hazard on a detailed level requires an approach based on data, not on experience. It is necessary to establish a direct link between the landslide events and individual conditioning factors. The principle of defining these connections may be statistical (based on the spatial correlation of landslides and conditioning factors) or deterministic (based on physical models).

Deterministic models are usually limited to a certain type of landslides. Translational landslides in the weathered zone, should be deterministically modeled only in cases where that type was dominant. SHALSTAB and SINMAP models are often used, and are based on the model of infinite slope. Another type of deterministic model is reserved for a flow processes, which can be modeled and simulated in specialized programs (e.g. RAMMS, FLO-2D, FLOW-R). A shortcoming of all deterministic models is that these require an input of quite a number of detailed data, in particular the physical and mechanical parameters (bulk density,

porosity, strength parameters, etc.), which are obtained through lab tests and are extremely difficult to generalize for wider areas.

Statistical models can be very different, but essentially come down to linking the spatial correlation of individual conditioning factors on one hand and landslides on the other, by comparing the values of all factors at locations where the landslide occurred, but also on the stable ground. Hereby, it is possible to obtain a function or rule that systematically separates examples that can lead to landslide from those that could not. Depending on the selection of statistical methods and machine learning methods, it is possible to have different functions and rules, ranging from simple conditional statistics method, through regression function, rules derived from neural networks and trees, to non-linear functions. Most commonly used are Logistic Regression, Decision Trees Support Vector Machines and Artificial Neural Networks. Most of these methods require a process of training on a smaller specimen, wherein "learning" the rule that distinguishes a landslide from the stable ground takes place. Testing/validation is the next process, wherein the "learned" rule is extrapolated to the data that have not been exposed to training (unseen data). According to the input data type, it is necessary to separate two main cases, i.e. slides and debris flows.

- In the case of slides, the data type from the inventory is a polygon, or in fact a raster generated from polygons, while the other raster data sets have been described in previous section. Rasters of numerical conditioning factors may not be classified. Nominal conditioning factors (geological or soil unit and land use) must be divided into several rasters, so that each class is a separate (new) raster. Training is conducted on a sample that is balanced, and composed of an equal number of examples of landslides and stable ground.
- In the case of debris flow, the data type from the inventory is a polygon (i.e. an appropriate raster) which carries information about the source and accumulation zones. As for other data, it must also contain erosion as a conditioning factor. It is necessary to make two models, one that will be trained only on examples with the source zones and stable ground, while the other will have only examples of the accumulation zones stable ground. The first model identifies areas with characteristics susceptible to the depletion of debris flows, and the second one, areas of a possible runout range.

These assessments and modeling are performed in specialized programs for advanced statistical methods and machine learning (e.g. WEKA, R).

In this way, in several iterations (not less than 10), a number of different models of landslides and debris flow susceptibility can be obtained. The final models of susceptibility to slide and flow are obtained by averaging, and can be symbolized with a scale similar to the case of the regional level. Also, similarly to the regional level, maps of quasi-hazard may be obtained by overlapping the final model of susceptibility with the relevant trigger scenarios (precipitation).

Elements at risk

Depending on the level of detail and research task, the elements at risk can be differently identified, but most commonly it is the population or specific urban fabric class, such as traffic. For detailed levels of study within population it is always the housing sector that is identified as element at risk. To generate a proper inventory of the elements at risk is the next essential step in the entire process. In general, the population data is obtained from census, but these are often represented generalized over administrative units, e.g. municipality, so that the actual distribution is concealed. Dasymetric mapping provide much better and more realistic statistical distribution of population and provides relative density of population (Krunić et al. 2015). For detailed level, it is necessary to map the entire city/municipality area per housing units, i.e. individual buildings or blocks, with estimation of the number of inhabitants per block and dwelling frequency per housing unit, if possible. It is usually achieved by combining remote sensing techniques over high resolution images (for mapping housing units), and field sampling (estimating the number of inhabitants per typical housing unit). Eventually, if the level is detailed to such an

extent, it is necessary to enter data on the number of floors, type of construction and the type of building material. Based on these data, the function of vulnerability is defined, depending on a number of factors, and the subtype of risk that is of interest (social and economic).
In the most common case, the risk assessment is relative, because the hazard is relative on a 0-1 scale, and therefore, the elements at risk can be 0-1 normalized on the basis on their population density value.

Vulnerability assessment
Exposure is the following characteristic that predisposes the risk in relation to the landslide hazard. Exposure is obtained as a function of distance of the observed element at risk to the particular hazard class (high hazard in particular). Euclidean proximity to desired hazard zones can be easily calculated for all elements at risk in a GIS environment. It can be further pondered arbitrarily in relation to the particular hazard class (high hazard proximity is more important than medium hazard proximity). It is also important to estimate the maximum expected runout for a desired type of landslide process (e.g. runout will be different for shallow and deep landslides, or for slides and flows), and thereby establish a maximum threshold of exposure. Exposure can also be 0-1 normalized, if relative risk is in question. Vulnerability is obtained by combining the exposure and elements at risk.

Risk
Finally, the risk can easily be obtained by superimposing hazard, exposure and elements at risk, which is a well-known formula: Risk=Hazard x Vulnerability of Element at Risk (Lee and Jones, 2004). Naturally, it all depends on the type of risk one is interested in.

- For a general social or collective risk, vulnerability function should primarily take into account the population of the individual polygons and align with the purpose of the facility or activity performed in it, as described above.
- For economic risk vulnerability function is linked with various characteristics of the facility (building standard, age, material). It is first necessary to specify the exposure and then to supplement it with economic value of the facility. The risk is given by a monetary unit per facility, so it is possible to evaluate cost-effectiveness of the potential remediation undertake. It can be also assessed for natural or agricultural goods in a similar way.
- Individual risk would imply very detailed information and essentially should not be subject to these estimates (this is more a type of risk that is of interest to insurance

PRACTICAL EXAMPLE
The practical example considers the City of Tuzla in BiH (around 113 km^2), as a detailed landslide risk assessment study, using SVM Machine Learning technique (Marjanović et al. 2011) for susceptibility assessment and high resolution data for landslide and elements at risk inventories.
The landslide inventories were compiled using historic and field data. It lacked desirable metadata, therefore only simple non-landslide, landslide and marginally stable slope classes were included (Fig. 3). The inventory has been converted to a 5 m resolution raster, which was applied to all other raster data.

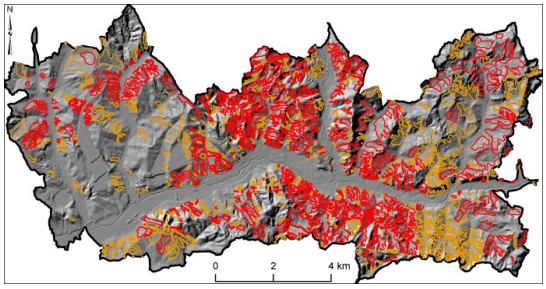


Fig. 3 Landslide inventory of the City of Tuzla (red contours are landslides, and orange are marginally stable slopes).

Landslide susceptibility required several stationary key conditioning factors that are proxies for the landsliding process. These included geological, geomorphologic-morphometric and environmental data. Subsequently, these were supplemented with dynamic variables, represented by the specific rainfall scenario, to obtain quasi-hazard models.

Geological factors
Geological factors were extracted from the engineering geological map 1:10000, and geological map 1:100000, and included engineering geological units, hydrogeological units and distance to

hydrogeological boundaries. Engineering geological units (Fig. 4a) were classified on the basis of engineering properties of rock, in particular cohesiveness and compactness of lithological units. In that sense, all similar lithological members were aggregated. Proposed machine learning technique requires only separation of nominal variable classes into sets of binary variables, so that each class gives a new sub-variable. For instance, engineering geological units were segregated into 9 sub-variables (9 new rasters), that are binary (1 = particular engineering geological class, 0 = union of all other engineering geological classes). This ensures objectivity in data-driven workflow of machine learning approach.

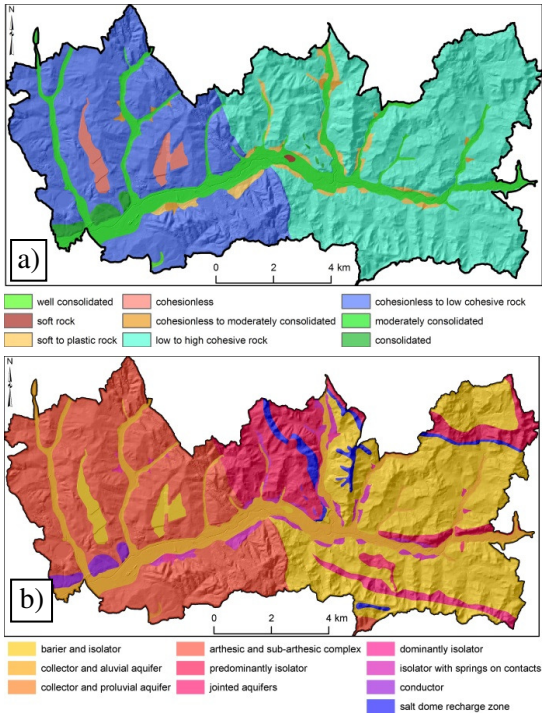


Fig. 4 *a) Engineering geological map, b) Hydrogeological map*

The following geological conditioning factor involved hydrogeological units, classified on the basis of their hydrogeological function (Fig. 4b). The idea was to additionally highlight differences in engineering geological units and support fine differentiation in contact zones, which are considered prone to landslides. Additional geological conditioning factor is therefore created as distance to hydrogeological boundary between units of different hydrogeological function. It is obtained by calculating Euclidean distance of each pixel from the extracted boundary.

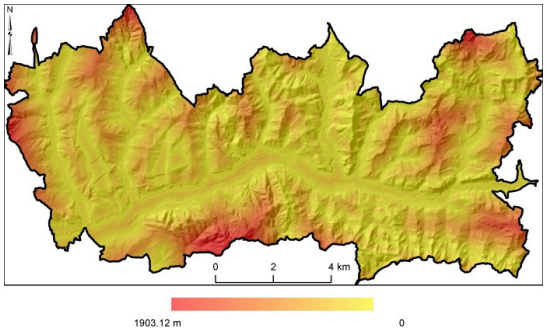


Fig. 5 *Digital Terrain Moldel*

Geomorphological factors

Morphometric factors included a set of commonly used morphometric parameters (Marjanović et al. 2011), such as elevation, slope, aspect and curvature, which were obtained directly from 5m resolution Digital Terrain Model (Fig. 5). Morphometric factors also included distance to hydrographic network, i.e. streams and rivers which were also extracted from DTM as vector lines, so that subsequently Euclidean distance could have been calculated for each pixel in the area coverage. All these represent numeric variables, which are therefore needed to be 0-1 normalized, to preserve objectivity and computational effectiveness in the Machine Learning protocol.

Environmental factors

This group included land cover classes developed through comprehensive mapping of elements at risk (Fig. 6). The raster dataset is nominal, so the same procedure of its disaggregation into dummy variables was followed as in the case of geological nominal factors. Finally, distance to mining sites was calculated to depict disturbed zones, since mining in Tuzla region includes coal open pit and salt underground mining. These both types can affect stability by causing subsidence (m order of magnitude) or producing waste deposits that are fine-grained non-cohesive but unstable when saturated. It is a numeric factor which was therefore normalized to meet 0-1 span of values.

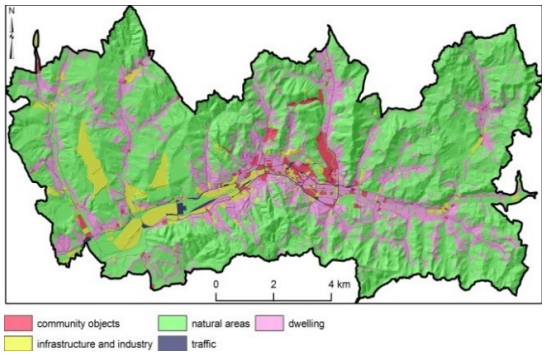


Fig. 6 *Elements at risk/land use*

Modeling

Further, it was necessary to develop a sampling strategy for defining sampling points for training, testing and validation. Sampled instances pick up values of each conditioning factor, together with the dependent variable (landslide inventory class), so that each sampling point is assigned a landslide inventory class and a set of additional attributes (values of conditioning factors at that particular point/pixel). Subsequently they were filtered for redundant variables that do not contribute to the model. SVM Machine Learning algorithm can be paired with any attribute selection technique for that purpose.

Training samples need to be balanced versus dependent variable, i.e. to include equal number of landslide, marginally stable slope and stable slope points/pixels. Furthermore, it is desired that these training instances occupy only a portion of all possible instances in the given area coverage, preferably 5-10% of the area should be occupied by landslide training instances. In this particular case, 100000 landslide instances are taken for training. This further implies that the same amounts of marginally stable slope and stable slope are taken for training, which totals around 300000 training instances. It is also necessary that these subsampled instances are chosen entirely randomly. Furthermore, 20% of these 300000 instances (20000 landslides + 20000 marginally stable slopes + 20000 stable slopes = 60000 validation points out of 4 million of all points in total at given 5m resolution, i.e. a generous 15% of the total) are strictly reserved for validation.

Training/testing SVM protocol was designed similarly to some earlier experiences (Marjanović et al. 2011), and it has been partly explained in preceding chapters. In short, SVM algorithm parameters were optimized over training data, the algorithm was applied iteratively to each of the 10 training samples, the final susceptibility model is obtained by averaging.

Results

The resulting landslide susceptibility map (Fig. 7) showed good match with the landslide inventory. The accuracy estimators also support this visual impression. In the best performing iteration, the accuracy went over 75%, while AUC of landslide classes was above 0.85 as well as marginally stable slope, which indicates that the biggest source of error remained within the stable slope class (AUC=0.75).

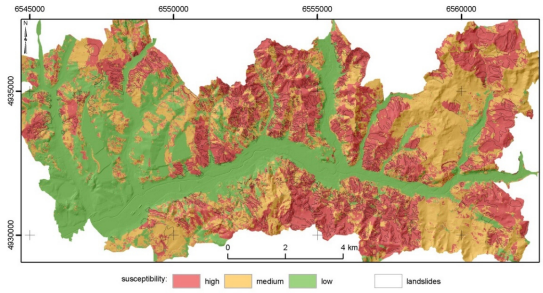


Fig. 7 *Landslide susceptibility*

Following the schema from Fig. 2, landslide susceptibility leads to quasi-hazard maps that were generated by multiplying landslide susceptibility with according historical rainfall scenario of average annual rainfall for 1981-2010 period.

After obtaining the susceptibility classes distribution it was further possible to calculate weighted exposure, by means of weighted distance to the high landslide susceptibility class. Resulting exposure map was then superimposed to the inventory of elements at risk, to obtain the final relative risk (Fig. 8). The map depicts units of elements at risk that were filtered according to their land use domain. Only the housing sector land use types entered the inventory of elements at risk, since only these had precise population estimates per block. The final map was averaged across housing blocks, since they represent the target risk units.

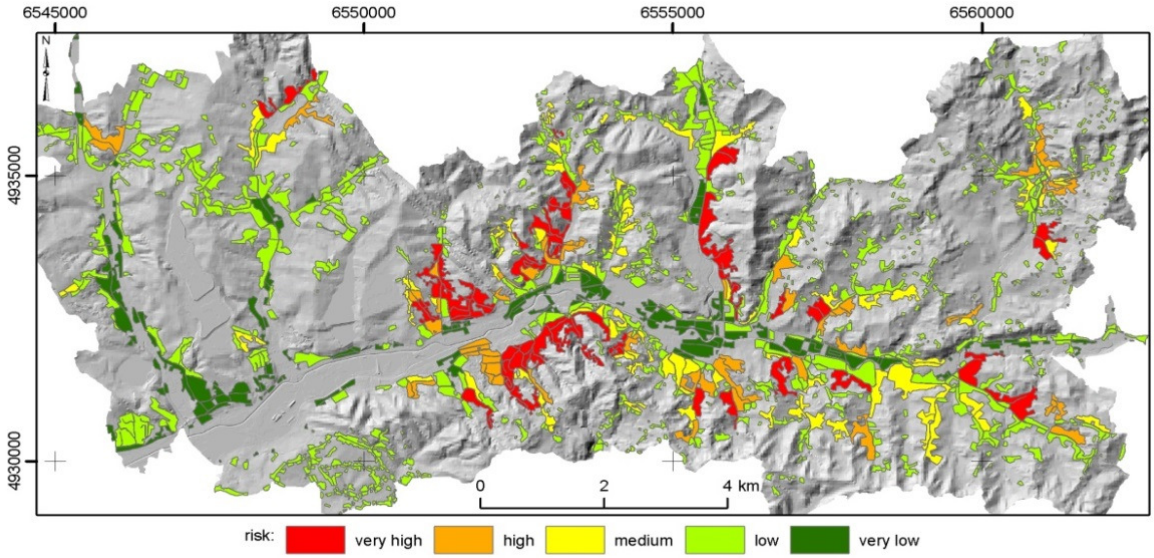


Fig. 8 *Relative landslide risk for the housing sector in the City of Tuzla.*

IDENTIFIED CHALLENGES AND CONCLUSIONS

The practical example demonstrated that risk assessment is feasible, even with some data scarcity. Proposed methodology could be one of the solutions to avoid dead-ends in assessment and research. However, some issues remain in the overall impression for undertaking risk assessment in the Balkans:

- Landslide data are the biggest challenge. Despite the recent initiatives in BiH and Serbia, landslide inventories are far from harmonized and unified on a national level.
- Institutional challenges are evident in terms of lack of staff and HW/SW under-equipment of in-charged geological surveys
- Local authorities lack initiative to take active part in landslide reporting, they have also a lack of staff and equipment.
- Legislation is also under development in the entire Balkan region, which still struggles with landslide management issues in law.
- Systematic financial support for landslide research projects from governmental structures.

ACKNOWLEDGEMENT

The authors thank to Prof. Biljana Abolmasov for support, guidance and sharing. Different parts of this research was supported by: UNDP office BiH and Serbia, Project of Ministry of science of the Republic of Serbia TR36009.

REFERENCES

RNA report Serbia, Floods 2014 (http://ec.europa.eu/enlargement/pdf/press_corner/floods/20140715-serbia-rna-report.pdf)

RNA report Bosnia and Herzegovina, 14-19 May Floods 2014 (http://ec.europa.eu/enlargement/pdf/press_corner/floods/rna-executive-summary.pdf)

Cruden D. and Van Dine D.F. (2013) Classification, description, causes and indirect effects. Geological Survey Of Canada

Günther A., Reichenbach P., Malet J.P., Van Den Eeckhaut M., Hervás J., Dashwood C., Guzzetti F. (2013). Tier-based approaches for landslide susceptibility assessment in Europe. Landslides 10, Springer.

Krunić N., Bajat B., Kilibarda M. (2015) Dasymetric mapping of population distribution in Serbia based on soil sealing degrees layer, Surface Models for Geosciences, Springer.

Marjanović M., Kovačević M., Bajat B., Voženílek V. (2011) Landslide susceptibility assessment using SVM machine learning algorithm, Engineering Geology 123, Elsevier.

Lee E.M., Jones D.K.C. (2004) Landslide risk assessment, Thomas Thelford Publishing.

ВЛИЈАНИЕТО НА СВЛЕЧИШТАТА ВО ПК "СУВОДОЛ"- МИКРОЛОКАЦИЈА 7 НА КВАЛИТАТИВНИТЕ ПАРАМЕТРИ НА ПРЕОСТАНАТИОТ ЈАГЛЕН ВО ИСТОИМЕНАТА МИКРОЛОКАЦИЈА

[1]Љупчо Петрески, [1]Анита Мартиновиќ, [1]Елизабета Митревска

[1]АД ЕЛЕМ - Подружница РЕК Битола,Новачки пат бб, Битола, Р.Македонија
e-mail : lj_petreski@yahoo.com, anitamartinovik@yahoo.com, elizabeta.m@hotmail.com,

Апстракт
Квалитативните параметри на јагленот односно неговата топлотна вредност се непосреден фактор кој ги условува можностите за негово користење, влијаат врз ефикасноста на процесот на согорување и ефектите изразени преку производството на електрична енергија. Појавата на свлечиштата во процесот на откопување директно влијае на квалитативните параметри на јагленот и доаѓа до негово разблажување.

Клучни зборови: квалитативни параметри, свлечишта, разблажување

ВОВЕД

Производството на електрична енергија во Рударско енергетскиот комбинат Битола се реализира во Термоелектраните кои како основно гориво користат нискокалоричен јаглен-лигнит. Процесот на производство започнува во ПЕ Рудници (Суводол и Брод Гнеотино) со ископ на јаглен, кој преку системот за допрема на јаглен се транспортира до бункерите во термоелектрана.

Откопувањето на јагленот во Рудник Суводол е континуиран процес кој се остварува со систем на багери и транспортери. Додека откопувањето на јаглен во Рудник Брод Гнеотино е дисконтинуиран процес каде откопаниот јаглен преку транспортен систем се носи до дробилична постројка. После дробењето на јгленот од двата рудници се предава на системот за допрема на јаглен.

Системот за допрема на јаглен врши депонирање на јагленот на рудни греди, копање на истиот и полнење на бункерите во термоелектрана. Со оваа операција завршува фазата на ПЕ Рудници.

Целокупниот процес е претворањето на фосилната енергија (јаглен) изразена со топлотна и квантитативна вредност која се финализира во електрична енергија.

ОПШТИ КАРАКТЕРИСТИКИ

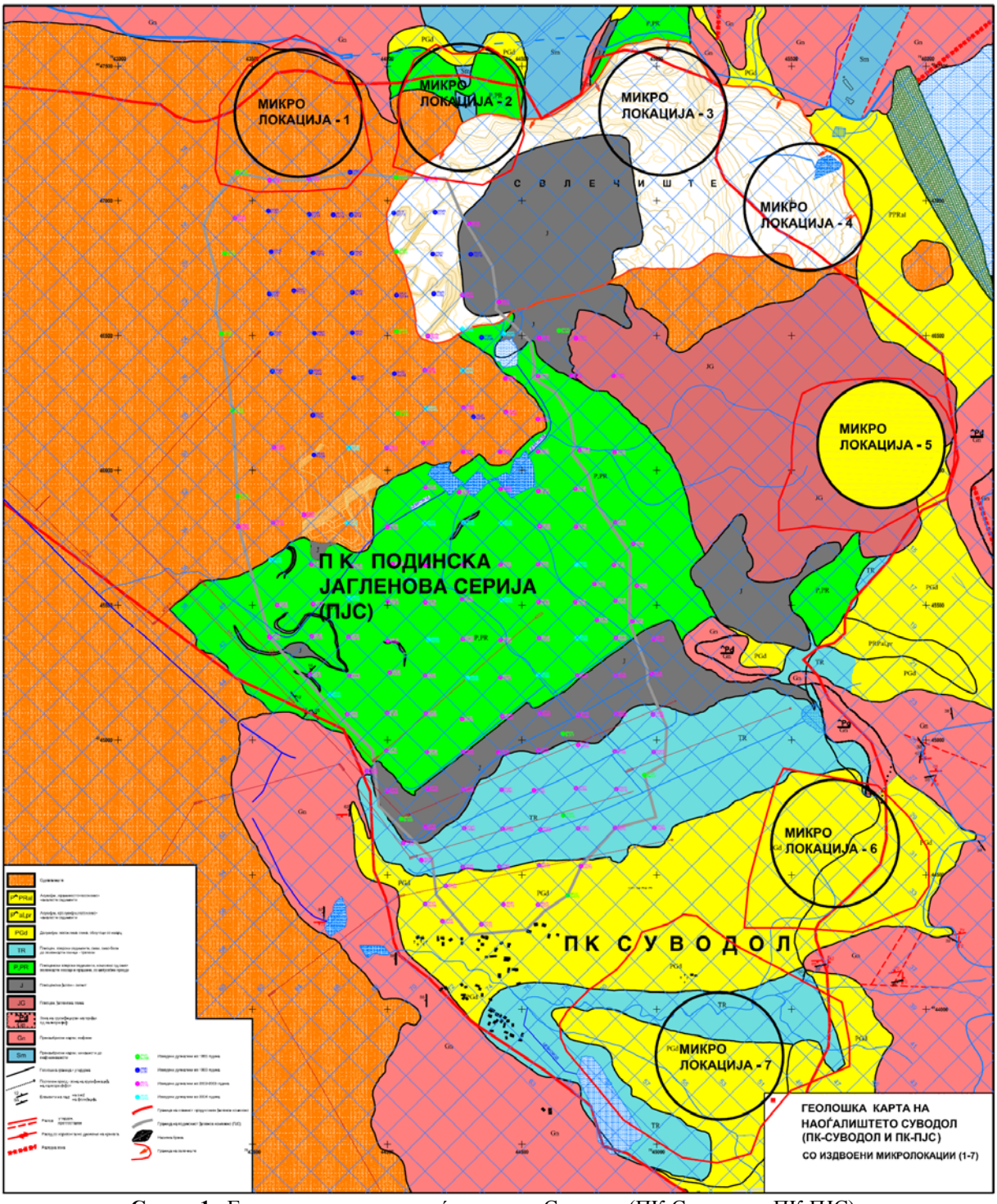
Пелагонискиот басен кој се наоѓа во југозападниот дел на Р. Македонија се простира на цца 1500 км^2 и претставува басен во кој се формирани наоѓалишта на јаглен чија експлоатација со сегашниот степен на технологија економски е оправдана. ПК Суводол и ПК Брод Гнеотино се во активна експлоатација, во фаза на отворање е ПК ПЈС (Суводол) а во фаза на проектирање е наоѓалиштето Живојно. Потребите за јаглен наметнуваат понатамошни изведувања на истражни работи кое се реализирани во западниот дел на ПК Брод Гнеотино.

Јагленосниот потенцијал на Пелагонискиот басен врз основа на досега реализираните регионални геолошки истраги посебно Битолскиот и Прилепскиот дел е со респектабилни резерви кои се перспектива за понатамошни истражувања. Врз основа на индустриската класификација и квалитативните параметри јагленот од Пелагонискиот басен вклучувајчи го и јагленот од активните рудници припаѓа на јаглени со ниска топлотна вредност-лигнити. Ваквите својства на јагленот од Пелагонискиот басен го прават погоден за согорување во термоблокови и за економично производство на електрична енергија.

Количините на јаглен во ПК Суводол кој е во фаза на дооткопување изнесуваат - $4x10^6$ тони, во ПК Брод Гнеотино кој е во фаза на експлоатација - $25x10^6$ тони, во ПК ПЈС Суводол во фаза на отворање - $50x10^6$ тони.

СВЛЕЧИШТАТА КАКО ФАКТОР ЗА РАЗБЛАЖУВАЊЕ

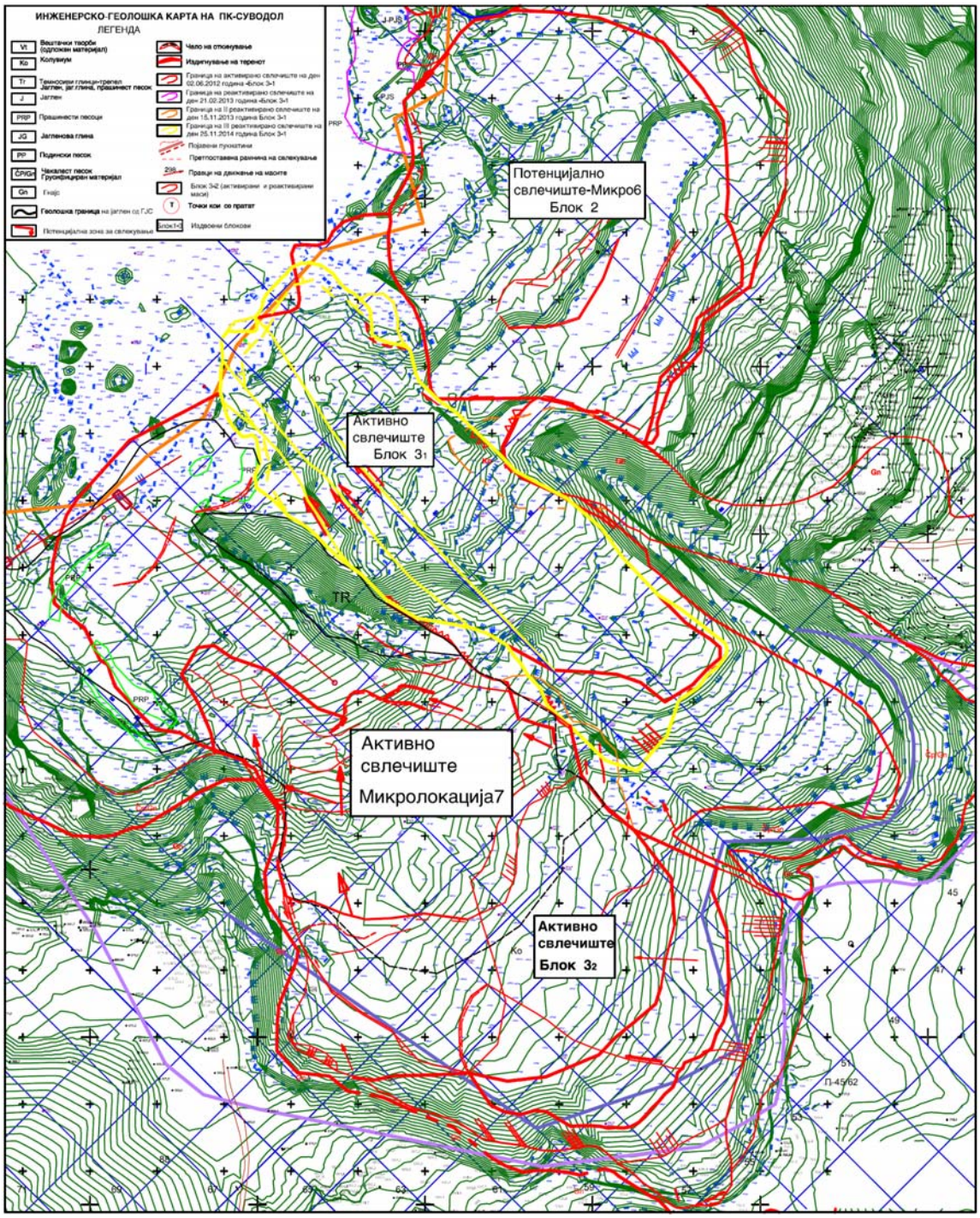
Откопувањето на минерална суровина што е поврзано со континурано производство, а се остварува во специфични геолошки услови пратено е со појава на свлечишта. Карпестите маси кои го ограничуваат површинскиот коп Суводол од трите страни, условуваат постоење на сложен структурно-тектонски и геолошки склоп на седиментите што лежат над нив, кој склоп значително влијае врз условите на експлоатација, односно на состојбата на стабилност во копот. Според морфогеолошките карактеристики издвоени се 7 (седум) Микролокации во кој се активирани и реактивирани свлечишта.



Слика 1. Геолошка карта на наоѓалиштето Суводол (ПК Суводол и ПК ПЈС)

Досегашното искуство укажува на фактот дека свлечиштата во ПК Суводол се честа појава и тоа при:

- откопување на маси према рабните делови во Микролокации 1-7. Откопувањето на маси према контактот на карпестите маси и седиментите е постојано пратено со појава на свлечишта од големи размери кои се карактеризираат со зафаќање на значителни маси од јаглен и јаловина и условуваат нивно мешање
- на откопните блокови во средишните делови од јаловинските и јагленовите етажи, каде свлечиштата придонесуваат за нарушување на процесот на откопување и мешање на масите од основен блок со свлечени маси.



Слика 2. Инженерско- геолошка карта на ПК Суводол

Во ПК Суводол актуелно е свлечиштето Блок 3 кое се наоѓа во Микролокација7. Микролокација 7 се смета за специфичен дел од површинскиот коп каде преостанатиот јагленов слој генерално има синклинална форма со падови на крилата од 5-13^0, и со тонење на оската према североисток на профил72 под агол од 4^0-6^0. Во инженерско геолошкиот Блок 3 се издвоени два инженерско геолошки блокови Блок 3_1 и Блок 3_2 во кој масите од нивното активирање до денес се повеќе пати реактивирани. Блок 3 претставува крило на синклинала со паден агол од 13^0 према северозапад. Појавата и активирањето на свлечиштето во Блок 3 е последица од заедничко дејство на повеќе фактори (технологија на ископ- работа на багерите спротивно од падот на седиментите, присуство на јагленова глина и темносива глина со ниски вредности на јакосните параметри). Процесот на свлекување не е завршен а движењето е последица на откопување на масите во ножица на свлечиште кое резултира со мешање на јаглен и јаловина - намалување на квалитативните парамери.

Последици од активирање и реактивирање на свлечиштата можат да бидат:

- ✓ промена на квалитативно-квантитативните карактеристики на јагленот, односно свлекувањето придонесува за мешање на јагленот со јаловината што резултира со разблажување на квалитетот на јагленот или придонесува за загуби на корисна минерална суровина.
- ✓ пореметен и променет релјеф во делот на свлечиште кој ја усложнува натамошната експлоатација
- ✓ створени подобри услови за самозапалување
- ✓ лепење на материјал по транспортерите (проблеми во транспортот на прием на јаглен од Рудник и негово предавање према Термоелектрана)

ОДРЕДУВАЊЕ НА КВАЛИТАТИВНИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ЈАГЛЕНОТ

Јагленот по својот надворешен изглед претставува еднородна маса која се состои од повеќе различни органски соединенија, во чии состав влегуваат јагленород, водород, кислород, азотот и сулфур. Покрај овие елементи во јагленовата маса влегуваат и голем број на минерали кои после согорувањето на органската материја остануваат во вид на пепел. Јагленот се состои од согорлива маса која ја дава топлотната вредност и несогорлива маса т.е баласт.

Практичната примена на јагленот односно давањето проценка за јагленот како енергетско гориво зависи од неговата топлинска вредност која претставува количество на топлина која се ослободува при неговото согорување. Квалитативните параметри на јагленот се во корелација со процентуалната содржина на согорливи материи, влага и пепел.

Содржината на влага и пепел како баластни компоненти имаат негативно влијание на квалитативните параметри на јагленот додека пак содржината на согорливи материи во јагленот е правопропорционална со неговата калорична вредност.

Квалитативните параметри на јагленот се определуваат:

- во фаза на истражување
- во фаза на откопување
- во фаза на депонирање
- во ТЕ пред согорување

Процесот на откопување придонесува за:

- намалување на топлотната вредност на јагленот (разблажување) како резултат на зафаќање на дел од јаловината во кровина и подина.
- намалување на резервите на јаглен како резултат на оставање на дел од јагленовиот слој
- појава на свлечишта кои условуваат мешање на јагленот со јаловина што негативно влијае на квалитативно-квантитативните параметри на јагленот.

Одредување на квалитетот на јагленот во фаза на истражување

Во сите фази на истражување на наоѓалиштето покрај структурно - геолошките, инжинерско - геолошките и геомеханичките карактеристики дефинирано е и испитувањето на квалитетот на јагленот. Истото е

спроведено по класична метода на опробување на јадрото од истражните дупнатини. Изваденото јагленово јадро се опробува секциски во зависност од дебелината на јагленовите слоеви, со формирање на проби со дебелина од 0.4 до 5,00 м., во зависност од појавата на јаловинските прослојци. Прослојците со моќност до 0,2 м се земаат во пробата од јаглен, додека прослојците и слоевите поголеми од 0,2м не се опробуваат при што пробата од јаглен се прекинува и се зема нова проба.

Формирањето на пробите за хемиска анализа со тежина до 5 кгр. се врши со дробење и мешање на целото јадро, а потоа кратење со постапка на квартирање.
Пробите се пакуваат во пластични кеси и етикетираат (по две идентични проби) од кои едната останува како документација а другата се доставува до хемиската лабораторија за хемиска анализа.
Квалитативните параметри на јаглен од дупнатините се дадени во табела 1.

Табела 1. Квалитативни параметри на јаглен од дупнатините

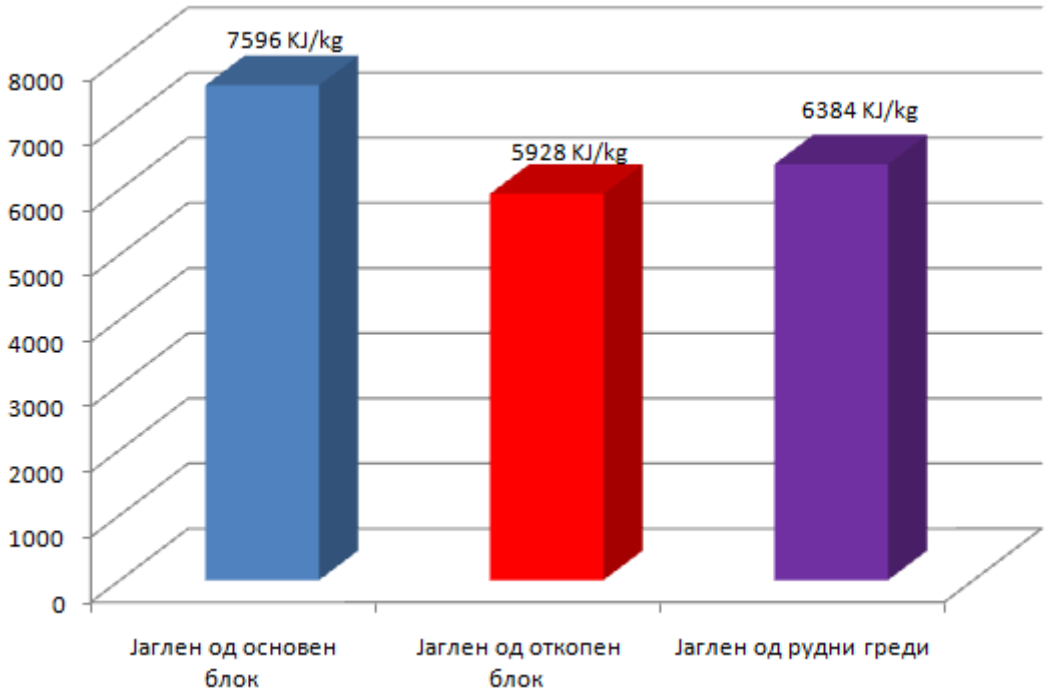
Ограничено поле	**m^3**	**t**	**влага (%)**	**пепел (%)**	**Сог. Мат. (%)**	**ДТВ KJ/kg**
1	2	3	4	5	6	7
Блок 3-2 -Микролокација 7	2543000	3005240	50.59	12.49	36.92	7501
Блок 3-1 -Микролокација 7	1213700	1456440	47.63	14.85	37.43	7719
Блок 2- Микролокација 6	258300	309960	47.33	18.47	34.2	7945
Вкупно	**4015000**	**4771640**	**49.47**	**13.60**	**36.89**	**7596**

Одредување на квалитетот на јагленот со опробување на јаглен од откопен блок

Заради репрезентативно прикажување на квалитетот на јагленот кој ќе се откопува се врши опробување на челата од откопните блокови со комбинирана метода (точкасто и метода на бразда) и тоа на јагленот зафатен со свлекување и на јагленот кој не е зафатен со свлекување. Пробите се квартирани и спаковани во пластични кеси, обележани а во Хемиска лабораторија направена е скратена техничка анализа.
Во табела 2 за пробите од откопни блокови прикажани се добиените квалитативни параметри на опробаниот јаглен од 67 проби направени во различен временски интервал после свлекувањето.

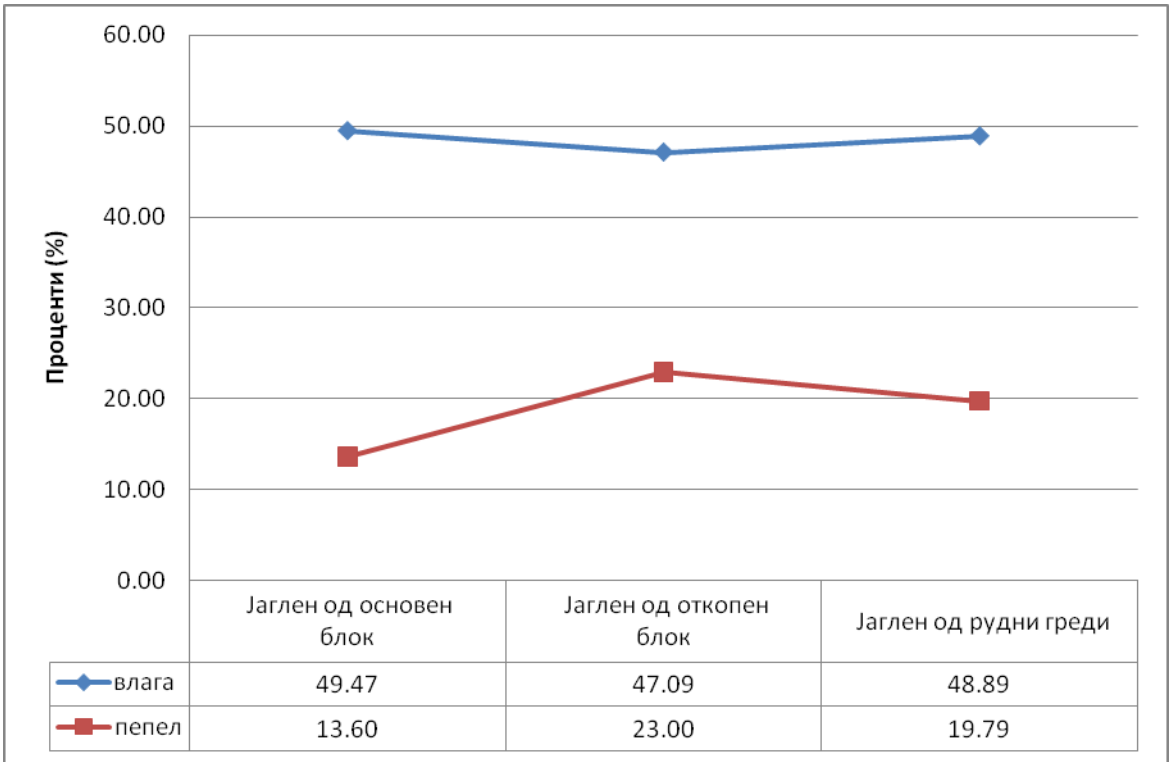
Табела 2. Квалитативни параметри на опробаниот јаглен

Локација на опробување	**Квалитативни параметри на опробаниот јаглен**			
	Влага (%)	Пепел (%)	Сог.м.(%)	ДТВ(кЈ/kg)
Проби од истражни дупнатини	49.47	13.60	36.89	7596
Проби од откопни блокови	47.09	23.00	29.91	5928
Проби од рудни греди	48.89	19.79	31.32	6384



Слика 2. Дијаграм на ДТВ (долна топлотна вредност) на јаглен во ПК Суводол

Споредбено од прикажаните проби од основен блок од истражни работи и пробите од јаглен зафатен со свлекување се забележува дека кај пробите земени после свлекување има намалување на влагата за 2.38% и зголемување на пепелта за 9.40% кое резултира со намалена топлота вредност од 1668 KJ (Слика 2 и 3).



Слика 3. Дијаграм на процентуалната содржина на влага и пепел на опробаниот јаглен во ПК Суводол

Одредување на квалитетот на јагленот со опробување на јаглен од рудни греди

Откопаниот јаглен од откопните блокови се дроби и депонира на рудни греди од каде е припремен за влез во термоелектрани. За целосно завршување на процесот поврзан со квалитетот на јагленот опробувани се и рудните греди по метод на бразда и точкасто.
Од добиените резултати за пробите од рудните греди прикажани во табела бр.2 се гледа дека вредностите на квалитативните параметри се помеѓу вредностите на непореметениот јаглен и јагленот зафатен со свлекување. Како резултат на појавата на свлечишта при кој доаѓа мешање на јагленот со јаловина и технолошкиот процес на откопување се намалува топлотната вредност за 1212 KJ/кг.

Степен на разблажување на јагленот од Микролокација 7

Степенот на разблажување на јагленот зависи од природните услови (геолошката градба), вештачки створени услови од појава на свлечишта, планираната технологија на работа и оперативното водење на процесот на откопување на јагленот.
Пресметувањето на степенот на разблажување направен е врз анализа на конкретните услови пратен во подолг временски период, а квалитативните параметри се прикажани во табела бр.2.
Степенот на разблажување на јагленот зафатен со свлекување изнесува:

$$Rsv = \frac{DTVob - DTVsb}{DTVob} * 100$$

$$Rsv = \frac{7596 - 5928}{7596} * 100$$

$$Rsv = 21.96\%$$

Rsv- Разблажување на свлечен јаглен

DTVob –Долна топлотна вредност на јаглен од основен блок

DTVsb- Долна топлотна вредност на јаглен оо свлечен блок

Степенот на разблажување на депонираниот јаглен изнесува:

$$Rdj = \frac{DTVob - DTVdj}{DTVob} * 100$$

$$Rdj = \frac{7596 - 6384}{7596} * 100$$

$$Rdj = 15.95\%$$

Rdj- Разблажување на депониран јаглен

DTVob –Долна топлотна вредност на јаглен од основен блок

DTVdj- Долна топлотна вредност на депониран јаглен

Анализата од степенот на разблажување на јагленот од основен и откопен блок укажува на степен на разблажување на јагленот зафатен со свлекување од 21.96 %.
При ископ на јаглен од откопен блок (основен и свлечен) се добива хомогенизиран јаглен за депонија, чии квалитативни параметри споредени со квалитативни параметри на јагленот од основниот блок даваат степен на разблажување од 15.95 %.

ЗАКЛУЧОЦИ

- Активирањето на свлечиша е негативна појава во процесот на откопување кое резултира со мешање на јагленот со јаловина и негово разблажување,
- Зголемување на волуменот на свлечените маси, нивно раздробување, кое негативно влијае на капацитетот на багерските единици,
- Лепење на материјал по транспорните ленти и постројки каде истиот се транспортира,
- Зголемување на волуменот на рудните греди поради присуство на јаловински материјал,
- Зголемена потрошувачка на јаглен поради пониска топлотна вредност за постигнување и производство на иста количина на електрична енергија.

ЛИТЕРАТУРА

Дополнителен рударски проект за снабдување на ТЕ Битола со јаглен за период 2011-2016 година, Д.Г.П.У. „Крепс унд Кифер Интернешил и др. Д.О.О.- Скопје, Септември 2011, Скопје;

Елаборат од извршени геолошки, инженерско-геолошки и хидрогеолошки истражувања и испитувања во зоната на Микролокација 7 од ПК "Суводол"(Книга 1), Градежен Факултет, Скопје, 2005;

Извештаи за геомеханичка анализа за стабилност на косините на откопните плокови за ПК Суводол- РЕК Битола, ГЕИНГ „Крепс унд Кифер Интернешил и др. Д.О.О.- Скопје;

Андреевски.Б, 1995, "Јаглени- Генетски и квалитативни карактеристики, наоѓалишта на јаглен и Заштита на животната средина, Рударско-геолошки факултет-Штип;

Интерни извештаи од Геолошката Служба на ПЕ Рудници

DATA ABOUT LANDSLIDES: ACQUISITION, EDITING, USABILITY AT GEOLOGICAL SURVEY OF SLOVENIA

Špela Kumelj

Geological Survey of Slovenia,
Dimičeva ulica 14, SI-1000 Ljubljana, Slovenia
spela.kumelj@geo-zs.si

Abstract
Damage caused to buildings and infrastructure due to slope mass movements can be largely reduced if spatial planning takes into account geological settings of the territory as well as historical events of landslides. Thus, relevant thematic maps at an appropriate scale (ex. probability maps), accurate records of past events and the causes thereof can be of great importance. In Slovenia all these data have been still collected separately by different institutions. Due to the complexity of the phenomena and the diversity of input data, their integration and unification was and still is quite limited.
Since 1998 Geological Survey of Slovenia has been developing a database of landslides, which contains data from archives or inventories from the field. With new projects and development of a methodology for landslide, debris flow and rockfall probability determination, requirement for faster, more accurate updating of the database has increased. In order to ensure a uniform (and standardized) acquisition of new data on the occurrence of landslides for the whole area of Slovenia, we created the Inventory sheet for landslides and erosion. The selection of data included in the sheet corresponds directly to the scheme used by the e-Plaz web application for entering and reviewing landslide data.
With a standardized capture of slope mass movement events we hope to obtain higher quality and reliability of landslide data and consequently, higher reliability of the methodology for assessment of geological induced hazards related to slope mass movements.

Key words: landslide database, e-Plaz web application, standardization, Slovenia, project MASPREM

INTRODUCTION

In Slovenia the procedures in the field of natural hazards have already been regulated in the field of floods, but have still to be regulated in the field of other water-related natural hazards and geo-hazards, such as landslides, rock falls and debris flows (Mikoš et al., 2014). In the last decade, several methodologies and different hazard maps have been prepared, but no legal acts (such as decrees, regulations, recommendations or similar acts, let alone standards) have been accepted on their basis (Mikoš et al., 2014).
Damage caused to buildings and infrastructure due to slope mass movements can be largely reduced if spatial planning takes into account geological structure of the territory as well as historical events of landslides. Thus, relevant thematic maps at an appropriate scale (ex. probability maps), accurate records of past events and the causes thereof can be of great importance. The probability of occurrence of these events depends on the predictability of the phenomenon, its size, speed of movement, source point (area), location of occurrence with respect to the population density and the frequency of events.

All these data are still collected separately by different institutions, namely the majority of the data are obtained by municipalities themselves (a compilation of reports about damage caused by landslides) or on their behalf these records are collected by Administration for Civil Protection and Disaster Relief branches (ACPDR). In addition, data are also collected by the Ministry of Agriculture and the Environment, Department of natural disasters, Slovenian Roads Agency, Slovenian Railways, Geological Survey of Slovenia (GeoZS), Geographical Institute of Anton Melik (SRC SAZU) and other research institutions. In 2005, in the context of the project "Updating and upgrading the information system on landslides and their inclusion into the database GIS_UJME", the GeoZS participated in the review and analysis of data in databases of landslides, available at the time (Komac et al., 2005). The result showed that the a) databases were designed for different purposes; b) in different time periods; c) the records were stored with varying positioning accuracy and in a variety of features descriptions of phenomena, d) stored in a single mode and e)

vary greatly from source to source. Due to the complexity of the phenomena and the diversity of input data, their integration and unification was and still is quite limited.

DATA AQUISITION

Since 1998 GeoZS is developing a database of landslides (Ribičič, 1998; Komac et al.& Hribernik, 2015), which contains data from archives or inventories from the field. With new projects and development of a methodology for landslide, debris flow and rockfall probability determination, requirement for faster, more accurate updating of the database has increased. Through projects such as GH-14 (Bavec et. al, 2012), MASPREM (Komac et al., 2013) and other small research projects, 7273 landslides were filled into the GeoZS database of landslides so far, of which 6941 with a known location and 898 with a known location and the date of occurrence.

Through mentioned projects GeoZS together with the joint cooperation of the municipalities, the ACPDR and the Department of natural disasters of the Ministry of Agriculture and the Environment is closer to one of the longer-term objectives, which is to establish a uniform, qualitative, centralized and up-to-date database the landslides. With some mandatory fields included, for example location of the source of the landslide and time of its occurrence, which are prerequisite for verification of reliability and improvement of predicted models for landslide occurrence at forecasted precipitation (Jemec Auflič et al., 2015).

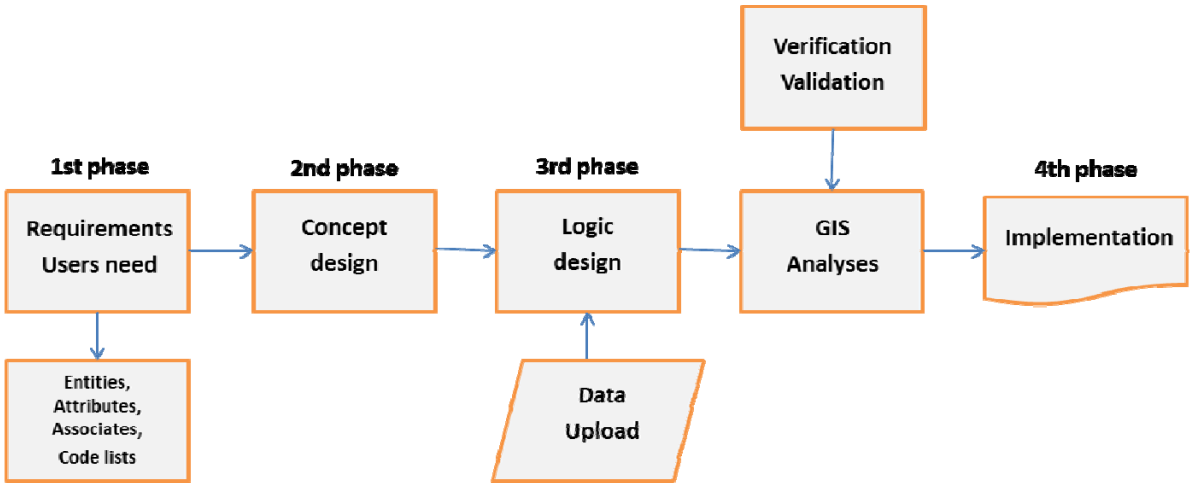


Fig. 1 *Methodological steps of developing web application e-Plaz.*

METHODOLOGY

When setting up a database system for developing web application e-Plaz we followed all methodological steps of GIS planning process (Fig. 1).

In the concept of data control at the level of municipalities and establishment of a standardized minimum set of data about landslides, in compliance with the quality requirements of our current and future project work, was introduced (phase 1: recognition of needs). In order to ensure a uniform (and standardized) acquisition of new data on the occurrence of landslides for the whole area of Slovenia, we created the Inventory sheet for landslides and erosion (phase 2: conceptual design of (spatial) database) (Ribičič et al., 2015). The selection of data included in the sheet corresponds directly to the logical scheme (phase 3: implementation of (spatial) database) used by the e-Plaz web application for entering and reviewing landslide data (phase 4: web application implementation).

For the creation of e-Plaz database programming in Java using MVC architecture was used. MVC framework consists of three parts (Fig. 2):

1) Model, to store the data of the application, (databases, text data, files and/or other web resources);

2) View, the graphical user interface of the application, containing different buttons, text boxes and other controls to let the user interact with the application;

3) Controller, the back-end code which controls the data coming from the users, or going to the user from a model.
This sets up a condition of validation, because the data is always validated on the controller and not directly accessible by the user. This makes the data source secure from potential users. In this way data are more consistent by removing any chance of invalid data entry or unauthorized data deletion from the application's data source (Zeeshan, 2016).

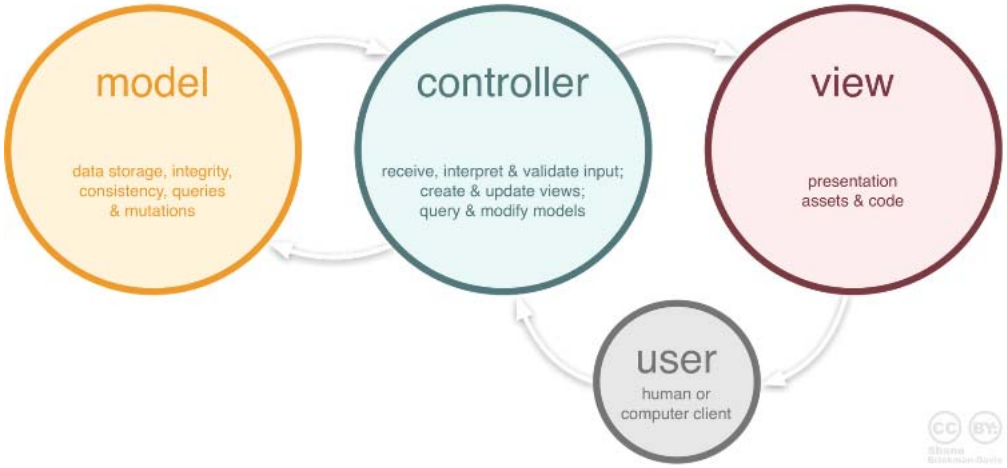


Fig. 2 *MVC framework (Zeeshan, 2016)*

RESULTS

Web application e-Plaz is available at https:\\www.e-plaz.si. The entrance page, giving detailed information on slope mass movements (landslides, rock-falls, debris flows and erosion) with wide range of case studies from Slovenia and abroad (Ribičič, 2016) is open to public (Fig. 3). Accessibility to the common inventory form is regulated at three levels: national, level of civil protection office on regional level and the level of municipality. If you access the form and the already recorded data on events on the national level, you can add and view the events for the entire territory of Slovenia, but you can edit only ones you have entered into database. Regional level is organized through 13 regional civil protection offices of Administration Office for Civil Protection and Relief of Republic of Slovenia. You can enter and view data for all municipalities within regional civil protection office, but again you can edit only ones you have entered. If you work on municipality level, you can add and view only events happened for selected municipality and edit ones you have entered. How and when e-Plaz application will open to public will be decided after the end of the project (end of the year 2016), but in any case the access will be limited to basic metadata. Data model e-Plaz joins several entities, describing the landslide through their attributes (Table 1). When possible, attributes were predefined or categorized due to prescribed and officially used codes (example: categorization of land is prescribed by the Surveying and Mapping Authority).
Main functionalities of the application are viewing, editing, adding data, deleting events and uploading supplemented documents. These functionalities are defined in a model through several Views and Controllers. Main Views are: Navigation bar (present in all other respects, containing links to the warnings, contact and search results on landslide event), Log, Registration, Confirmation email, Account settings, Password change; Enter landslide event and Search Results (showing an existing event or a list of events already recorded in the database). Views are controlled by the Controllers, for example: a) Alerts (controller looks at warnings), b) Account (controller views login, registration confirmation email) or c) Manage (controller views the account settings and change your password).

Table 1. Entities of the e-Plaz database.

Entity	Description
Meta (basic) data	Entity describes the basic information on event, such as coordinates of source point, date of occurrence, source of information gathered, etc.
Parcels	Entity identifies the location of the landslide due to land cadastre.
Event	Entity describes the type and dimensions of slope mass movement.
Object	Entity describes types of object damaged or endangered by the landslide.
Damage	Entity describes the value of direct and indirect damage..
Measures	Entity describes the immediate measures taken, responsibility, and number of evacuated, injured or dead.
Supplements	Entity allows adding photos and supplementing documents on landslide event.
Remarks	Entity allows adding specific remarks on landslide.

At the moment web application is at testing phase till the end of the year 2016. Hence, future modifications should integrate e-Plaz to the already existing applications from the field of protection against natural and other disasters (SPIN and AJDA as part of Slovenian ACPDR information system) in the context of a single platform for data collection on slope instabilities events.

Fig. 3 *Entering page of the e-Plaz web application – only in Slovene language (https://www.e-plaz.si.*

CONCLUSION

With a standardized capture of slope mass movement events we hope to obtain higher quality and reliability of landslide data. This will also have an impact to the reliability of the methodology for assessment of geological induced hazards related to slope mass movements, and will allow monitoring of landslide occurrence trends through spatial and temporal parameters, which will contribute to the understanding of the slope mass movement processes.

Gathering data on landslides, especially at major precipitation events, will allow evaluating the prediction of the landslide susceptibility models' reliability, developed within the project MASPREM.

ACKNOWLEDGMENT

The author would like to thank Ministry for the Defense of Republic of Slovenia (Administration for Civil Protect and Disaster Relief) which enabled implementation of the web application e-Plaz through the financing project MASPREM.

REFERENCES

Bavec., M. et al. (2012) GH_14 - Izdelava prostorske baze podatkov in spletnega informacijskega sistema geološko pogojenih nevarnosti zaradi procesov pobočnega premikanja, erozije ter snežnih plazov – only in Slovene, Ljubljana, Geological Survey of Slovenia.

Komac, M., Šinigoj, J., Krivic, M., Kumelj, Š., Hribernik, K., Vehovec, A. (2005). Novelacija in nadgradnja informacijskega Sistema o zemeljskih plazovih in vključitev v bazo GIS_UJME, Fazno poročilo za leto 2004, Ljubljana, Geological Survey of Slovenia.

Komac, M., Šinigoj, J., Jemec Auflič, M., Peternel, T., Krivic, M., Požar, M., Podboj, M., Bavec, M., Jež, J., Čarman, M., Krajnik,

M., Bergant, K., Pristov, N., Jerman, J. (2013). Sistem zgodnjega opozarjanja za primer nevarnosti proženja zemeljskih plazov – MASPREM, Razvoj dinamičnega modela za zgodnje opozarjanje za primer nevarnosti proženja zemeljskih plazov v odvisnosti od napovedane količine padavin: končna poročila (1–5). Ljubljana, Geological Survey of Slovenia.

Komac, M., Hribernik, K. (2015). Slovenian national landslide database as a basis for statistical assessment of landslide phenomena in Slovenia. Geomorphology. Volume 249. 94-102.

Mikoš, M., Čarman, M., Papež, J., Janža, M. Legislation and procedures for the assessment of landslide, rock fall and debris flow hazards and risks in Slovenia, Journal for Torrent, Avalanche, Landslide and Rock Fall, 2014.

Jemec Auflič, M., Kumelj, Š. Prkić, N., Šinigoj, J. (2015). Zbiranje podatkov o zemeljskih plazovih in zanesljivost napovedovanja njihovega proženja (Landslide data collection and evaluation of predicted models). UJMA, Št. 29, 363-370.

Ribičič, M. (1998). Landslide database – internal report. Ljubljana, Geological Survey of Slovenia.

Ribičič, M., Kumelj, Š., Svetličič, S., Popović, Z. (2015). Popisni obrazec za plazove in erozijo (Inventory sheet for landslides and erosion – final draft. Ljubljana, Archive of the Geological Survey of Slovenia.

Ribičič, M. (2016). Interpretation of types and basic characteristics of landslides to meet the e-Plaz application form requirements. Annex 1. Ljubljana, Archive of the Geological Survey of Slovenia. Available on https\\www.e-Plaz.si.

Zeeshan Afzaal Ahmad, electronic article, http://www.codeproject.com/Articles/879896/Programming-in-Java-using-the-MVC-architecture, 20. 7.2016.

THE PREVENTIVE AND URGENT ACTIVITIES TO AVOID LANDSLIDE CONSEQUENCES

- CASE STUDYOF VOGOSCA MUNICIPALITY DURING THE PERIOD OF FLOODS IN BOSNIA AND HERZEGOVINA IN MAY 2014-

Toni Nikolić and Jasminka Nikolić

Federal geological survey, Sarajevo, BIH
nikolic_t@yahoo.com; jasminkasaletović@yahoo.com

Abstract
In May 2014 heavy rainfall over a short time period caused floods and triggered a large number of landslides. Improper river flow regulation in most parts of the affected areas was the cause of flooding, loss of human lives and property damage. As the aftermath of the mention process, a number of engineering-geology processes were triggered, like soil erosion, landslides, rock falls and other geological processes changing the topographical features of land, and at the same time causing property and infrastructure damage. These processes are subject of research of geological science and most of them can be avoided or mitigated in many cases, if preventive activities are undertaken. Unfortunately, in the municipality of Vogosca, selected for the case study in this article as well as in other affected areas in BIH, this preventive work had not been done, which was the cause of massive slope movements triggered by the weather condition. Most landslides were triggered due to human factors and unconventional construction in areas which were defined as unstable or conditionally stable .In such situations, only urgent interventions can mitigate the consequences of landslides. Such activities are the subject of this article as well as related problems encountered in the field (mine pollution, infrastructure damage, panic of citizens, and other). A lesson should be taken from the natural disaster experienced and all mistakes observed in prevention activities and education of experts in local institutions should be corrected in order to react more successfully and faster to avoid human casualties and infrastructure damage in similar situations in the future.

Key words: Landslide, fractures, engineering geology process, urgent recovery step

INTRODUCTION

The causes of landslides are usually related to instabilities in slopes. It is usually possible to identify one or more landslide causes and one landslide trigger. The difference between these two concepts is subtle but important. The landslide causes are the reasons that a landslide occurred in that location and at that time. Landslide causes are listed in the following table, and include geological factors, morphological factors, physical factors and factors associated with human activity (in the Bosnian case, this factor was very high). The primary cause of a landslide is impact of gravity force on weakened materials that make up a sloping area of land. While some landslides occur slowly over time, the most destructive ones happen suddenly after a triggering event such as heavy rainfall. Water is usually trigger of landslides because it is heavy and adds a lot of extra weight to the land. The extra weight makes it more likely that slope materials (soil, rock, etc.) will succumb to the forces of gravity. Excessive water is thought to be one of the most common triggers for landslides. Landslides are classified according to the type of material that falls and how that material moves down slope. For example, there are rock falls, mud slides, and debris flows. All of these terms represent a type of landslide.

Bedrock infiltration depends strongly on the lithology and is determinant for resulting landforms (Onda et al., 2004). The draining effect of different lithologies influences the landslide triggering (Matsushi and Matsukura, 2007) and the type of landslide (Onda et al., 2004), because fissures, fractures and permeable bedrock layers can act as drains for landslides if the bedrock is not saturated (Van Asch et al., 1999).

Fig. 1 *Southeast Europe flood impact summary map (Esri)*

Engineering geological processes are a very important part of security in Bosnia and Herzegovina. The last disaster showed how a situation can become unpredictable if adequate preventive actions are not undertaken. Unfortunately, in a number of cases human factors were involved in accident causes so casualties and damage can be avoided if preventive activities are properly done, such as education and faster reaction of responsible institutions. Correlation all of these mistakes result in high casualties and property damage. Large volumes of water in the soil make slopes unstable and trigger landslides, rock falls or erosion with devastating consequences. Figure 1 shows that the scale of disaster in May 2014 was huge affecting three countries at the same time.

BASIC GEOLOGICAL SETTING

Bosnia and Herzegovina has an unusually bad geological setting in terms of landslide impact (Fig. 2.) Most of the country is located in the mountainous area with huge angle slopes. If the structure of soil is clay, alluvial deposit or less solid sediments, than such areas are very susceptible to the impact of long rain periods or floods.

The geological structure, which makes most problems, is usually based on miocene sediments, alluvial/delluvial deposits and conditionally stable soil, which did not need so much impact of water to become destructive and start moving down slope.

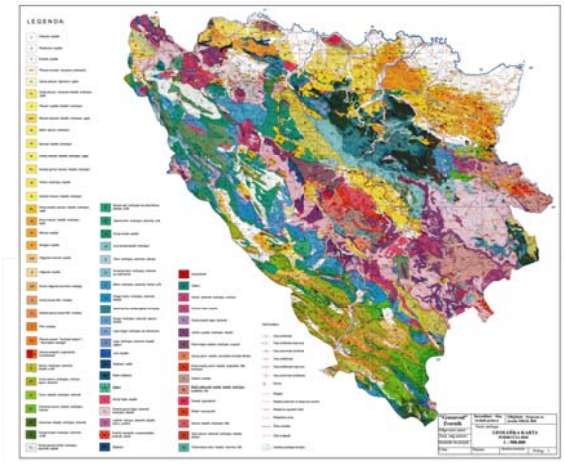


Fig. 2 *Basic geological map of Bosnia and Herzegovina (Geological Institute Zvornik, Ministry of Civil Affairs of Bosnia and Herzegovina, http://www.wbalkanseismicmaps.org)*

SITUATION IN THE FIELD

During a 10-day period of rain in Bosnia and Herzegovina floods affected more than five larger towns, like Bijeljina, Maglaj, Doboj (Fig. 3.), Olovo and a number of villages. The rainfall triggered landslides and mud flows, like around Žepče. Most of the roads were broken for transport and help, and more than 10.000 people were stuck in their houses or escaped from demolished homes seeking help. The police, army, civil protection agencies and other international forces were involved in the relief efforts to rescue people and bring food and water.

Fig. 3 Town of Doboj during the May 2014 floods (www.depo.ba)

Almost every settlement near the Bosna, Sava, Una, Sana, Vrbas, Drina rivers was in danger and the water level was raising almost every second. The Sava river broke its banks near Šamac and Bijeljina. An alarming situation

occurred in almost half the country, with insufficient equipment and force to properly help the people in need. Finally, after the rain stopped, landslides became active and the agony continued. Many factories, schools, hospitals, houses, farms, and arable land were under water, damage was huge and recovery would take a long time. The municipality of Žepce encountered huge problems with landslides and mud flows as shown in Figure 4.

Fig. 4 *Mud flow, Topcic polje, May 2014 (Anadolia press)*

CASE OF VOGOSCA MUNICIPALITY

As in many other places, situation in the Vogosca municipality was critical. The first attack of water and flood already passed, but other consequences occurred later, such as erosion, landslides, road cracks multiplied by the problem of remaining mines from the last war in Bosnia, which made access to that area extremely difficult.

The local community, unfortunately did not have any knowledge of the geological situation in the field, which meant starting from scratch, making a geological map of an area which was unsafe, going around with evacuation teams and at the same time managing urgent intervention teams in the field, to save property to the extent possible because the municipality already had the problem where to situate more than 100 evacuated citizens with that number growing up.

TO EVACUATE OR NOT?!

The situation in the field was becoming more complex. The first case was the location of Svrake, where a landslide totally destroyed seven properties, being a threat to other properties. It was difficult to predict what might happen next.

Fig. 5 *Fault on the road induced by landslide (Nikolic T. 2014, Vogosca)*

There was no time for geological research (drill, cut soil, etc). It is done only in some cases requiring fast planning to evacuate water and redirect it from facilities, which would at the same time prevent further landslides. However, the residents did not want to leave their homes and there was a good reason to do it. At the same time the municipality had the problem to find accommodation for the evacuated people, so they did not like the idea of evacuation. The public pressure was so high, and a fast and adequate decision should have been made. We took a high risk. If we did not order evacuation and the houses collapsed many families might have been hurt. The leading idea in my decision-making was to evacuate the people exposed to danger if there was any risk for houses to collapse until we were completely sure that the slopes were stable. It was better to evacuate citizens even if nothing would happen than not to evacuate them and had some casualties due to collapsing of houses .Although I was in the field from morning until night, every day after I came back home I prepared reports with recommendations for interventions, orders and urgent interventions for each location I visited during the day.

RIVER TRIGGER!

In some cases, failures are triggered as a result of undercutting of the slope by a river, especially during a flood. This undercutting serves both to increase the gradient of the slope, reducing stability, and to remove toe

weighting, which also decreases stability. This instability can continue to occur for a long time afterwards, especially during subsequent periods of heavy rain and flood events.

Fig. 6 *River Ljubina erosion slope and trriger landslide (Nikolic T. 2014, Vogosca)*

After we came to the location of the landslide it could be seen that the situation needed urgent intervention. As shown in Figure 6, the landslide was triggered by the river Ljubina, which eroded the slope above the river making a high angle. The landslide was not so huge, 80x100 m, but its position was very bad as there was a possibility to make a damp on the river, which would flood some houses and close the important regional road communication Sarajevo-Tuzla.

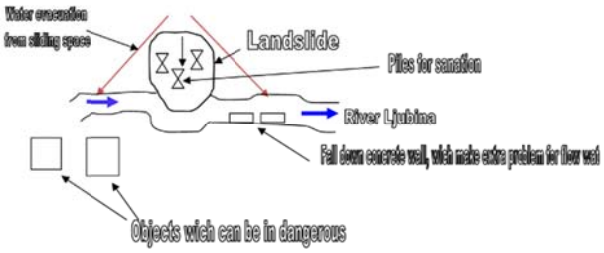


Fig. 7 *The Ljubina river as landslide trigger, erosion slope (Nikolic T. 2014, Vogosca)*

On the other hand, if the damp had opened all the settlements below would have been destroyed by a tide wave. In this case the river alone cut soil and made a new flow space, but during the change of flow a few concrete walls collapsed and dropped down in the river, which made the water flow even more difficult. As the water was penetrating, the problem was getting bigger, so it was ordered to clean the river channel, remove walls from the river, evacuate surface water from sliding areas and stabilise the slope by a few piles as shown in Scheme 7. Those were proposals for urgent actions but if a long-term solution is to be found a hull of armoured concrete should be made around this part of the river, which would make the sides of the riverbed stable for a longer period.

Fig. 8 A *damaged barn with dangerous access because mine contemned soil moved the slope down (Nikolic T. 2014, Vogosca)*

As seen in Figure 8. some properties were very close to mine contaminated areas remaining after the last war in Bosnia. Soil movements relocated mines making access to such areas impossible before mine experts clean them. In the first moment, a solution was just to evacuate the people from the nearby houses, which were just a few meters down from the barn and to let them return once the area is declared safe. There was double danger here - landslide movements and a possibility of mine explosion during soil movements.

Fig. 9 *Mud flow (Nikolic T. 2014, Vogosca)*

Figure 9. presents a typical sample of mud flow. As found out from the local people, this movement happened so fast, in a couple of

seconds. The situation in the field was the following: After the last war on the top of hill some military trenches remained. Due to possible mine threats, nobody tried to enter that area before this natural disaster. Due to heavy rainfall, the trenches filled with water creating a small lake and continuously lubricated soil until before moment when the safety factor of slope and traction became so low to keep soil on the hill, causing a large soil deposit to cut down. The biggest landslide was formed in the settlement of Svrake, Figure 10.

Fig. 10 *Svrake landslide - seven properties were destroyed (Nikolic T. 2014, Vogosca)*

Luckily, due to the topography of terrain that soil stopped a few meters from the houses. During our intervention, we suggested covering of the channel on the top, as the first step by water proof nylons and later to drain water from the top from the unstable slope.

Figure 11. presents a soil cut on the Svrake landslide made to find a sliding line and give instructions about the drain system and how deep the piles should go. As it can be seen, at the depth of 2.5 m water was found as well as grey-green clay above the stable rocks. It was decided to go with piles 1 m inside the stable soil, with zig-zag method, and at the same time to make drain over the slope to evacuate water from soil. Unfortunately, many houses were already damaged and it was not possible to turn back time and prevent the present damage but with this intervention the properties located below the slope were saved where a threat of the landslide located above also existed.

Fig. 11 *Svrake landslide, where the soil was cut to find a sliding line, with profile piles in the corner (Nikolic T. 2014, Vogosca)*

Figure 12. shows a wrong water evacuation system over the slope. Unfortunately, it can be said that 80 % of sliding triggers could have been avoided, but the human impact made it much worst. Here are presented only some cases where the local population did not care about safe evacuation of water from the slopes, where they just put pipes with water down the slope or did not evacuate water from the roofs properly and in that way triggered landslides below their houses. There were a number of similar cases which is the reason why it is important to mention them.

Fig. 12 *One of the samples of wrong water evacuation systems, triggering slope destabilization below the house – human factor (Nikolic T. 2014, Vogosca)*

CONCLUSION

Having analysed the experience of Bosnia and Herzegovina during the May 2014 floods it may be concluded that the country was not ready to cope with larger-scale disasters. In addition, the following conclusions and recommendations may be made:

- Responsible institutions should do much more on the flood and landslide

prevention (slope stabilization, river hull building, surface water evacuation in the case of heavy rainfall),
- Responsible institutions should monitor weather conditions and have adequate alarm systems in place enabling timely warning and evacuation,
- Relevant institutions should be properly equipped and develop adequate emergency response plans,
- Education and training of citizens, students and local municipality personnel on how to behave in emergency situations such as floods and landslides, what to do, who to alarm for evacuation would reduce casualties and property damage. That type of education should be included in schools, factories and/or institutions as it would improve emergency response and mitigate possible consequences.

REFERENCES

Bosnia and Herzegovina, Federation of Bosnia and Herzegovina 2005, Evaluation vulnerability Federation of Bosnia and Herzegovina from natural and other disaster.

Bronnimann C. S. 2011, Effect of groundwater on landslide triggering, Lausanne, Suisse.

Crosta G. B., P. Frattini 2003, Distributed modelling of shallow triggered by intense rainfall, https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00299004.

Flood picture from Doboj town, www.depo.ba,

Geological map, Geological institute Zvornik, Ministry of Civil Affairs of Bosnia and Herzegovina. http://www.wbalkanseismicmaps.org.

Matsushi and Matsukura, 2007. Mechanisms of shallow landslides on soil-mantled hillslopes with permeable and impermeable bedrocks in the Boso Peninsula, Japan

Ministry of Security of Bosnia and Herzegovina, NATO, OSCE, DEMA and Save the children, 2010, The appraisal hazard Bosnia and Herzegovina from natural and other adversity.

Nikolic T. 2014, Geological field diary from Vogosca municipality.

Nikolic T., Kasupovic I., 2010. Engineering geology properties of landslide Suljakovici near Maglaj town, Mine-geology publication, Croatian mine-geology association Mostar, Tomislavgrad/BIH, ISSN 1840-0299, No. 14, pp 41-49.

Van Asch, T.W.J., Buma, J. & van Beek, L.P.H. 1999. A view on some hydrological triggering systems in landslides. Geomorphology, 30(1-2): 25-32.

Varnes D. J. 1978, Slope movement types and processes, In: Schuster R. L. & Krizek R. J. Ed., Landslides, analysis and control. Transportation Research Board Sp. Rep. No. 176, Nat. Acad. oi Sciences, pp. 11–33.

Web site: http://www.esri.com/services/disaster-response/floods/southeast-europe-flood-impact-summary;

ENGINEERING GEOLOGICAL MODEL OF LANSLIDE DRAGODAN

Željko Miklin, Kosta Urumović, Josip Terzić, Josip Halamić, Tomislav Novosel

Croatian Geological Survey
zmiklin@hgi-cgs.hr; kurumovic@hgi-cgs.hr; jterzic@hgi-cgs.hr; jhalamic@hgi-cgs.hr; tnovosel@hgi-cgs.hr

Abstract
Landslide Dragodan is situated in the area of settlement Arbëria in Prishtina, the capital of Republic of Kosovo. Arbëria is a newly developed settlement and has become a residential area of Prishtina. But, beautiful view often comes with a high risk of slope instabilities. Until the year 2008 it was prohibited to build residential objects on Arbëria slope. After the declaration of independence of Republic of Kosovo, construction works boomed. Along with other parts of Prishtina, Arbëria slope, attractive for its beautiful view on the Prishtina city center, was heavily misurbanised. 21 big residential buildings were built on the slope, but some of the basic rules of urbanism have not been followed. Under the new conditions of stress, the Arbëria slope became Arbëria landslide.
In this proceeding, engineering geological model of Arbëria landslide will be presented. Engineering geological solution of Arbëria landslide was developed with implementation of geological and hydrogeological solutions, taking into account extremely complex conditions, namely vide development of sliding surfaces, resulting with high number of separate individual sliding bodies and water bodies. Various engineering geological tools were used in this research, namely engineering geological, geological and hydrogeological mapping, drilling of exploratory boreholes with installation of piezometers and inclinometers and geophysical survey.

Key words: Engineering geological model, Landslide, Hydrogeology, Prishtina, Kosovo

INTRODUCTION

This text presents the survey conducted for program and proposal of remediation of landslide Dragodan. In the project, production of geological, engineering geological and hydrogeological maps of scale M 1:5 000, preparation of detailed engineering geological map of scale M 1:1 000 with corresponding profiles followed, but, due to format limits, are not all presented in this article. According to the research program, instructive sampling of surface samples was conducted from nine trenches. Geological determination of fossils was planned and executed on 20 locations. Geophysical survey was also performed containing longitudinal and transverse profiles, geological settings, description of field work, graphical presentation and interpretation of geoelectric tomography and conclusions.

The goal of this research was a creation of geological, engineering geological and hydrogeological maps of scale M 1:5 000, along with corresponding profiles. Based on this profiles, program and project for remediation of this landslide was defined. Through final result of this mapping, along with one year monitoring of hydrogeological and engineering geological settings, the causes of movement on this landslide were determined and a model of remediation of landslide in settlement Arbëria was given. Four piezometric boreholes were drilled and data of continuous measuring of groundwater level was logged, as well as three inclinometer boreholes, with inclinometers installed.

GEOLOGICAL SETTINGS

The deposits in the wider area of Dragodan (Fig. 2), according to research for geological map 1: 100.000, belong to the Pliocene (PAVIĆ et al., 1981). It is a calcitic sandy clay interlayerd by gravels and sands, and occurrences of lignite deposited in freshwater environments (PAVIĆ et al., 1983). The coal in Kosovo fields was researched by many geologists due to its great economic importance (JENKO, 1947; ĐORĐEVIĆ, 1965; ATANACKOVIĆ, 1959, etc.). Neogene sediments of the studied area belong to the Central Vardar Subzone. It is a part of the Vardar zone which is surrounded by units of Drina-Ivanjica elements and Strezovac Basin (PAVIĆ et al., 1983).

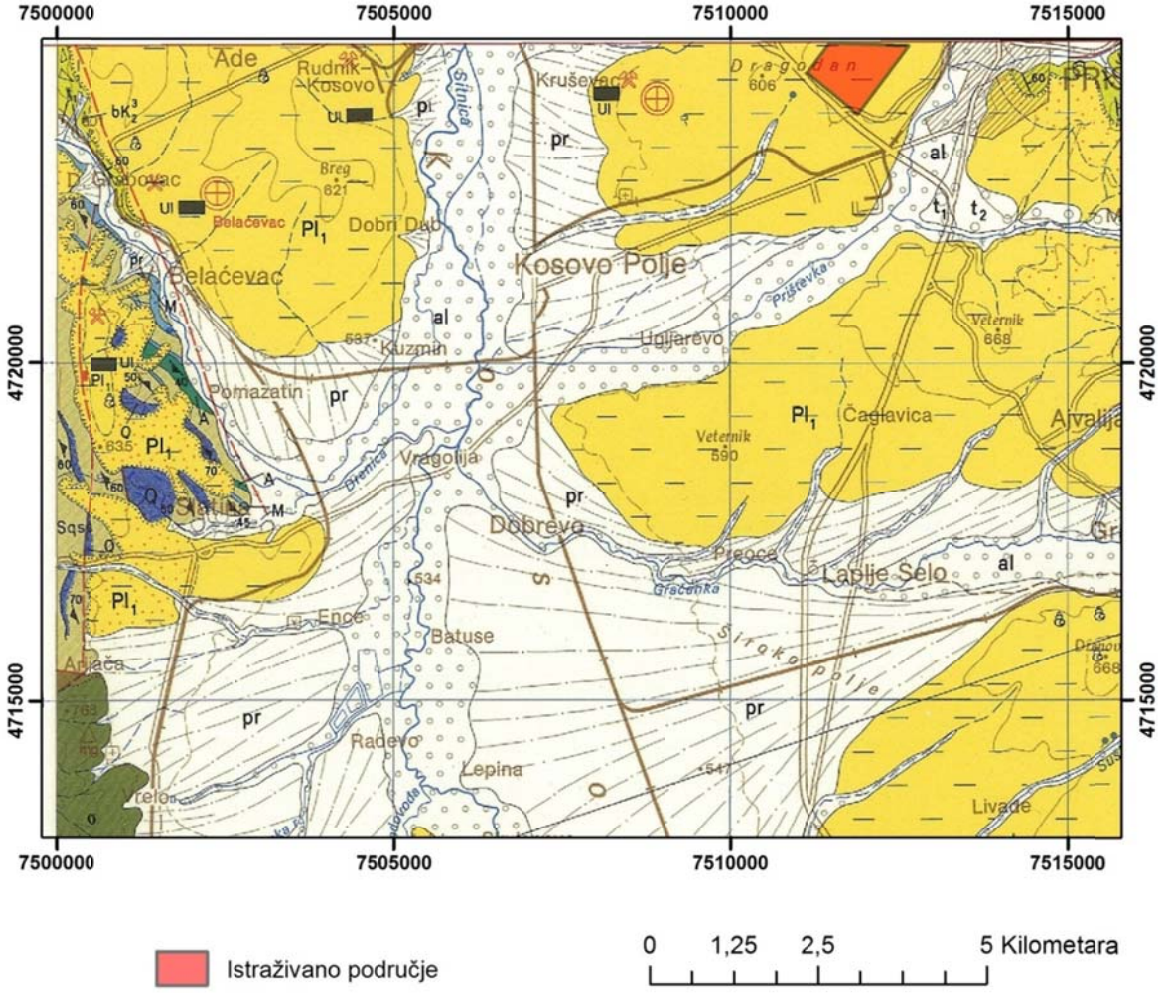


Fig. 1 *The position of the investigated area on the Basic geological map of SFRY, scale 1: 100.000, sheet Uroševac (PAVIĆ, et al., 1981)*

METHODOLOGY

Geological research included different methods: geological mapping, determination of sampled materials from piezometric core drilling, laboratory processing of samples with different analysis and preparation of geological map with geological profiles. Rock samples collected through geological mapping, trenching and core drilling have been submitted for laboratory processing and further analyses. The geological investigations covered the area of 92 ha. Nine trenches were dug, with an average depth of 1.5 m. Three borehole cores were determined in detail. 11 samples were forwarded to the laboratory processing and further analysis: 2 palynological analyses, 3 modal analyses for the light and heavy mineral fractions, one analysis of $CaCO_3$ content, 3 grain size analyses and 3 XRPD analyses.

Geophysical researches were also conducted. The target of geophysical researches was to study the compactness of Quaternary

sediments overlaying the basement rocks, as well as their total thickness, in the area of Arbëria settlement, which has an increased risk for landslides. The required depth of investigation was down to 50 m. The geophysical research was performed with "Real Section" technique, which provides a good vertical and horizontal resolution for the maximum required depth of investigation, in our case 50 - 60 m, with 10 m interval station to station. The measurements were carried out with five or six multiple gradient arrays, starting from AB = 300 m to AB = 50 m.

From hydrogeological point of view, it was necessary to determine pressures and the paths of water. Precipitation is the leading source of water in the slide body, and with intensive water infiltration, leading to local pore water pressure increase and/or matric suction decrease. In expert and scientific (Greco et al., 2013) literature it is stated that this is one of the most common triggers of landslides. Fundamental knowledge about underlying processes affecting this infiltration process, such as macropore and fissure flow, water repellency, soil structure, soil–plant–atmosphere interactions as well as the effects of land use practices (e.g. deforestation, terracing, grazing), has strongly improved in the last decade or so, with a clear focus on more detailed knowledge of hydrogeological process dynamics.

Hydraulic conductivity of samples taken from the borehole core was calculated using relations between grain size distribution and specific surface, e.g. hydraulic conductivity (Urumovic, 2016), confirming previously given conclusions. For completion of this article, the authors have used previously conducted engineering geology and geomechanical surveys (Qorraj Shkelzen, 2011), (Kadiri, 2006.) performed for purpose of remediation of parts of Dragodan landslide.

The correlation of the data obtained in the field marked by field nomenclature or the results of standard penetration tests with the laboratory determined consistency index provides a relatively reliable estimate of the index of consistency even on the basis of simple field test (consistency). In the middle of 2015 three inclinometers for capturing displacements at this landslide were installed. The inclinometers were positioned according to the following description: Inclinometer No.1 was placed about 20 m from the cracks in the head of the landslide. Inclinometer No.2 was placed between the buildings. This is the deepest place of the landslide, thus the inclinometer has the depth of 40 m. Inclinometer No.3 was placed below the lower buildings and above the service street, approximately 30 m above the foot of the landslide.

RESULTS AND DISCUSSION

According to conducted determination and classification of lithostratigraphic units, the Dragodan area is built of non-coherent and weak rocks (soils) of mutually transparent, of Pliocene age. According to USCS - Unified soil classification system (American Society for Testing and Materials), soil is divided into three main subgroups: Coarse (non-coherent) soil, Fine grained (coherent) soil, and High organic soil (Pt).

Geological research revealed that clayey silt to silty clay are the most widespread lithological units on the investigated area (fig. 2). It contains significant occurrence of swelling clay minerals (smectite) which with large amounts of water can cause the slope instability. Interlayers of sand and gravel within the clayey silt to silty clay are aquifers which contain enough water to swell the clay minerals and induce the landslides. In the mineral composition of sand samples minerals from the light mineral fractions are dominant. The most common are quartz and rock particles. In same sample rock particle and feldspar are dominant. Rock particles are represented by schists and cherts. In heavy mineral fraction sample dolomite predominates. In the other samples opaque minerals are predominate in regards to translucent heavy minerals. Garnet is predominating while tourmaline, zircon and rutile is less abundant in all samples. Significant appearance of rock particles and unstable grains like albite in the light mineral fraction indicates that this rock is mineralogically immature. The results of grain size analysis show that all analyzed rocks are very poorly sorted.

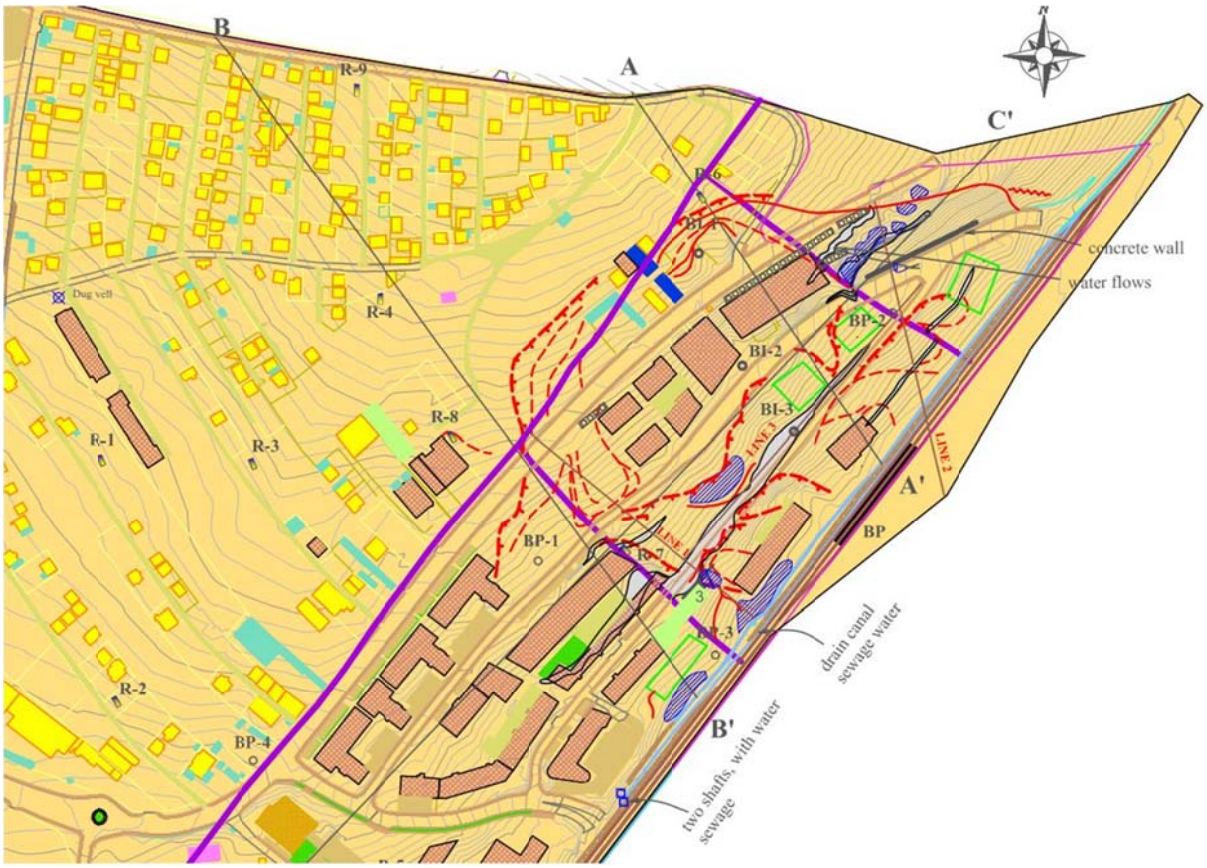
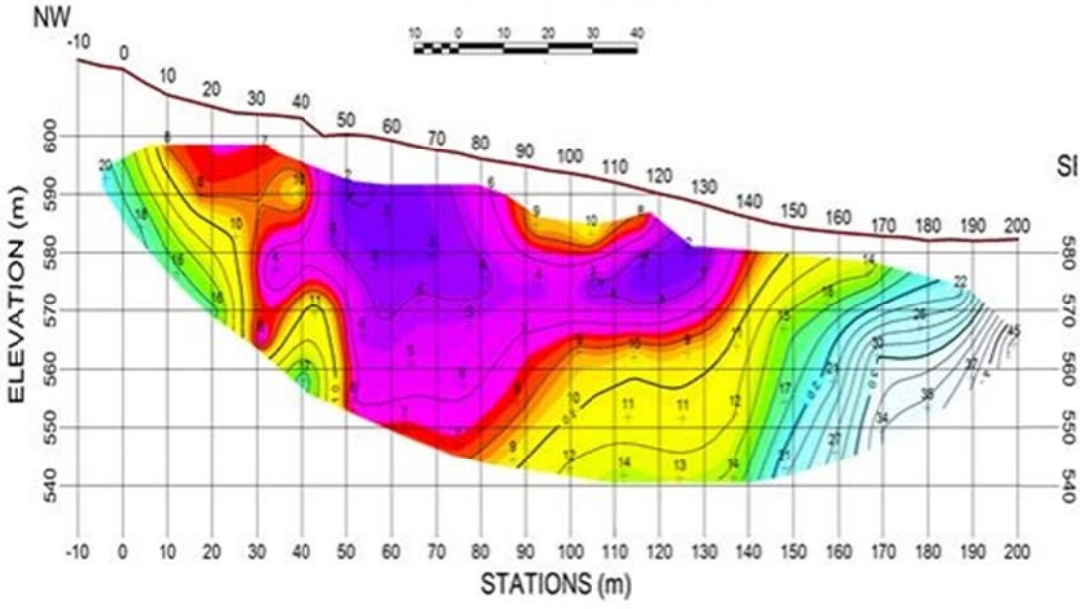


Fig. 2 *Engineering geological map of Arbëria area – Prishtina with hydrogeological elements*

Geophysical survey was also conducted. The Electrical Tomography with Apparent Resistivity "Real Section" technique proved to be efficient in definition of thickness and variations of the unconsolidated Pleistocene sedimentary formations (fig. 3). It was concluded that the unconsolidated sedimentary formations (clay, sand, silt, gravel) continue at depths below 50 m in most of the area. Due to terrain steepness the terrain above these formations is prone to landslides of various amplitudes which should be carefully considered in the development of the urbanistic plan of the area.



Fig

Fig. 3 *Physical Inversion of Resistivity "Real Section", Line 2*

On landslide area, hydrogeological settings are conditioned by morphology and lithology of an area. It was concluded that before urbanization of an area, the slope was in the limited equilibrium state. Groundwater reservoirs are presented by a few layers of sand. Hydrogeological soil layers - both permeable and impermeable horizons - are not parallel to ground surface and that led to a conclusion that there was a sort of natural drainage. Hydraulic conductivity of permeable materials (mostly fine sand, but also some gravel, respectively) was as was expected, ($8,9 \times 10^{-5}$ m/s<K<$1,2 \times 10^{-4}$ m/s). Semi-permeable materials were presented mostly by clayey silt, with ($7,3 \times 10^{-10}$ m/s<K<$7,7 \times 10^{-6}$ m/s) Hydrogeological settings were drastically changed - on the unsafe side - due to landslide activation. Relationships between an infiltration and runoff have also changed drastically in favor of an infiltration. At least eight reservoir layers were determined through hydrogeological mapping of borehole cores. These eight layers, as determined from the borehole core are, most probably, in fact three layers multiply sheared by slide and fault plains.

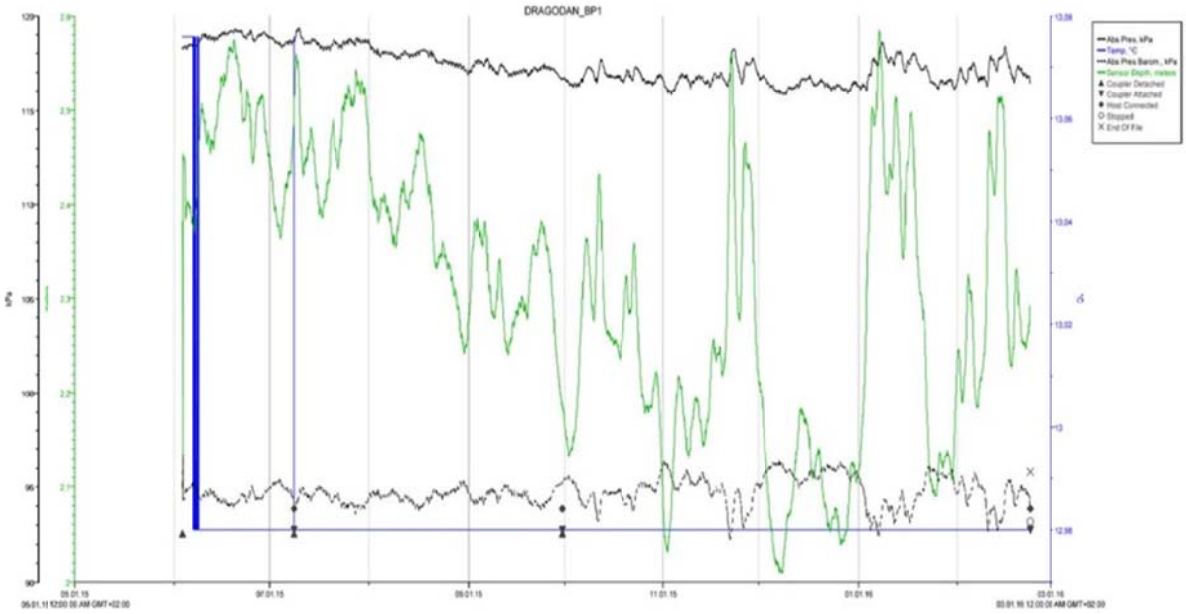


Fig. 4 *Graphical presentation of groundwater level fluctuation in piezometer BP-1.*

Basic element of the landslide was distinguished: recently active initiated moving mass 540 m wide and 270 m long. Landslides have affected hillside of slope inclination 20-30° depending on the observed part. The form of the slope is uniform and linear with natural terraced sections. Landslide is located on bottom of the slopes Arbëria and is part of the global instability of the slope. The slope face is exposed to the southeast (1400), and is almost entirely built by residential buildings. Landslide has extensive form, with a relatively well defined border. Sliding is complex and translational and in relation to the slope is consequent. Landslide is active and old (for many years it is known that it is unstable area) with several sliding surfaces, and the speed of movement is slow. Deformation transverse to the direction of movement of the masses were noted, the most striking is in the forefront of landslide with an open jump of 5m. Deformation along the landslide are visible, and cracks suddenly opened and soon after that the collapse. There are cracks that coincide with the direction of movement of the masses. These are tangential cracks along the edge of the landslide that are bordering the landslide, and radial cracks in the foot of landslide. Bumps in the body of landslide with sliding up in the foot of landslide are

prominent. The most prominent cracks are in the forefront of landslides. In this area buildings have not yet been constructed and cracks are possible to measure, and are perpendicular to the direction of sliding, measured aperture is 30 cm, also cracks a jump of 70 cm.

On the geological map, three lithological units of Pliocene age were determined: clayey silt to silty clay, sand and gravel. The units clayey silt to silty clay are the most widespread units on the studied area, and they were deposited in the proximal part of the freshwater lake basin. Sand appears in the form of interlayers within the unit of clayey silt to silty clay or as interlayers and lenses within the gravel unit. They were deposited in the basinal part of the lake in the prodelta environment or in the delta environment. Gravels are formed in the proximal part of the lake, typical for the delta.

Geological investigations lead to the conclusion that unit of clayey silt to silty clay containing significant amounts of clay minerals, which with large amount of water swell and can lead to the instability of the slope. Beside rainfall, interstitial water in sand and gravel cause the formation of numerous landslides. Due to that facts, in the landslides recovery process will be, beside the other steps, necessarily to drain and discharge water from sand and gravel interlayers.

In analyzed silty clay samples clay minerals predominates. Quartz is found in all samples. Small amount of albite is present in 2 samples. Smectite and illite / muscovite are dominant in the clay fraction, whereas kaolinite is less abundant. It is known that increasing amount of water in soil leads to swelling clay minerals such as smectite. The presence of swelling clay minerals in sediments has influence to instability of slopes.

Palynofacies represents total organic content of any sedimentary rock that contains the remains of aquatic and terrestrial plants as well as animals remains (Combaz, 1964). The depositional environment was interpreted based on the palynofacies and palynomorphs distribution. The quantitative method was used for estimating the proportions of organic particles classified into major groups: amorphous, phytoclast, zooclast and palynomorph group (Tyson, 1995).

The most affected sectors in the surveyed geophysical lines are the ones with lowest electrical resistivity values (below 8 Ohm/m) which represent water saturated clays. The sector from station 150 to station 200 on Line 2 is more stable in terms of landslides not only due to terrain steepness but due to more compact formations, as indicated by higher resistivity values.

One full year of continuous survey of groundwater level with resolution of one hour indicated that all the aquifers captured by piezometer boreholes are hydraulically isolated. Saturation of the aquifer layer is dependent of permeability of covering aquitard, as well as of current status of covering deposits. In this case, the covering deposits are intensively injured because vast areas of cover were removed due to leveling of the terrain for purposes of building construction. Also, no drain is implemented in system, and that is the factor that, along the occurrence of tensile fissures beneath all the roads, acts as a drain shaft for runoff waters. Every surface operation enhances the recharge of water bodies, increasing the level of groundwater. Due to high level of groundwater, higher pressure of groundwater and higher pore pressure in all the layers of the soil.

The drainage of slopes into the landslide body is obvious; water from access roads is dispersedly sprayed along the landslide. Water that recharges the landslide is a result of draining the slopes, but also part of the water from faulty constructed installations cross the landslide from the forehead to the foot of the landslide.

The causes of occurrence of landslide should be sought in the lithological composition of the soil - the unfavorable composition of clay minerals (mostly smectite, illite), the structure of the slope (layers are nearly horizontal), an increase of the groundwater gradient (no drainage channel and "negative wells" that would drain the sliding surface – fig. 5), increasing the inclination of the slope with a load in the top of the slope (the construction of a new buildings with an unknown depth of the foundation). The combination of all these factors resulted in the opening of landslide.

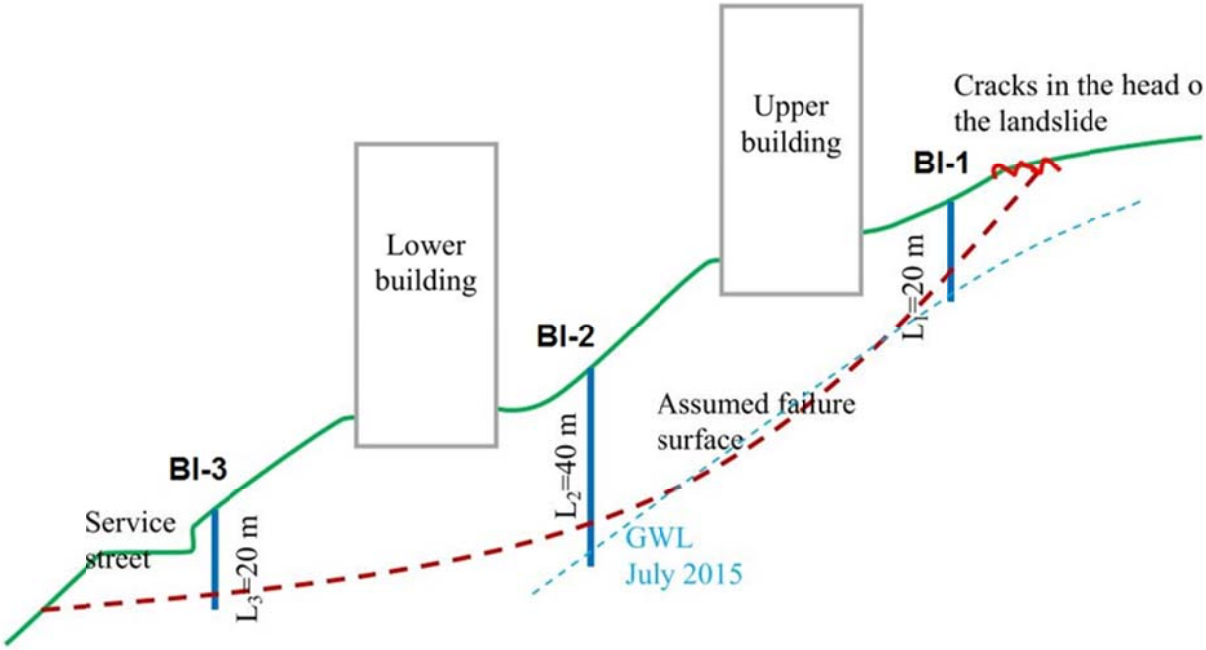


Fig. 5 *Scheme of monitored slope in Dragodan – Prishtina.*

CONCLUSIONS

Geological investigations, with engineering-geological and hydrogeological studies are the basis for the development of working programs and projects of landslides recovery in the settlement Arbëria (Prishtina, Republic of Kosovo). Firstly, the geological map with profiles was made, and then based on it hydrogeological and engineering geological maps were made. The interpretation of these maps and further hydrogeological and engineering geological measurements and investigations offered a model of landslides recovery. Conclusively, there are more than a few water bodies in this landslide. These water bodies react on water mass boost totally individually. If this landslide was observed as a single hydrogeological system, the conclusion would be that the water table does not follow the ground surface line, from confirmed depth of cca 3,0 m up to the depth of up to 20 meters in the foothill. Correlation of GWL with rainfall data was not possible to be performed. Logging data from borehole BP-4 indicate that the upper, subsurface aquifer communicates with surface water and rainfall, and that conclusion was confirmed with groundwater levels in nearby dug well at the top of the slide. Other piezometers groundwater levels do not show any correlativity with each other nor with local precipitation data. Additionally, targeted perennial vegetation, such as tree belts oriented across-slope, have the potential to harvest and use excess water running from higher ground. Such a strategy might result in benefits from reduced waterlogging. After one year period of landslide monitoring it was concluded that this is a case of very complexed sliding with multiple sliding surfaces. Sliding surfaces are determined approximately on depth of 3, 10, and 15 meters. The deepest sliding surface is determined on depth of 18 meters. Since, up to now, no devastation of residential structures occurred, further stagnation of actions would probably result with a permanent damage of very valuable structures. The first step would be to evacuate surface water away from the slope by constructing controlled surface drainage system of all the public areas (roads, streets, squares and non-urbanized areas) and removing the water from the landslide body.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was conducted within the project RESEARCH FOR "PROGRAM AND PROJECT FOR LANDSLIDES RECOVERY IN THE SETTLEMENT "**ARBËRIA**" IN PRISHTINA (REPUBLIC OF KOSOVO)" CONTRACT nr.: 616 14 227 225 from 05. 05. 2015 between Croatian geological survey and Municipality of Prishtina.

REFERENCES

Classification of Soils for Engineering Purposes: Annual Book of ASTM Standards, D 2487-83, 04.08, American Society for Testing and Materials, 1985, pp. 395–408

Combaz, A. (1964): Les palynofacies.- Rev. Micropaleontologie, 7/3, 205-218, Paris.

Greco, R., Comegna, L., Damiano, E., Guida, A., Olivares, L., and Picarelli, L.: Hydrological modelling of a slope covered with shallow pyroclastic deposits from field monitoring data, Hydrol. Earth Syst. Sci., 17, 4001-4013, doi:10.5194/hess-17-4001-2013, 2013.

Kadiri, Q (2006): Hulumitet gjeoteknike dhe gjeofizike ne lokacionin „Arberia-3“Ne Prishtine , Kosove

Miklin et al. (2016): Report on geological, engineering geological, hydrogeological, geophysical and geomechanical research -

Research for “program and project for landslides recovery in the settlement "Arbëria" in Prishtina (Republic of Kosovo)”, report, 74p, Croatian geological survey, Zagreb

Pavić, A., Menković, Lj. & Koščal, M. (1981): Osnovna geološka karta SFRJ, list Uroševac 1:100.000.- oour Geološki institut, Beograd, Savezni geol. zavod, Beograd.

Pavić, A., Menković, Lj. & Koščal, M. (1983): Tumač osnovne geološke karte SFRJ za list Varaždin 1:100.000, l 33-69.- Inst. geol. istraživanja, Zagreb, Savezni geol. zavod, Beograd, 75 str., Beograd.

Qorraj Shkelzen (2011): Sanimi i rrafshit rreshqites ne lagjen Arberia. Prishtine

Tyson, R.V. (1995): Sedimentary Organic Matter. Organic Facies and Palynofacies.- Chapman and Hall, London, 615 str.

Urumovic, K. and Urumovic, Sr.,K (2016):The referential grain size and effective porosity in the Kozeny-Carman model. Hydrol. Earth Syst. Sc., 20, 1669-1680

REMEDIATION OF SMALL LANDSLIDES AS EMERGENCY MEASURES FOR THE PRESERVATION OF STABILITY OF THE TERRAIN

[1]Nedjo Djuric, [2]Dijana Djuric

[1]Technical institute Bijeljina, Bosnia and Herzegovina, email. nedjo@tehnicki-institut.com
[2] Faculty of geography Belgrade, Serbia, email. dijana_bn@hotmail.com

Abstract
Landslides as a phenomenon are present on the slopes as a result of spontaneous or anthropogenic processes. Previously greater significance had elemental processes, while with intensive engineering activities in the field, more and more are present anthropogenic processes. Elemental processes mainly operated slowly and are related to weather conditions during the year. Anthropogenic processes have accelerated possible elemental process during engineering activities and degradation of the natural balance. Weather changes, which are often called climate changes with an increased volume of rainfall during the year, only accelerate the development of one or another process. In the last three years on the territory of Bosnia and Herzegovina occurred excessive rainfall, especially in 2014, which resulted in the emergence of several thousand of landslides of different sizes. There are so many of them that we cannot even keep track, let alone recover and bring back the earlier purpose to the terrain. The result of the emergence of a large number of landslides is insufficient exploration of the terrain during the construction of facilities, poor construction and maintenance of facilities during exploitation. Period of the last twenty years, is a period characterized by quick construction of facilities, which we call "modern construction", whose results are seen with the first weather changes. Damages on the objects are in such proportion that some cannot be recovered or are not economical. A large number of small objects can be recovered with quick measures without prior detailed research and development of project of remediation. Everything is happening quickly during recovery with the increased surveillance on the ground and quick investigative work, and laboratory and proposal of rehabilitation. Subsequently, is carried out a creation of documentary reports of what has been done. Justification of quick repairs is related to the smaller individual facilities, roads, water pipes and all parts of the terrain which are vulnerable and prevent the normal functioning of the life and work of the local population.

Key words: *landslides, quick recovery, elemental and* anthropogenic *processes*

INTRODUCTION

Large number of landslides that occurred after floods in May 2014, but also in the following two years have placed this issue in a priority of solving. Landslides occurred to the extent that they cannot be fully remediated, but there is no need for that. Terrains of Bosnia and Herzegovina and Serbia, are the most affected by these phenomena and processes that the result of it have left significant effects on infrastructure, economic and other types of facilities.

Landslides in Bosnia and Herzegovina appeared to such extent that it is difficult to register them all. During 2014, there was an attempt of registering and classifying landslides by nature in relation to the vulnerability of buildings, and to what extent are they a result of spontaneous processes or anthropogenic processes. While registering landslides, at the beginning of 2015, a year after some intensive rainfalls of March, appeared new landslides, some of which are significantly larger and with larger consequences compared to those in previous year. Such trend continued into early 2016, so further registration of landslides was abandoned, except for those that endanger the significant objects.

The reasons for the occurrence of large number of landslides, especially along the traffic roads, and mainly in the area of modernization of roads in recent years, have been analyzed and will be analyzed in the future, but it all comes down to inadequate approach to construction or revitalization of objects and their maintenance during exploitation [1,2]. Since these are the objects of importance for the normal functioning of the population, it was approached to their remediation. Larger landslides require more complex approach of solving, while smaller landslides in certain places have a greater importance and require faster solution. For them neither is necessary nor there is time for detailed research, but are applied rapid remediation measures, which mainly produce positive effects.

THE TYPICAL SMALL LANDSLIDES

To allocate small landslides by nature is much more difficult than larger landslides. There are many of them, several thousands, and each for itself have some importance, except those that are the result of spontaneous processes in inaccessible parts of the terrain. Such landslides are not registered and is likely they will remain unnoticed in the future, since in some time they will calm down. Some of them will be activated or just register if the terrain on which are located is of interest to engineering activities, ie if it is brought to a certain purpose.

As part of one of the projects of UNDP it was accessed to a research and rehabilitation of landslides, which are important primarily for resolving infrastructure important for the local population [3,4,5]. Larger landslides were made by harmonized procedure, while for smaller landslides were made rapid remediation measures, ie experiential measures, which are simplified but give quick effects. Most of these landslides are related to the roads of regional and local character.

Landslides on local road, Petrovo municipality

They can be called rockslides on the road, by the character of the running rock mass and piled up material. The first is located on the right side of the local asphalt road Petrovo - Porjecina and further continues to establish a connection with the regional road Doboj - Tuzla. It connects several villages, and along the asphalt road are also infrastructure installations. Alongside the road passes a stream, which is occasionally of torrential character and threatens the road along the route.

Stream on the right side of the road is not regulated, leading to eroding of material during major rainfall. Riverbed of the stream is stable and does not deepen considering the character of the rock, but with the increased supply of water its shore or its lower part erodes, which pulls crumbling and collapsing of piled up material, and affects the asphalt road.

Part of the bridge has remained stable, but are mostly damaged parts of the route in steep

During mentioned precipitation an overflowed brook has undermined the structure of the material at bank of the stream, which led to its movement, and caught and filled material located in the base of the asphalt road. All the material was running towards the stream, a portion was carried away, and a larger part remained on the coast and partly narrowed its riverbed, slowing down the flow of water, figure 1. Escarpment is vertical in part of the tearing off edge of the asphalt, height of 4.0 m and is going to the bottom of the streambed. The width of the landslide is 15 m, and the length is 6.0 m. Above the asphalt road is a steep section that is stable.

Rapid remediation measures included the regulation of the riverbed on both coasts in length greater than the affected damaged road. Previously, the investigative excavations defined the character of the rocks in the lower part of the coastal side of the riverbed and concluded that they were hard sandstones, which are not subject to destruction of water energy. Riverbed was done with a coast inclination to meet the faster speeds of movement of water. The coastal area between the road and the stream was made with bank, which meets the requirements of construction of embankments along the roads [6,7,8]. In the lower part stream is corrected and foundation level of local bridge in a stable surface is placed. On the left side of the road between the steep section and the route, is a circumferential channel for the admission of surface waters that are drained through culverts in the local stream.

Another damage of the same road is a few hundred meters downstream from the above stream, which has curving movement. Passes on both sides of the road, over which are placed a few small bridges. The terrain in part of the bridge has remained stable, but are mostly damaged parts of the route in steep slopes towards the stream or the earlier badly built supporting constructions.

Another damage of the same road is a few hundred meters downstream from the above stream, which has curving movement. Passes on both sides of the road, over which are placed a few small bridges. The terrain in slopes towards the stream or the earlier badly built supporting constructions.

Fig. 1 *Tear off and the undermined part of the embankment of the asphalt road*

Local road was damaged because of tearing off the retaining wall that protected the road from the stream. The wall was on the left side of the road from the direction of Petrovo. Length of tearing off, or damage of the wall is 15 m, and the height is 3.0 m. The wall has been separated completely from its foundation level and broken into three (3) sections, which fell into the stream. Subsequently, they were built to protect the road from further collapsing of the material below the asphalt, figure 2.

Fig. 2 *Appearance of damaged retaining wall*

During the flood water washed out clay sediments and filled material at the height from the stream to the asphalt. There was no tearing off the asphalt, but still it is not safe to move on the traffic lane which is closed. At the bottom of the streambed, there is a concrete foundation level from which aconcrete lamellas were torn.

Remediation measures primarily required arranging of the left and right bank along the route and the creation of conditions for steady movement of water. Concrete foundation made earlier for a retaining wall is stable, but is badly connected with retaining wall that is specifically built. The impression is that the retaining wall was built with interruptions, ie in lamellas, which were separated by vertical line. There are no other deformations on them. Extended is the foundation level and continuously builts a retaining wall. On the other side of asphalt road was made a drainage channel for the admission of surface water. All activities regarding remediation are made by local people under the supervision of professional staff.

Landslide between local and regional road, Lopare municipality

It is located on the right side of the regional road Brcko - Tuzla in the village Piperi. Above landslides passes a road to the local village. Regional road was done in the eighties, in order to improve the quality of the existing road, which was built by Austro-Hungarian at the end of the XIX century. Revitalization of the road demanded its expansion and

harmonization with the former standards of construction, which are not much different today. As the road route passed on the part of the terrain that is difficult to overcome, it was approached to its relocation with the justification that the road traffic would pass at more stable part of the terrain. On the new part of the route were also present conditionally stable or unstable parts of the terrain, but they were repaired before the construction to the extent that they do not endanger the stability of the terrain and road safety.

Over time, the route of the roads has not been adequately maintained, especially in the remediated terrains who had previously represented conditionally stable or unstable slopes. The May precipitation were to the extent that they undermined the former equilibrium state of the slope, which manifested more in the hinterland, to the local road, endangering fertile agricultural land, individual objects and local road, figure 3. The whole slope of regional and local road in length of about 0.5 km and the surface of about 5 hectares is wavy and unstable. It does not endanger regional road, but is constantly a potential danger. Earlier remediation of the slopes during road construction still maintains its stability in the lower part, but in the hinterland its stability is undermined to the extent that it may threaten the current stability.

Looking at the whole occurred problem and the opportunities that are available, it was approached only to the protection of objects and local roads in the upper part of the slope, as the regional road in the lower part of the slope was not endangered. Remediation of this part of the slope indirectly protects the lower part of the slope, because it stops the pressure on it.

Fig. 3 *Frontal landslide scar below the objects and local road*

Rapid remediation measures included the pre-engineering and geological mapping of the terrain between the two roads, and based on that are proposed remedial measures. During the development of the drainage trenches their opening profiles were mapped, glide plane was determined, and samples were taken for laboratory tests whose results are given as a contribution to the report on the remediation.

Remediation of terrain was carried out by creating drainage channels type "Y" with the revision shaft on the channel rays. The depth of the channel is about 4.0 m, with a depth of revision shaft of 6.0 m. Drainage channels and revision shaft are filled in with layers of gravel, granulation up to 10.0 cm, and then coarse round stones from 10.0 to 50.0 cm, filled with fine-grained fraction of gravel between the stone. Over these materials is set buffer layer of clay to prevent the infiltration of surface water.

The drainage system has a role to stabilize the slope, but also to accept the groundwater and quickly brings it to the hypsometrically lower parts of terrain, where it drains out through channels from unstable parts of the slope. Part of the slope is leveled for faster departure of surface waters and around the repaired part of the landslide are made circumferential channels for the admission of surface waters and their directing and drainage outside the unstable parts of the slope. Implemented measures have proved successful, while the objects located directly above the forehead landslides are safe.

Landslide above individual objects, Srebrenik municipality

One smaller village is located on a slope that is all in slow motion. Each object up it the slope endangers object under it. Between them is a whole network of retaining walls, channels that suppresses each other, but also stabilizes. Simply, this is a system that actually works and is maintained. Minor damages are remedied to the emergence of new and so life goes on.

The last objects remained alone and vulnerable from the launch of the rock mass from the remaining part of the slope, figure 4. Constructed retaining walls are not enough to stop the movement of the rock mass, mainly after every major rainfall. Landslide is located on a slope in the blanket that was built from loamy clay. The width of the landslide is 20 m, and length is 50 m, and directly endangers 2 objects. Among the facilities and landslides at a distance of 2.0 m, is a small retaining wall, height of 1.0 m. The wall resist the pressures of the soil, but running mass passes over it and comes to objects in soggy condition.

Slope is completely bare, with no secondary characteristic scars on the body of a landslide. Frontal scar is the size of 0.8 m. Above the scar at a distance of 15 m is an object that is not threatened. There is a possibility of landslides development in the hinterland, which would lead to the endangerment of this object.

Fig. 4 *Retaining wall in the lower part of the landslide and the object above the frontal scar*

Remediation measures included unloading of the slope by removing initiated rock mass, its conduct, and creating drainage channel above the retaining wall for the acceptance of surface water which is further taken to the outside part of the unstable slope. It is a done smaller roof drainage of broken stone and a finer granulation of gravel, all the way to the frontal scar for acceptance of groundwater and stabilization of massif. Above the frontal scar and around on contour of landslides was made circumferential channel for admission of the surface waters and their transfer to hypsometrically lower parts of the slopes outside unstable parts.

By stabilizing this part of the slope, in addition to the above two objects is also protected an object on top of the slope from eventual possibilities of its endangerment due to the development of landslides in the hinterland.

CONCLUSION

This paper aims to make draw attention to the quality of construction of all types of objects, but also the participation of local people or local community in the rapid resolution of such problems, which do not require huge investments in remediation. Thus reduces the time needed for remediation and prevents further damage to objects, and sometimes unnecessary investment for the project documentation. The work does not promote the avoidance of project documentation, but rapid resolution of problems that are of interest to the local population, and for which are necessary simple solutions and small funds.

We live in a time of developed infrastructure, construction companies and skilled staff who has extensive experience in building various types of objects. On the other hand, are created major barriers around the procedure for obtaining permits for any type of construction

or remediation of objects. How to harmonize all that in time that comes unexpectedly and leaves such consequences that endanger a large number of the population and objects? These examples are just some that were done in the past, and there were dozens. All that we observe like a modern small landslides, seeking modern rapid remediation. Complex problems require a different approach.

REFERENCES

[1] Đurić N. (2015). Klizišta kao posljedica višednevnih majskih poplava 2014. – da li je tako moralo biti ???. Banja Luka. Naučni skup sa međunarodnim učešćem "Klizišta u Republici Srpskoj kao posljedica višednevnih padavina u maju 2014". Akademija nauka i umjetnosti Republike Srpske. Naučni skupovi, knjiga XXXVII, Odjeljenje prorodno–matematičkih i tehničkih nauka, knjiga 28, str. 15–37.

[2] Đurić N. (2014). Klizišta u Republici Srpskoj nastala tokom intenzivnih padavina 2014. godine. Fond stručne dokumentacije. Tehnički institut Bijeljina, Bijeljina..

[3] Đurić N. (2014). Škripić N., Alihodžić M. Pregled utjicaja i rizika od poplava i aktivnih klizišta. Izvještaj za UNDP BiH, Sarajevo.

[4] Đurić N. (2015). Kratak pregled nekih klizišta u Republici Srpskoj nastala duž trase puteva tokom majskih padavina 2014. Srebrenica. I Rudarsko–geološki forum "Stanje i dalji pravci razvoja sa posebnim osvrtom na privatizaciju, koncesionarstvo i legislativu", str. 105–111.

[5] Đurić N., Bešević M., Đurić D., Prokić A., Kukaras D. (2015). Causes and Consequences of Certain Landslides in Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina. Prag. World Multidisciplinary Earth Sciences Symposium, WMESS 2015. Procesia Earth and Planetary Science 15, pp. 159–164. www.sciencedirect.com

[6] Ćulibrk S. R. (1996). Geotehnički radovi u niskogradnji. Građevinski fakultet, Rudarsko-geološki fakultet. Subotica, Beograd.

[7] Najdanović N., Obradović R. (1979). Mehanika tla u inženjerskoj praksi. Beograd, Rudarski institut.

[8] Nonveiler E. (1987). Kliženje i stabilizcija kosina, Školska knjiga, Zagreb.

POTOŠKA PLANINA LANDSLIDE (NW SLOVENIA)

Tina Peternel and Marko Komac

Geological Survey of Slovenia,
Dimičeva ulica 14, SI-1000 Ljubljana, Slovenia
tina.peternel@geo-zs.si

Abstract
Slope mass movements of different types present the most common local geohazard problem in Slovenia due to steep slope terrain and unfavorable geological and tectonic conditions. Landslide susceptibility map at the national level (at a scale of 1:250.000) show that one-third of Slovenian territory is highly susceptible to landslides.
The Potoška planina landslide is located in NW Slovenia in the Karavanke mountain ridge. It lies above the village Koroška Bela on the outskirt of town Jesenice. The landslide is formed at the tectonic contact between between Upper Carboniferous and Permian clastic rocks and Upper Triassic to Lower Jurassic carbonate rocks. The estimated volume of sliding mass is above 1.8 x 10^6 m^3.
The area of Potoška planina landslide is subjected to different slope mass movements. The upper part of landslide is prone to rockfalls and rockslides, meanwhile the main body is presumed to be deep-seated creeping landslide. The strong activity of landslide is characterized with hummocky terrain, curved trees, scarps, seepages on the surface as well as the common deformation of local road.
In order to understand the specific sliding process the monitoring system using flexible and reliable monitoring methods was applied. According to different types of slope mass movements and displacement velocities of the Potoška planina landslide we applied different types of geodetic techniques. The dynamic of toe of the landslide have been observed from July 2013 using two different and independent survey techniques, UAV photogrammetry and the tachymetric geodetic measurements. From July 2014, the upper part of landslide (at its minor scarp) has been investigated using terrestrial laser scanner (TLS). The aim of the periodic monitoring is to provide spatial and temporal measurements of the landslide displacements and to ensure the continued assessment of the landslide activity.

Key words: Slovenia, Potoška planina, landslide, monitoring, UAV photogrammetry, terrestrial laser scanner

INTRODUCTION

Slope mass movements of different types present the most common local geohazard problem in Slovenia due to morphology and unfavourable geological and tectonic conditions (Komac, 2012). General maps of landslide and debris-flow susceptibility at the national level (at a scale of 1:250 000) show that almost one-fifth of Slovenia's population lives in areas that are highly susceptible to slope mass movements (Komac et al. 2006; Komac et al. 2009; Komac 2012). The majority of landslide are smaller earth slides and earth slips to the order of 1000 to 10 000 m^3 (Logar et al., 2005)
In the last decade, four large landslides with a volume in the range of 1x10^6 m^3 occurred. One of them, the Stože landslide occurred in November 2010, above the village Log pod Mangartom in NW Slovenia, caused seven casualties and destroyed residential and farm buildings (Majes, 2000/2001; Petkovšek, 2000/2001; Mikoš 2011). Observations of the dynamics of large landslides were very rare till this catastrophic event in 2010, but have started to intensify later.
This paper presents the observation of dynamic of Potoška Planina landslide that is situated in the Karavanke mountain ridge. The dynamics of Potoška planina landslide have been observed using different and independent survey techniques, UAV (unmanned aerial vehicle) photogrammetry, terrestrial laser scanner (TLS) and the tachymetric geodetic measurements.

GEOGRAPHICAL LOCATION

The Potoška Planina landslide is located in the Karavanke mountain ridge (north-western Slovenia), above the settlement Koroška Bela (Fig. 1).
It lies between an elevation of 1375 m at the main scarp and 1125-1130 m at the toe. The landslide is characterized by medium-high topographic gradient ranging from 30° to 70°. It covers an area of approximately 250 m × 500 m, with an estimated average depth of 10 m and an estimated volume of the sliding mass of 1.8 million m^3 (Jež et al. 2008).

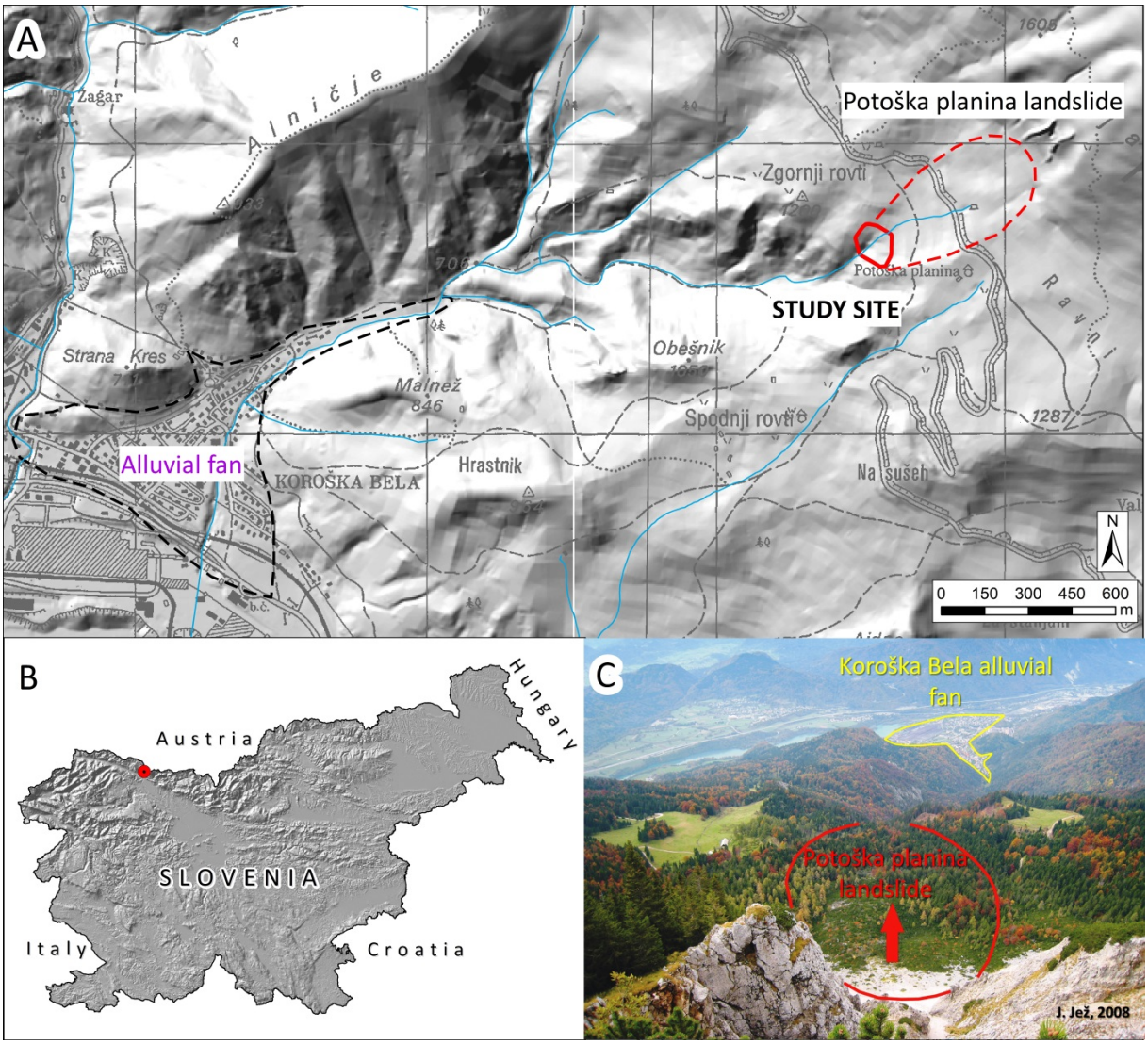


Fig. 1 *Location of the Potoška Planina landslide (dashed red line) and location of the study site (solid red line) (adopted by Jež et al. 2008). B: Location of Potoška Planina landslide in Slovenia. C: A view from the top of Potoška Planina landslide, looking directly down the slide (solid red line) to the underlying village Koroška Bela (solid yellow line).*

GEOLOGICAL SETTINGS

The broad area of the Potoška Planina landslide has complex geological and tectonic settings. Geological units of landslide are mainly formed by heavily deformed Upper Carboniferous and Permian clastic rocks which consist of alternating shale, quartz sandstone and conglomerate. The main scarp

lies in the scree below the vertical slope of limestone. The upper part of the landslide at the foot of the ridge is covered with a large quantity of talus material and slope sediments. Tectonically, the area is characterized by two main fault zones (Sava and Periadriatic fault zones) and is dissected by numerous faults associated with the two main faults (Jež et al. 2008).

Due to its geological and tectonic conditions the Potoška Planina is highly prone to different types of landsliding such as rockslides and runoff of the scree material in the upper part, the main body of the landslide is presumed to be deep-seated slow-motion slide (Jež et al. 2008) and the toe of landslide represents the zone of accumulation and the most active part of the landslide. The activity of Potoška Planina landslide is evidenced by "pistol butt" trees, scarps and wetlands on the surface, as well as the common deformation of local roads.

METHODOLOGY

To understand the specific sliding processes and changes in the surface topography the periodical monitoring of visible surface changes through time had been established using flexible and reliable monitoring methods with applying different high resolution surveys techniques. The selection of the most suitable monitoring techniques, according to different types of slope mass movements and displacement velocities, represents a big challenge, because of the relative difficulty of accessing the site and also because of financial and logistic constraints.

Firstly, the periodical monitoring has been established at the lower part of the Potoška Planina landslide, at its toe, which represents the most active part of the landslide (Fig. 2). The dynamics of toe of the landslide have been observed from July 2013 using two different and independent survey techniques, UAV photogrammetry applying structure-from-motion (SfM) and multi view stereo (MVS) photogrammetric techniques and the tachymetric geodetic measurements.

To verify displacement vectors that were obtained from the UAV photogrammetry and to determine the absolute displacements of the study site, classic tachymetric geodetic measurements were performed simultaneously with UAV data acquisitions.

Fig. 2 *The toe of Potoška Planina landslide which represents the most active part of the landslide.*

Additionally, the upper part of landslide (at its minor scarp) (Fig. 3) has been investigated from July 2014 using terrestrial laser scanner (TLS). The upper part of Potoška Planina landslide covers an area of 300 x 200 m and represent the source area of sliding mass. According to large extant, configuration of the site and with aim to observe elevation and volume changes in the surface topography, scanning of the main scarp of the Potoška Planina landslide have been performed using terrestrial laser scanner (TLS) in different acquisition periods. To evaluate the accuracy of the point clouds obtained with TLS, the datasets were compared against the UAV photogrammetry taken at the same time.

Fig. 3 *The upper part of the Potoška planina landslide is subjected to rockfalls and runoff of scree material.*

The purpose of the periodic monitoring is to provide spatial and temporal measurements of the landslide displacements and to ensure the continued assessment of the landslide activity. In the future, the periodical monitoring of the Potoška Planina landslide will be continued using presented techniques, and sufficient data

will be provided for the assessment of the behavior and dynamics of the landslide movements in the study site in relation to precipitation patterns.

RESULTS AND DISCUSSION

Surficial displacement

The dynamics of the toe of the Potoška Planina landslide between the reconnaissance campaigns was observed through the analysis of the UAV-based displacements analysis based on comparisons of the orthophotos from successive acquisitions.

For the analysis, the 2D displacement vectors were derived from the determination of visually identifiable surface features, such as trees, boulders or larger rocks on both images.

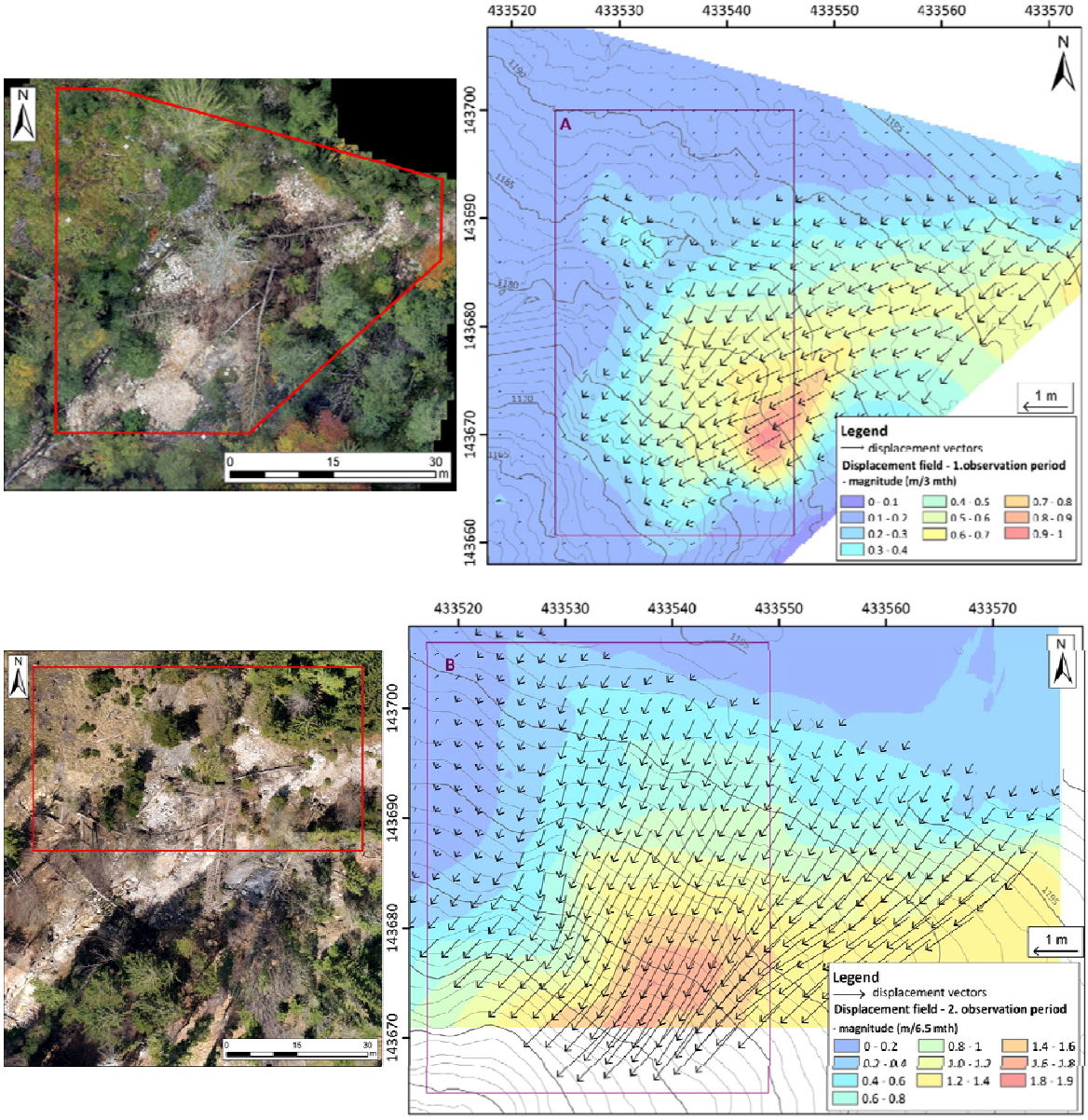


Fig. 4 *Displacements fields at the toe of the Potoška Planina landslide for the 3rd observation period (October 2013 - April 2014; April 2014- October 2014). Displacement vectors are reconstructed by direct visual comparison of orthophotos from October 2013 - April 2014; April 2014- October 2014. Coloured background represents the interpolated magnitude for each observation period. All displacements vectors on images are magnified by a factor of four.*

From all calculated displacement fields, it can be observed that the displacements vectors have a significant downslope motion along a failure surface with a SW dipping. The largest displacements were mainly observed in the middle part of study area where the slope gradient decreases steeply and these displacements are approximately three times

greater than the average displacements rates of the observed part of the landslide body.
Extracting identified displacement vectors to yearly displacement rates (October 2013 – October 2014) shows the average range up to 0.03 to 2.9 m per year for the period of October 2013 to October 2014. The average horizontal velocity of the observed part is 0.7 m per year.

Elevation changes

To examine the elevation change and to evaluate surface changes and estimation of transported volumes between two measurements (June 2014 and June 2015,) the elevations of the first acquisition DEM was subtracted from the second one cell by cell basis.
The result shows that the total area of ablation within the upper part of the landslide is 8153 m^2 (~28% of analyzed area), meanwhile the total area of accumulation is 20771 m^2 (~72% of study site) (Peternel et al., 2016). The dominant ablation was in the middle part of the study area where the elevation had subsided by 0.1 to 0.3 m; meanwhile the sediment accumulation was observed at the foot zones. The assessed volume of the eroded surface material is 1461 m^3 and of the accumulated material is 629 m^3 for the observation period of 1 year (Fig. 5) (Peternel et al., 2016).

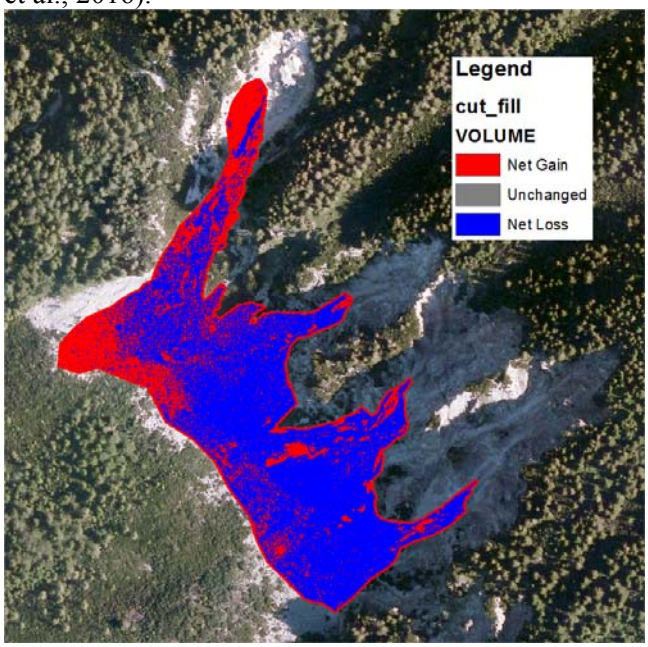


Fig. 5 *Map of erosion and accumulation zones, derived using subtraction of the first acquisition DEM (June 2014) from the second DEM (June 2015) on cell by cell basis.*

CONCLUSION

In this study, the Potoška Planina landslide was observed. The observation of the landslide dynamics is a highly important task in the investigation and monitoring of landslides. To determine the dynamics of the Potoška Planina landslide, it was crucial to observe changes through time such as displacement rates and extent, changes in topography and changes in volume. To estimate the dynamics of the Potoška planina landslide, periodic monitoring was performed using independent surveys techniques, UAV photogrammetry based on SfM-MVS photogrammetric techniques, terrestrial laser scanning and tachymetric measurement. Tachymetric measurements using total station were used to assess the reliability of photogrammetric data and to determine absolute displacements of the study site.
The main purpose of the periodic monitoring is to provide spatial and temporal measurements of the landslide displacements and to ensure the continued assessment of the landslide activity. In the future, the periodical monitoring of the Potoška Planina landslide will be continued using presented techniques for the assessment of the behavior and dynamics of the Potoška planina landslide.
According to the geological and tectonic conditions, historical debris-flow events and past observations of slope (in)stability, the modelling of the dynamics and behavior of the Potoška planina landslide is necessary to assess the hazard levels in the future.

REFERENCES

Logar, J., Fifer Bizjak, K., Kočevar, M., Mikoš, M., Ribičič, M., Majes, B. 2005. History and present state of the Slano Blato landslide. Natural Hazards and Earth System Sciences 5: 447–457.

Jež, J., Mikoš, M., Trajanova, M., Kumelj, Š., Budkovič, T., Bavec, M. 2008. Koroška Bela alluvial fan – The result of the catastrophic slope events (Karavnke Mountains, NW Slovenia). Geologija 51, 2: 219–227.

Komac, M., Ribičič, M. 2006. Landslide susceptibility map of Slovenia at scale 1:250,000, Geologija 49(2): 295–309.

Komac, M., Kumelj, Š., Ribičič, M. 2009. Model dovzetnosti za pojavljanje drobirskih tokov v Sloveniji v merilu 1: 250.000 Geologija 52(1): 87–104.

Komac, M. 2012. Regional landslide susceptibility model using the Monte Carlo approach – the case of Slovenia. Geological Quarterly 56(1): 41–54.

Majes, B. 2000/2001. Analiza plazu in možnosti njegove sanacije. Ujma 14/15: 80–97.

Mikoš, Matjaž. (2011) Public Perception and Stakeholder Involvement in the Crisis Management of

Sediment-Related Disasters and their Mitigation : the Case of the Stože Debris Flow in NW Slovenia, Integr. Environ. Assess. Manag. 7(2), 216–227.

Petkovšek, A. 2000/2001. Geološko geotehnične raziskave plazu Stože. Ujma 14/15: 109–117.

Peternel, T., Urbančič, T., Grigillo, D., Mikoš, M., Komac, M. 2016. Monitoring of the main scarp of the Potoška planina landslide (Karavanke Mountain, NW Slovenia) using terrestrial laser scanning (TLS). In: Koboltschnig, Gernot ed). Living with natural risks : extended abstracts, 13th Congress INTERPRAEVENT, Switzerland May 30 - June 2, 2016, Lucerne, International Research Society INTERPRAEVENT: p.146-147.

САНАЦИЈА НА ОДРОНЕТ ДЕЛ ОД ТУНЕЛ„ПРЕСЕКА“ НА СТАЦ. КМ 20+250, ДЕЛ ОД АВТОПАТ КИЧЕВО-ОХРИД

Моме Милановски, Стојанче Николов, **Антонио Костов**, **Бојан Јаневски**

ГИ МАКЕДОНИЈА, АД Скопје. Моме Милановски, mome.milanovski@gim.com.mk

Абстракт
Во тек на изведбените работи на избивање на тунелот "Пресека" од коридорот 8, автопат Кичево-Охрид, на излезот на левата тунелска цевка помеѓу стац. км 20+240 до 20+250 појавена е нестабилност, т.е. одронување на кровинскиот дел од тунелот, при што на површината од теренот формирана е вдлабнатина со површина од неколку десетици m^2. Санацијата на одронетиот дел од левата тунелска цевка е извршено според Техничкото решение за осигурување на одронетиот дел од тунелот на км 20+250 од јули 2015 година.
По одронувањето во левата тунелска цевка, беше направен увид и потребните теренски истражувања кои се состојат од детално геолошко картирање со цел дефинирање на геолошката градба на теренот, дефинирање на инженерскогеолошките и хидрогеолошките карактеристики на карпестите маси, мерење на ЕП (елементите на пад) на фолијацијата како основен структурен елемент и на застапените пукнатински системи и раседи и констатирање на причините за појава на обрушувањето. Исто така беа земени парчиња од карпестата маса за определување на точкастата јакост.

Клучни зборови: тунел Пресека, одрон, вдлабнатина, истражувања, санација

ВОВЕД

Во тек на изведбените работи на избивање на тунелот "Пресека" од коридорот 8, автопат Кичево-Охрид, на излезот на левата тунелска цевка помеѓу стац. км 20+240 до 20+250 појавена е нестабилност, т.е. одронување на кровинскиот дел од тунелот, при што на површината од теренот формирана е вдлабнатина со површина од неколку десетици m^2. Поради настанатото одронување направен е застој во работата и прекинато е избивањето на левата тунелска цевка. Санацијата на одронетиот дел од левата тунелска цевка е извршено според Техничкото решение за осигурување на одронетиот дел од тунелот на км 20+250 од јули 2015 година.
По одронувањето во левата тунелска цевка, беше направен увид и потребните теренски истражувања кои се состојат од детално геолошко картирање со цел дефинирање на геолошката градба на теренот, дефинирање на инженерскогеолошките и хидрогеолошките карактеристики на карпестите маси, мерење на ЕП (елементите на пад) на фолијацијата како основен структурен елемент и на застапените пукнатински системи и раседи и констатирање на причините за појава на обрушувањето. Исто така беа земени парчиња од карпестата маса за определување на точкастата јакост. Сите истражувања и испитувања имаа за цел обезбедување на доволна база на геотехнички податоци за анализа на стабилноста на ископот и мерки за заштита на косините од одронување за изведба на тунелската цевка на оваа делница. Резултатите од истражувањата и испитувањата, како и направените анализи на стабилноста на ископот се презентирани во овој извештај врз основа на што е изготвено техничко решение за санација на тунелска цевка на делот на појавениот одрон. На сл.1 е прикажан одронетиот дел од тунелот на км. 20+250.

Слика 1.Отвор на површина на теренот над одронетиот дел од левата тунелска цевка на км 20+250

ИСТРАЖНИ РАБОТИ

Истражните работи за дефинирање на постојната проблематика се состоеја во теренски истражувања кои опфаќаа детално картирање на теренот на локацијата на појавената нестабилност со непосредната околина од геолошки, инженерскогеолошки и хидрогеолошки аспект, земање на примероци од карпестата маса за определување на точкастата јакост на масивот, лабораториски испитувања и кабинетска обработка на податоците со изготвување на Извештај во кој се презентирани добиените резултати.

Теренски истражни работи

Геолошко, инженерскогеолошко и хидрогеолошко картирање на теренот

Како основна теренска метода за собирање на податоци на испитуваниот терен е картирањето од сите аспекти геолошки, инженерскогеолошки и хидрогеолошки. Истражувањата се изведени во текот на месец Јули 2015 год., во појас со ширина од 50 m во пречник, околу одронетиот дел. При картирањето на теренот собрани се податоци за геолошката градба на теренот, за инженерскогеолошките и хидрогеолошките карактеристики на литолошките единици, со посебен акцент на структурно-тектонскиот склоп на теренот, регистрирање на застапените раседни структури, пукнатински системи и основниот структурен елемент фолијацијата со мерење на нивните основни елементи. Врз база на спроведеното картирање изготвена е инженерскогеолошка карта на теренот во размер 1:500 (прилог бр. 1), на која е прикажан геолошкиот склоп на теренот и нанесени регистрираните структурни еклементи.

Лабораториски испитувања

Од карпестата маса зафатена со процесот на обрушување земени се селектирани примероци, на кои се извршени лабораториски испитувања, за дефинирање на јакосно – деформабилните карактеристики.

Според типот на карпа во продолжение (табела 1) даден е статистички преглед на вредностите на добиените параметри кај испитуваните примероци. Исто така, според голем број на автори од предметната проблематика, употребена е најприближната и најточна формула за зависност PLT - UCS (uniaxial compesive strength):

$$\sigma p = Js(50) * 22 \quad [MPa]$$

Табела 1. *Приказ на јакосните параметри на карпестата маса*

Реден број	Тип на карпа	Точкаста јакост $\{J_{s(50)}\}$ [MPa]	Едноаксијална јакост $\{\sigma_p\}$ [MPa]
1	Кварц-серицитски шкрилец	1,22	26,84

Се напоменува, дека овие резултати се однесуваат на најцврстите делови од монолитите на карпестата маса, додека за одредени зони, според други резултати од контролни и тековни испитувања, кај класификацијата на масивот усвоени се и пониски вредности на јакоста на монолит.

Така, врз основа на овие резултати како и параметрите за степенот на испуканост и состојбата на распаднатост усвоени се соодветни влезни параметри за геотехничка класификација на карпестите маси која пак понатаму се усвојува во сите анализи на стабилноста и тунелската облога.

ГЕОЛОШКА ГРАДБА НА ТЕРЕНОТ

Истражуваниот терен кај појавената нестабилност т.е. настанатото одронување на левата тунелска цевка од тунелот "Пресека" на стац. 20+240 до стац. 20+250 кој е дел од автопатот А2, делница Кичево – Охрид, претставува ридско планинско подрачје со надморска висина од околу 990 m. Со детално инженерскогеолошко картирање утврдено е дека застапените карпести маси на истражуваниот терен спаѓаат во групата на филитоиди, нискометаморфни карпи од палеозојска старост. Хоризонталната и вертикалната распространетост на литолошките единици

е прикажана на инженерскогеолошката карта (прилог бр. 1) и геотехничките профили (прилог. 2.3 и 4).

- ***Филитоиди (Sqse)***

Филитоидите се нискометаморфни карпи од палеозојска старост во чиј склоп покрај филити се среќаваат и кварцно-серицитски шкрилци. Некоја закономерност во појавувањето на овие шкрилци нема туку се забележуваат чести премини на едни во други како во хоризонтален така и во вертикален правец. Овие карпи се тектонски испукани, со различна ориентација на пукнатините, доста се меки и трошни. Филитите се карпи со многу фина шкрилавост како текстурен елемент, со бледокафејаво-жолтеникава боја, наместа сиво-црни. Имаат свилест сјај поради содржината на серицит, мусковит или хлорит. Темната нијанса е условена од присуството на графитичната материја, која се појавува во вид на траки. Составени се од серицит или мусковит, кварц, помали и поголеми количини на хлорит, а од споредните минерали се јавуваат магнетит, турмалин, циркон и пирит, кој често е лимонитизиран. Структурата им е лепидобластична.

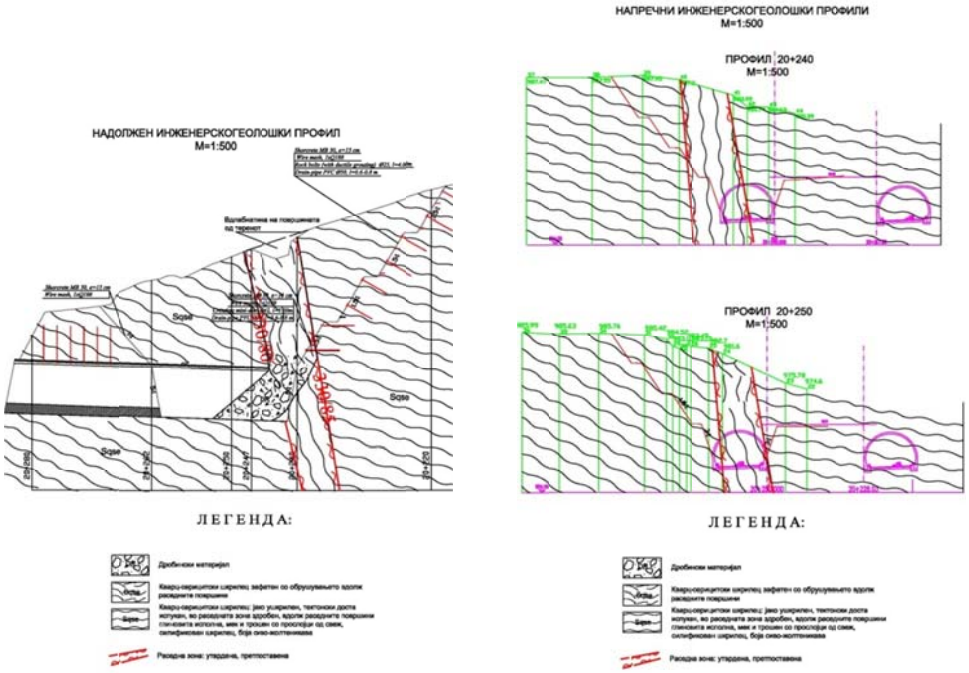
Кварцно-серицитските шкрилци, кои по боја се светло до темно сиви и црни, имаат изразена шкрилеста текстура и лепидобластична или гранобластична структура. Изградени се од кварц и серицит, како битни состојќи, а во поголемо или помало количество се застапени хлорит, епидот и магнетит. На локацијата на настанатото одронување во нив е констатирана раседна зона вдолж која карпестата маса е јако тектонски испукана до здробена со содржај на глиновита материја.

Слика 2. Инженерскогеолошка карта на одронетиот дел од тунелот на км 20+250

Инженерскогеолошки профил на предметната локација

Предметната локација која е цел на истажување и испитување е изградена од филитоиди во чиј состав влегуваат филити и кварцно-серицитски шкрилци со различни физичко - механички карактеристики и со различно значење за изведбата и идното функционирање на тунелот. Кај профилот на стац. 20+240 до 20+250, врз основа на картирањето на површината на теренот, е констатирано дека теренот е изграден од филити и кварцно-серицитски шкрилци кои се јако

ушкрилени со Еп (f) 310-340/20-30º, тектонски испукани, меки и трошни со прослојци на посвежи и силификовани шкрилци. На наведената стационажа констатирана е раседна зона со ширина од околу 6-7 м со доста стрмни падови на раседните површини (80-85º) во СЗ правец под азимут од 330º. Раседната зона се протега кон излезот на десната тунелска цевка, со протегање кон ЈЗ, со исти елементи на пад но со зголемена ширина која достига до 15м. Помеѓу раседните површини и фолијацијата кај шкрилците е доста стрмна под агол од 75º. Вдолж раседните површини карпестата маса е јако испукана до здробена со содржај на глиновита компонента. На самите раседни површини забележливо беше присуството на глина и влажност на раседните површини. Оваа раседна зона со нејзината просторна ориентација и падот на раседните површини, како и здробеноста на карпестата маса во склопот на раседната зона се причината за настанатото одронување во левата тунелска цевка од тунелот "Пресека".



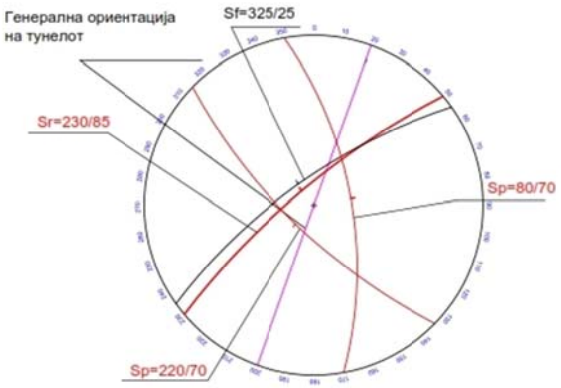
Слика 3. Напречни профили на одронетиот дел од тунелот на км 20+250

Тектонски склоп на локацијата

Во тектонски поглед подрачјето на тунелот "Пресека" како дел од трасата на автопатот А2, делница Кичево-Охрид, припаѓа на крупната геотектонска единица Западно-Македонска зона. Оваа зона се одликува со крупни структурни форми и интензивни пликативни облици, навлаки, лушпи и др. Протегањето на структурите во Западно-Македонската единица е во правец од СЗ-ЈИ до ССЗ-ЈЈИ. Основната градба на теренот е оформена со херцинската и алпската орогенеза. Со херцинската орогенеза палеозоиските седименти биле регионално метаморфисани и набрани во благи синклинални и антиклинални форми. Алпската орогенеза се карактеризира со интензивен метаморфизам и набирање и преработување на херцинските структури. Кај филитите и кварцно-серицитските шкрилци, основниот структурен елемент – фолијацијата е со Еп (f) 310-340/20-30º што е поволно за стабилноста на челото на тунелот, а неповолна за избениот кровински дел и левата бочна страна на тунелот, што може да се види и од приложените прилози бр. 2. Шкрилците се силно тектонски испукани со различна ориентација на пукнатините. Најизразени се пукнатините по шкрилавоста и истите се најмногу застапени. Регистрирани се и пукнатини кои се нормално на шкрилавоста, кои исто така се доста чести, како и пукнатини чие пружање се совпаѓа со пружањето на шкрилавоста но со пострмен паден агол и истите ја сечат шкрилавоста. Доста се ушкрилени и испукани, меки и трошни. На делот од трасата на тунелот на стац. 20+240-20+250 констатирана е раседна зона со генерална

ориентација СИ-ЈЗ со доста стрмен пад на граничните раседни површини кон СЗ правец под агол од 80-85º.

Од дијаграмот на слика 1 каде се прикажани трасите на рамнините на фолијација и пукнатинските системи, како и генералното протегање на тунелот, може да се констатира дека се можни појави на нестабилност од типот на клиновидни обрушувања, во случај пресекот на пукнатинските системи биде во калотниот дел од тунелот.



Слика 4. Ориентација на фолијацијата (Sf) и главните пукнатински системи (Sp) во однос на протегањето на тунелот

Степен на испуканост на карпите

Добро е познато дека дисконтинуалноста има големо влијание врз механичкото однесување, физичко-механичките параметри и можниот начин на лом на цврстите карпести маси. Имајќи го во предвид овој факт, соодветно внимание е посветено на одредувањето на својствата на дисконтинуитетите.

Мерењата за одредување на степенот на испуканост на карпестите маси се направени на косините од пристапниот пат.

Мерењата се направени со цел одредување на степенот на испуканост на карпестите маси т.е. одредување на RQD -параметарот според методологијата на Palstrom (1983).

$$RQD = 115 - 3.3 \cdot J_v$$

RQD [%] – квалитет на карпа, пресметана според Palstrom (1983)

$J_v = SGi$ – вкупен број на пукнатини (joints) во единица волумен [j/m^3].

SGi =Gp_1+ Gp_2+ $Gp_{3+....}Gp_n$

G_{pi} – густина на пукнатини на m□ за секој пукнатински систем

(на пример G_{p1} за пукнатински систем 1, итн.)

Густината на пукнатините е пресметана како однос од единица должина и средно растојание помеѓу пукнатините G=1/Ls (p/m')

Со оваа методологија добиена е претстава за степенот на испуканост на карпестите маси, што соодветно е искористен при нивната класификација.

Табела. 2. Резултати од мерења на степенот на испуканост.

Литолошка единица	Мерно место	Густина G_{p1} [j/m□]	Густина G_{p2} [j/m□]	Густина G_{p3} [j/m□]	Усвоено J_v [j/m^3]	RQD [%]
Филити и кварцно- серицитски шкрилци(Sqse)	M1	11-13	5	3-4	22	42,4

Од приказот на степенот на испуканост може да се оцени дека карпестата маса филити и кварцно-серицитски шкрилци(Sqse) тектонски е јако испукана со голем број на пукнатини на метар должен поради што пресметаниот RQD параметар има вредност 42,4 %, што значи дека се работи за слаба карпеста маса.

КАТЕГОРИЗАЦИЈА НА КАРПЕСТИ МАСИ

На застапените карпести маси на анализираниот дел од тунелот "Пресека" извршена е геотехничка класификација според Bieniawski прикажана во табела бр.3. Филитите и кварцно- серицитските шкрилци се јако ушкрилени карпи, Овие анализи ќе послужат како основа за проценка на начинот на ископ, како и за класификација на карпите од геотехнички аспект.

Генерално земено, локацијата е изградена од карпести маси кои се слаб квалитет за изведба на тунелот.

зафатени со пликативна тектоника, каде елементите на пад на фолијацијата се доста променливи, претежно со азимут на пад од 310º до 340º и падни агли од 20° до 30º. Елементите на пад на фолијацијата на овие карпи се доста променливи но генерално имаат поволен пад за стабилноста на челото на тунелот. Испуканоста се манифестира во вид на пукнатини од стиснат тип со рамни и глатки пукнатински sидови. Најизразени се пукнатините по фолијацијата со метарски димензии, како и пукнатините кои се нормални на фолијацијата. RQD параметарот во овие карпи изнесува 42,4 %. Во делот на раседната зона фолијацијата е со доста стрмен паден агол од 75º како и самите раседни површини кои се исто така со стрмни падни агли од 80-85º и неповолни за стабилноста на ископот на тунелот што се потврди и со самиот ископ кога се навлезе во раседната зона. Во раседната зона материјалот е тектонски доста здробен и со содржај на глиновита материја, што го прави склон за одронување.

Табела 3. Класификација на карпестите маси по Bieniawski

ПАРАМЕТРИ НА КЛАСИФИКАЦИЈА	**ПРОСЕЧНИ ВРЕДНОСТИ**
	ПРОЦЕНЕТИ ПОЕНИ
	Филити и кварцно-серицитски шкрилци
Едноаксијална јакост на притисок (MPa)	26,84
п о е н и	**4**
Квалитет на карпеста маса RQD [%]	42
п о е н и	**8**
Растојание меѓу пукнатини (mm)	0,06-0,2м
п о е н и	**8**
Состојба на пукнатини	Рамни и глатки пукнатини, континуирани
п о е н и	**10**
Подземна вода	влажно
п о е н и	**7**
Ориентација на пукнатини (косини)	добра
п о е н и	**-5**
RMR-РЕЈТИНГ НА КАРПА	**32/IV**
КАТЕГОРИЈА НА КАРПА	слаба карпеста маса
GSI	20

Спрема извршената геотехничка класификација по Bieniawski филитите и кварцно- серицитските шкрилци се класифицирани во 4 група-слаби карпести маси (посвежите вариетети) кон V група-многу слаби карпести маси (распаднатите меки и трошни шкрилци) и шкрилците во делот на раседната зона.

Поради категоризацијата на карпестата маса во IV кон V категорија ископот во истата се врши исклучиво машински, без минирање. По потреба, може да се дозволи ископ со пикамер.

ПРИЧИНИ ЗА ПОЈАВА НА НЕСТАБИЛНОСТА (ОДРОНУВАЊЕТО)

Од извршеното ИГ картирање на делот од трасата на тунелот каде се појави одронувањето констатирано е дека како основна причина за оваа појава е регистрираната раседна зона на овој дел од тунелот. Раседната зона која е со ширина од 7-8 m во левата тунелска цевка до 15м на излезот од десната тунелска цевка ограничена е со две раседни површини со доста стрмни падни агли од 80-85º со СЗ правец на пад. Помеѓу раседните површини шкрилавоста исто така е со доста стрмен паден агол и со правец на пружање кој се совпаѓа со пружањето на раседната зона. Карпестата маса во делот на раседната зона тектонски е јако испукана до раздробена со содржај на глиновита компонента. Според класификацијата на Bieniawski карпестата

маса во делот на раседната зона се категоризира во V категорија, многу слаба карпеста маса. При избивањето на тунелот на стац. 20+250 со челото на тунелот е навлезено во раседната зона и пред да се превземаат потребните заштитни мерки дошло до одронување на дел од карпестата маса во делот на раседната зона, при што на самата површина од теренот е формирана мала вдлабнатина. Како можен начин за изведба на тунелот на овој дел од трасата ќе се анализира можноста од изведба на надворешен ископ до подината на тунелот за што е потребно да се анализира стабилноста на косините на ископот. Се напоменува, дека индикации за раседна зона има во Елаборатот од геотехничките истражувања, така што во оваа зона и после санацијата, треба да се внимава да не се појават слични проблеми, што значи дека технологијата на ископ и подградување треба да е прилагодена кон реалните и констатираните теренски услови при изведба.

АНАЛИЗА НА СТАБИЛНОСТ

Според картирањето, како и од добиените резултати од лабораториските испитувања, усвоени се параметри со кои е извршена анализа на стабилност на карактеристичен (критичен) попречен пресек на тунелот. Според предлог на изведувачот висините на етажите се одредени на 6.0 m, ширина на бермите 2.0 m и наклон на засебните косини 1.5:1 и на почетната 1:3 (види сооодветни прилози).

Карпестите маси при анализата на стабилност беа моделирани по генерализираниот конструктивен модел на Hoek & Brown.

Анализата е направена за случај два модели на лом. Како влезни параметри за јакоста на карпестите маси беа искористени резултатите од лабораториските испитувања и класификацијата на карпестите маси, при што заради раседните зони, јакосните параметри за монолитите се соодветно прилагодени.

Во прва фаза е анализирана генералната стабилност за да се согледаат можностите за глобален лом.

После тоа, извршена е и анализа на лом за случај на дисконтинуална средина, за да се согледа можноста за отпаѓање на блокови омеѓени со фолијацијата и дисконтунитетит, со помош на програмски пакет Swedge.

Анализата на генералната стабилност беше извршена во софтверскиот пакет *Rocscience Slide 6.005*, при што пресметката на факторот на сигурност беше извршена по методите на *Bishop*, *Janbu (corrected)* и *Spencer*, кои за вакви услови се најадекватни и најпрепорачливи. Стабилноста на косината се смета за нарушена доколку се исцрпи јакоста на смолкнување долж рамнината на лизгање, а самата анализа се сведува на определување на фактор на сигурност *Fs* (бездимензионален број) кој го претставува односот меѓу јакоста на смолкнување на материјалот *S* и мобилизираната јакост на смолкнување *Sm*, односно:

Fs = S/Sm

Во продолжение е прикажана методологијата на *Spencer* каде резултантата на меѓуламеларните сили *Q* се определува според прикажаната формула, додека сите членови во таа формула се прикажани на слика 1.

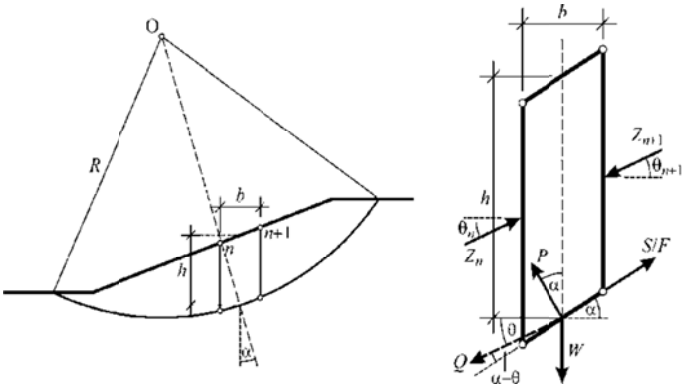
$$Q = \frac{\frac{c' \cdot b}{F}\sec\alpha + \frac{\tan\varphi'}{F}(W \cdot \cos\alpha - r_u \cdot b \cdot \sec\alpha) - W \cdot \sin\alpha}{\cos(\alpha - \theta)\left[1 + \frac{\tan\varphi'}{\mathrm{F}}\tan(\alpha - \theta)\right]}$$

Горната равенка треба да ги задоволи условите за рамнотежа на силите во *x*- и во *y*-правец, како и условот за рамнотежа на нападните моменти околу полот O:

$$\sum[Q \cdot \cos\alpha] = 0$$

$$\sum[Q \cdot \sin\alpha] = 0$$

$$\sum[Q \cdot R \cdot \cos(\alpha - \theta)] = 0$$



Слика 5. Упростена шема според методот на Spencer.

Може да се констатира дека за одредени случаеви факторот на сигурност без примена на заштитни мерки е во следните граници:

Method: Fellenius
FS: 1.235950
Method: Bishop simplified
FS: 1.259810
Method: Janbu simplified
FS: 1.230840
Method: Spencer
FS: 1.257400

Ова е под дозволените граници, што укажува на потреба од превземање мерки за стабилизација на косината.

На ова укажуваат и анализите на стабилност на индивидуални клиновидни блокови формирани од фолијацијата и пукнатинските системи.

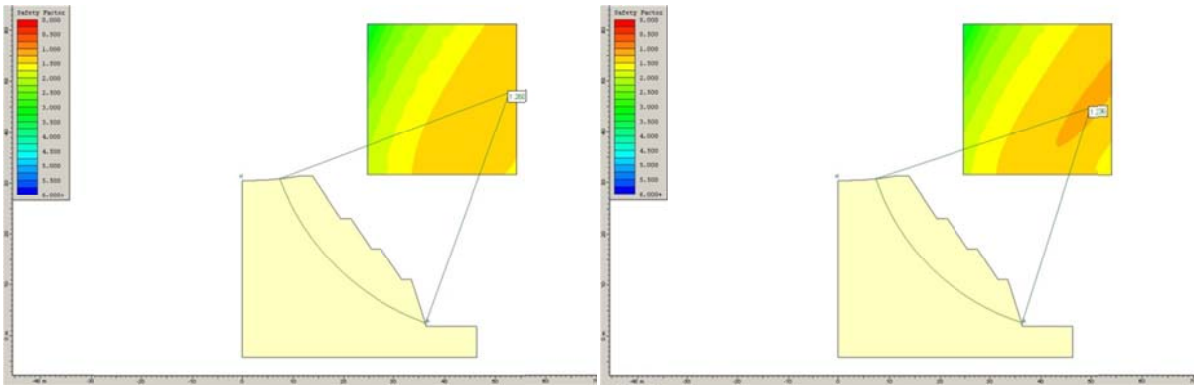
Имено, за анализираните товарни случаеви, може да се констатира следното:

- Факторот на сигурност без примена на заштитни мерки е во состојба блиска до граничната, со доста висока веројатност за лом на локални блокови со метарски димензии односно:

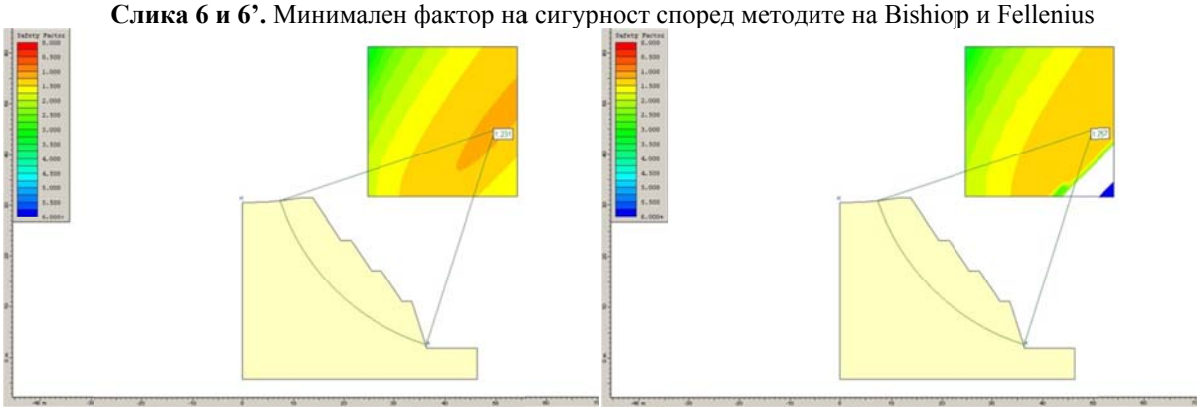
FS= 1.01

- Факторот на сигурност со примена на заштитни мерки дефинирани на прилозите е во дозволени граници и има вредност:

FS>1.5



Слика 6 и 6'. Минимален фактор на сигурност според методите на Bishiop и Fellenius



Слика 7 и 7'. Минимален фактор на сигурност по методите на Janbu и Spencer

Технички опис на решението за косините и препораки за технологија на изведба

Како мерка за стабилизација на косина, анализирано беше решение со кое се предвидува наклонот на засебните косини да изнесува 1,5:1 до 3:1, со тоа што висината на истите изнесува 6.0 m и ширината на бермите изнесува 2.0 m. Висината зависно од зоната на ископ е од 5-8m.

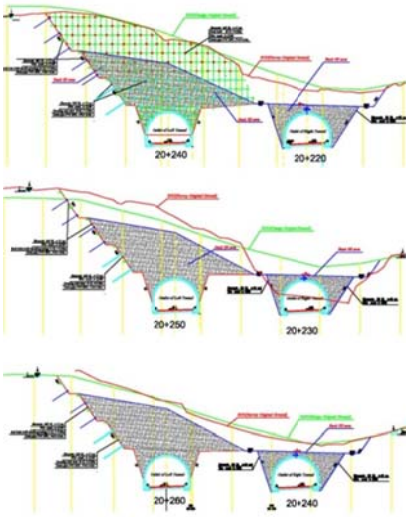
Ископот се прави од горе надолу, со технологија која е според следната шема:

-изведба на косина според наклон на цртежите до прва берма

-заштита на ископот со прскан бетон, квадратна арматурна мрежа и анкери

-продолжување на ископот до наредна берма, заштита и продолжување надолу по иста методологија до дното на тунелот.

Потребно е сите изведбени состојби да се документираат во соодветна изведбена документација, при што ископот обавезно се картира и од инженерскогеолошки аспект.



Слика 8. Напречни профили за изведба и заштитни мерки на косини

ЗАКЛУЧОЦИ И ПРЕПОРАКИ

Во фазата на избивање на тунелот "Пресека"-лева тунелска цевка, појавена е нестабилност т.е. одронување на кровинскиот дел на стац. км 20+240 до 20+250, при што на површината од теренот појавена е вдлабнатина. Поради појавената нестабилност направен е застој во работата т.е. прекинато е избивањето на левата тунелска цевка. На одронетиот дел од тунелот и околината извршени се соодветни теренски истражувања а резултатите се презентирани во овој извештај и соодветни графички прилози.

– Со спроведените теренски истражувања (геолошко, ИГ и ХГ картирање на теренот опфатен со одронување), констатирано е дека со настанатото одронување во тунелот, на површината од теренот се формирала вдлабнатина со површина од неколку десетици метри квадратни.

– Со спроведеното картирање констатирано е дека теренот е изграден од филити и кварцно-серицитски шкрилци, тектонски јако испукани, набрани, меки и трошни со прослојци од посвежи силификовани шкрилци.

- Фолијацијата на застапените шкрилести карпести маси во однос на протегањето на тунелот е поволна за челото на тунелот, а неповолна за кровинскиот дел и левата бочна страна на тунелот. RQD параметарот врз основа на картирањето на теренот и извршеното мерење на пукнатинските системи изнесува 42%, за шкрилците надвор од раседната зона, а додека овој параметар за шкрилците во раседната зона може да се каже дека е 0%.

– Јакоста на притисок кај шкрилците врз основа на корелацијата со индексот на точкаста јакост изнесува 26,8 MPa.

- Според извршената класификација на Bieniawski, вредноста на RMR параметарот изнесува 32(IV класа), за шкрилците надвор од раседната зона, додека во делот на раседната зона вредноста на RMR < 20 (V класа), многу слаба карпа.

- Геолошкиот индекс на јакост за филитите и кварцно-серицитските шкрилци се движи во границите од GSI = 20 за шкрилците надвор од раседната зона и GSI =10 за шкрилците во раседната зона.

Врз основа на генерализираниот нелинеарен критериум на лом според Hoek-Brown, а имајќи ги во предвид вредностите на јакоста на притисок, геолошкиот индекс на јакост, константата на непореметен карпест примерок и факторот на пореметеност на масивот, избрани се јакосните параметри на застапените шкрилести карпи со кои е направен ИГ модел и анализирана стабилноста на

косините на ископот за санација на обрушувањето.

Со анализата се утрдени условите за стабилност, а согласно на тоа е предложено и техничкото решение за изведба. Наклонот на засебните косини изнесува 1,5:1 до 3:1, со тоа што висината на истите изнесува 6.0 m и ширината на бермите изнесува 2.0 m.

За вака изведени косини може да се констатира дека факторот на сигурност е задоволителен и во услови на сеизмички влијанија и во вообичаени услови без сеизмика, односно не е загрозена ниту локалната ниту глобалната стабилност.

Врз основа на теренските истражни работи и лабораториските испитувања, инженерскогеолошкото картирање на теренот и добиените резултати од извршените анализи на стабилност на косините на ископот за санација на одронувањето настанато на левата тунелска цевка од тунелот "Пресека", а во согласност со упатствата и препораките од литературата кои се вообичаени во пракса за ваков вид на објекти се препорачува следното:

- Наклонот на косините да се изведе според пресметките и анализите.
- По изведбата на косината да се преземаат потребните заштитни мерки: анкерисување, поставување мрежа и торкретирање на површината.
- Изведба на ободен бетонски канал со соодветни димензии над последната етажа на ископот за прифаќање на површинските води
- Изведба на завршната тунелска облога според анализите во техничкото решение и анекс 2 на проектот за тунелот
- Затрупување на ископот.

Слика 9,10,11 и 12 Изглед на одронетиот дел од тунелот по извршената санација со мерки за осигурување (SN анкери, мрежа и торкрет бетон)

ЛИТЕРАТУРА

Др. Милош Влаховиќ 'Инжињерска геологија са основама геологије'- Белград 1987 година

Bienavski Z.T.1989, Engineering rock masses classifications. New York

Анекс на Основен проект 2 соТехничко решение за санација на одрон на лева тунелска цевка на тунел Пресека, Геохидроинженеринг, Скопје јули 2015 год.

Главен проект за изведба на тунел Пресека-2003, Геохидроинженеринг, Скопје јули 2003 год.

ОСИГУРУВАЊЕ НА НЕСТАБИЛЕН БЛОК НАД ЗАТВАРАЧНИЦА НА ХЕЦ„ СВЕТА ПЕТКА“

Моме Милановски, Бојан Јаневски, **Ацо Велевски**

ГИ МАКЕДОНИЈА, АД Скопје. Моме Милановски, mome.milanovski@gim.com.mk

Абстракт
Конкретната локација на нестабилниот блок како нестабилна зона се наоѓа на km 10+190 (во зоната на затворачницата, веднаш над пристапниот пат). Во периодот од ноември 2014 до јануари 2015 год изведени се технички мерки за санација и осигурување на нестабилниот блок кој се наоѓа покрај пристапниот пат на делницата помеѓу затварачницата на браната и машинската зграда. Техничките мерки се базирани на Проектот: Техничко решение за осигурување на нестабилниот блок во зоната над затворачницата на ХЕЦ „Света Петка“ кои се состојат во кавање (остранување на испуканите и одвоени фрагменти од матична карпа) и анкерисување со пасивни SN анкери во комбинација со арматурна мрежи и прскан бетон.

Клучни зборови: нестабилен блок,осигурување, санација, анкери ,торкрет бетон

ВОВЕД

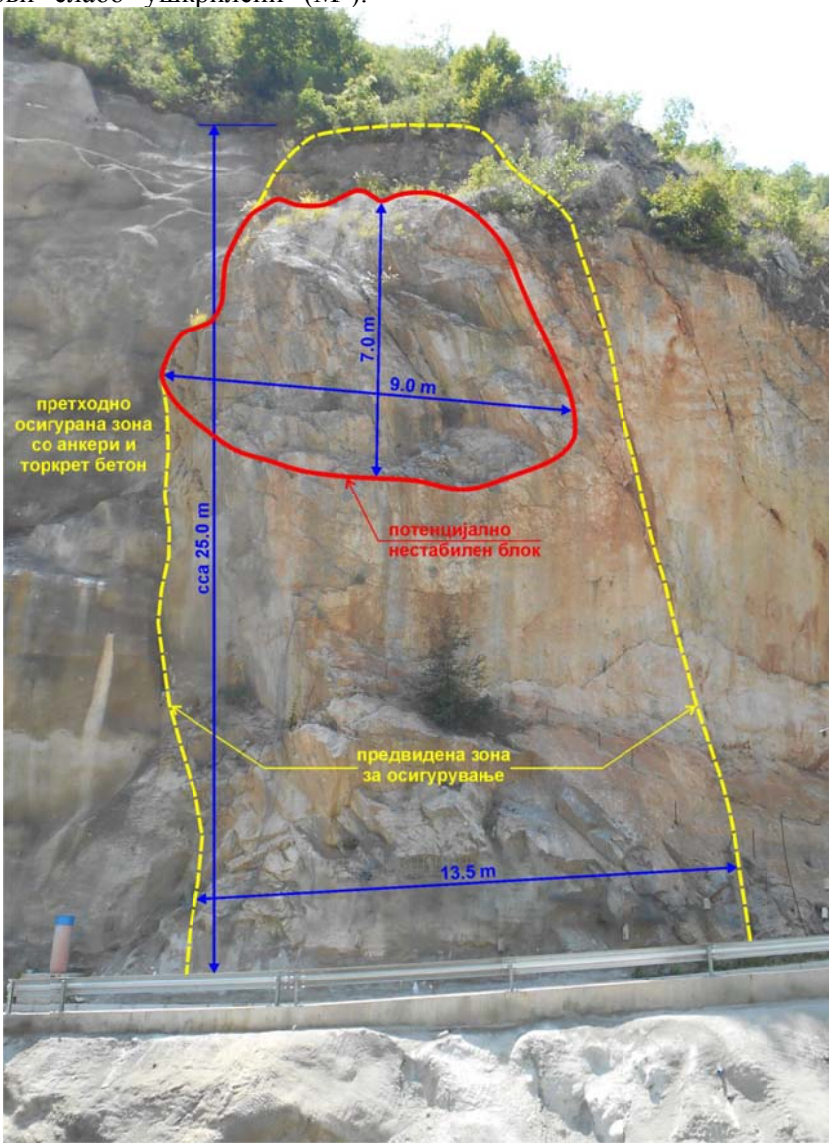
Во периодот од ноември 2014 до јануари 2015 год изведени се технички мерки за санација и осигурување на нестабилниот блок кој се наоѓа покрај пристапниот пат на делницата помеѓу затварачницата на браната и машинската зграда.

Техничките мерки се базирани на Проектот: Техничко решение за осигурување на нестабилниот блок во зоната над затворачницата на ХЕЦ „Света Петка“ кои се состојат во кавање (остранување на испуканите и одвоени фрагменти од матична карпа) и анкерисување со пасивни SN анкери во комбинација со арматурна мрежи и прскан бетон. Лачната бетонска брана„ Св.Петка“ со придружните објекти претставува капитален објект за Р. Македонија, а еден од значајните сегменти на овој енергетски систем е и пристапниот пат до браната. При пробивањето на патот, неговата изведба, како и сега во фаза на експлоатација, регистрирани се повеќе нестабилни зони, при што се активирани неколку одрони. Конкретната локација на нестабилниот блок како нестабилна зона се наоѓа на km 10+190 (во зоната на затворачницата, веднаш над пристапниот пат).Теренот во зоната на нестабилниот блок е изграден од калцитски, поретко калцитско-доломитски мермери, во одредени делови слабо ушкрилени, додека самиот блок е изделен со повеќе пукнатински системи и истиот има димензии: максимална должина околу 9.0 m, висина околу 6.0 ÷ 7.0 m и дебелина околу 4.0 m. По извршеното кавање на зоната на нестабилниот блок извршено е дополнително ИГ картирање на теренот во мерка 1:100, направена е геодетска снимка во соодветна мерка, детално е анализирана кинематската стабилност на блокот за случај на рамнински лом за карактеристичен попречен пресек и на крај се дадени технички мерки за осигурување на нестабилниот блок. За изведба на анкерите и прсканиот бетон беше изградено монтажно скеле кое обезбеди непречено одвивање на сообраќајот, сигурност на механизацијата и работниците при што со превземените активности не беа загрозени постоечките инфраструктурни објекти од несакани последици.

Вкупната висина на нестабилната зона според проектот изнесува околу 25.0 m, со ширина околу 13.5 m, или вкупната површина изнесува околу 380 m^2, но по завршените работи на осигурување беше утврдено дека површината покриена со торкрет е поголема и изнесува околу 500 m^2(сл.1) Се напоменува дека мерките за осигурување се извршени во сложени временски услови во период на зима, имајќи го во предвид фактот дека се кавани помали нестабилни делови од блокот на висока и стрмна косина.

Инженерскогеолошки, хидрогеолошки и геотехнички карактеристики на карпестите маси во зоната на нестабилниот блок

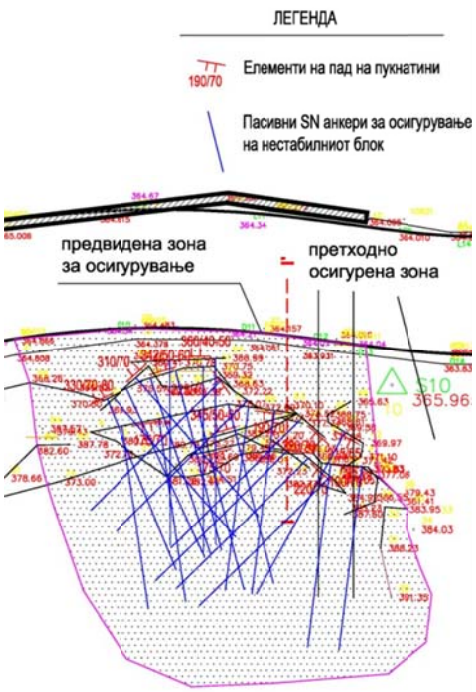
Теренот на предметната локација е изграден од карбонатни карпести маси со прекамбриска геолошка старост, претставени со калцитски, поретко калцитско-доломитски мермери, во одредени делови слабо ушкрилени (M'). Мермерите се доста испукани и карстифицирани по пукнатините, а дисконтинуитетите се генерално од стиснат тип до локално отворени од 1-5 cm, со метарски димензии и со рапави ѕидови.



Слика 1. Изглед и димензии на потенцијално нестабилен блок над пристапниот пат до брана „Света Петка" во зона на затворачница и предвидена зона за осигурување.

Нестабилниот блок кој што е лоциран во горниот дел на косината над пристапниот пат е изделен со пукнатински системи на монолитни блокови со помали димензии кои се делумно одвоени од основната карпеста маса. По извршеното кавање на зоната на нестабилниот блок извршено е дополнително ИГ картирање на теренот во мерка 1:100 при што се регистрирани сите постоечки пукнатински системи со кои е ограничен нестабилниот блок:

-□ЕП1: 340/40-50 – две пукнатини на метар должен, стиснати, брановидни, рапави, со должина од 3.0 ÷ 5.0 m, застапени во долниот дел на косината;
-□ЕП1: 360-5/70 – две до три пукнатини на метар должен, на површина отворени 1-10 cm, со рапави и рамни sидови,застапени само во горен дел на косината, со должина до 5.0 m;
-□ЕП1: 360/70 – расед, на површина отворен 5-10 cm, исполнет со глина и прашина, со рапави и рамни sидови, со должина до 8,0-10.0 m;
-□ЕП2: 330/70-80 – две пукнатини на метар должен, стиснати во длабина, на површина отворени до 5 mm, незаполнети, рамни, со должина од 3.0 ÷ 5.0 m, застапени само во горен дел на косината;
-□ЕП3: 170/80-85 – една до две пукнатини на метар должен, незаполнети, со рапави sидови покриени со скрама, на површина отворени до 5 cm, со должина од 5.0 ÷ 7.0 m;
-□ЕП4: 190/70 – една до две пукнатини на метар должен, стиснати, на површина отворени до 5 cm, рапави, со должина од 5.0 ÷ 7.0 m, застапени во долниот дел на косината;
-□ЕП5: 130/85 –две пукнатини на метар должен, во длабина стиснати, на површина отворени 1-5 cm, со рапави sидови покриени со скрама, со должина од 5.0 ÷ 7.0 m, застапени само во горен дел на косината;
-□ЕП6: 210-230/70 – две до четири пукнатини на метар должен, стиснати, рапави, добро изразени, со рамни sидови, покриени со скрама, со должина над 10.0 m.
Застапените пукнатински системи се прикажани на ситуацијата (сл. бр.2, заедно со правците на поставените пасивни SN анкери.
Од хидрогеолошки аспект овие карпести маси се класифицирани во групата на хидрогеолошки колектори – спроводници.



Слика 2. Ситуација на нестабилен блок по извршено кавање и осигурување со анкери, мрежа и торкерет.

Ова произлегува од фактот дека мермерите воодредени зони се доста испукани и карстифицирани што е предуслов за формирање на карстно-пукнатински тип на издан. Од практичен аспект, во врнежливите периоди атмосферската вода се инфилтрира во отворените пукнатини што предизвикува дополнителни хидростатички притисоци и има неповолно влијание од аспект на стабилноста.
Предметната локација од аспект на геотектонските карактеристики припаѓа на една крупна геотектонска единица од прв ред во Р. Македонија, а тоа е Пелагонискиот хорст-антиклинориум. На околу 3 ÷ 4 km кон СЗ оваа геотектонска единица контактира со Западно-Македонската зона, а кон СИ (Скопска котлина), на оддалеченост од 7 ÷ 8 km, се простираат делови од геотектонската единица – Вардарска зона. Според постојната сеизмолошка карта на Р. Македонија, за повратен период од 500 години (која се препорачува за примена според Eurocode 8 за сеизмички анализи сè до донесување на национален документ), предметната локација се наоѓа во подрачје со интензитет VII° според MCS скалата со коефициент на сеизмичност *ks* □□0.10 ÷ 0.15.

Примена на технички решенија за осигурување на нестабилниот блок кај затварачницата кај брана Св.Петка

Осигурувањето на нестабилниот блок кај затварачницата извршено е според техничкото решение со примена на пасивни SN анкери, арматурни мрежи и прскан бетон по следниот редослед: кавање на одвоените и испукани фрагменти од карпи, поставување на арматурна мрежа, прскан бетон и SN пасивни анкери.

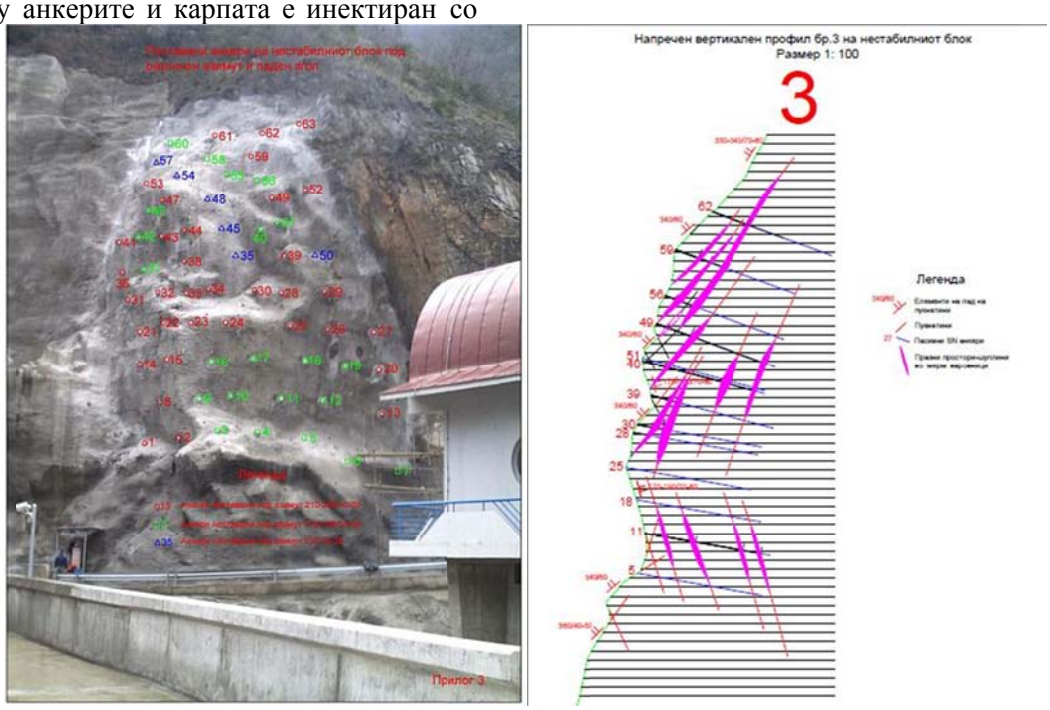
При ИГ картирање на зоната на нестабилниот блок, во повисоките делови на теренот регистрирани се веќе одвоени блокови со различни димензии, така што во прва фаза беше извршено кавање и отстранување на сите помали блокови и парчиња карпа. Кавањето беше изведено многу внимателно, од специјално обучени лица за ваков вид на работа-алпинисти со рачен алат, при што беше искористена поставената патарска мрежа која ги задржуваше искаваните парчиња. После кавањето беше пристапено кон систематска заштита на потенцијално нестабилниот блок и на целата косина со SN пасивни анкери RAØ25, арматурна мрежа и прскан бетон. Систематската заштита беше изведена почнувајќи од највисоките коти, па надолу, при што беше водена сметка најпрво да се изведат анкерите во помалку испуканата карпа, а дури потоа да се изведат во нестабилниот блок. За овие позиции беше монтирано скеле со висина од околу 25.0m и должина од околу 15.0m со што се обезбеди сигурност на работниците и непречено одвивање на сообраќајот.

После завршување на кавањето во прва фаза беше пристапено кон перкусионо ударно дупчење со пречник Ø48 mm, под агол од 5 ÷ 20° во зависност од позицијата на анкерите, при што се водеше сметка за распоредот на дупнатините и правецот на дупчење. Правецот и аголот на дупчење на анкерите беше одреден од стручно лице - геолог водејќи сметка анкерите да бидат поставени нормално или под кос агол во однос на регистрираните дисконтинуитети. Во горниот дел на косината анкерите се поставени под агол од 10-20° додека во долниот на косината анкерите се поставени под агол од 0-10°. При дупчењето на анкерите во варовниците регистрирани се сите пропаѓања на приборот за дупчење, при што е утврдено постоење на празни простори-каверни со должина од 0,2-1,3м, прикажани на графичките прилози 3/3. Поголем број на пропаѓања на приборот за дупчење и постоење на празни простори – каверни е регистрирано во горниот дел на косината додека во долниот дел на косината постои помал број на празни простори-каверни.

Со Проектот Техничкото решение за осигурување на нестабилниот блок беше предвидено да се вградат вкупно 60 пасивни SN пасивни анкери RAØ25 поставени во шахматен распоред на растојание од 2.0 m, со должина од 7.0 m и пречник од Ø25 mm, изработени од ребраста арматура RA 400/500 но при осигурување на нестабилниот блок беа поставени вкупно 63 анкери кои во долната зона на косината се поставени главно под шахматен распоред додека во горниот дел анкерите немаат правилен распоред водејќи притоа сметка да бидат опфатени сите пукнатински системи. Поставените анкери на косината кај нестабилниот блок геодетски се снимани и се прикажани на слика бр. 2 , 3 и 4.

Во однос на пукнатинските системи со ЕП 170-190/70-80 како и со ЕП 330-360/50-80 се поставени 22 анкери под азимут од 170-190° и паден агол од 10-20° кои на сл.1 се означени под редните боеви; 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 16, 17, 18, 19, 37, 40, 42, 46, 51, 55, 56, 58, 60. Во однос на пукнатинските системи со ЕП 210-230/70-80 кои се најзастапени кај овој нестабилен блок се поставени вкупно 35 анкери под азимут од ЕП 210-230° и паден агол од 10-20° кои на сл.1 се наоѓаат под редните броеви; 1, 2, 8, 13, 14, 15, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 36, 38, 39, 41, 43, 44, 47, 49, 52, 53, 59, 61, 62, 63. Во однос на пукнатинскиот систем со ЕП310/70 се поставени 6 анкери под азимут од 130° и паден агол 10-20° кои на сл.1 се наоѓаат под редните броеви; 35, 45, 48, 50, 54, 57.

Најголем дел од анкерите се поставени во правец на југозапад под агол 210-230/10-20 (вкупно 35 анкери) додека помал дел од анкерите се поставени во правец на југоисток под агол од 130-170/10-20 (вкупно 28 анкери). На крај просторот помеѓу анкерите и карпата е инектиран со инекциона смеса од бентонит и цемент. Поставените анкери за осигурување на нестабилниот блок заедно со правецот под кој се поставени се прикажани на сл.3 и 4, додека на сл.5 е прикажан нестабилниот блок по примена на техничките мерки.



Слика 3 и 4. Нестабилен блок над затварачница кај брана Св.Петка по примена на технички мерки за осигурување (SN анкери, мрежа и торкрет бетон)

Слика 5 и 6. Нестабилен блок над затварачница кај брана Св.Петка по примена на технички мерки за осигурување (SN анкери, мрежа и торкрет бетон)

ЛИТЕРАТУРА

Техничко решение за осигурување на нестабилен блок во зона на затворачница на брана Св.Петка-Градежен институт Македонија,Скопје 2014 год.проектант Велевски Ацо дипл.град.инж.

Изведбен проект за заштита на косини од пристапниот пат до брана „Света Петка“ – втора делница од km 5+246 до km 10+289 и делницата од браната до машинската зграда“.2010 год.

Извештај за осигурување на нестабилен блок над затварачница кај брана Св.Петка, Градежен институт„Македонија“ Скопје,2014год

ЗНАЧЕЊЕ НА ИНЖЕНЕРСКОГЕОЛОШКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ И ГЕОТЕХНИЧКИ УСЛОВИ ЗА ИЗВЕДБА НА КОСИНИ

[1]Орце Петковски, [2]Ванчо Ангелов, [3]Ласте Ивановски

[1]Геохидроконсалтинг, Скопје, orce.geohidro@gmail.com

Абстракт
Структурно-геолошките и инженерско-геолошките карактеристики на карпите преставуваат едни од најзначајните својства на градежната средина при проектирање и изведба на линиски објекти (траси на автопатишта, патишта, пруги и др.). Покрај нив, доста значајни се и физичко-механичките својства на средината. Во склоп на изработката на Основниот проект за железничката пруга Кичево – Граница со Република Албанија, изведени се соодветни инженерскогеолшки истражувања и лабораториски испитувања. Со изведените теренски и лабораториски испитувања ги дефиниравме инженерско-геолошките карактеристики на застапените карпестите маси долж правецот на протегање на трасата на пругата. Познавањето и правилното дијагностицирање на овие карактеристики се доста значаен аспект кај линиски објекти од ваков тип, а особено при изведбата на идните ископи, усеци и косини.

Клучни зборови: инженерскогеолошки карактеристики, линиски објекти, усеци, косини

ВОВЕД

Во трудот се анализирани резултатите од истражните работи спроведени за потребите на проектирање на железничката пруга Кичево – Граница со Република Албанија, делница 2 (km. 113+285.00 – 123+040.00). Особено внимание е посветено на состојбата на квалитетот на карпестите маси, карактеристиките на дисконтинуитетите и условите за стабилност на идните ископи долж трасата на оваа железничка пруга. Целта на трудот е да се прикаже актуелниот пристап за анализа на овие аспекти за линиски објекти кои се проектираат во Р.Македонија.

ВИДОВИ НА ИСТРАЖУВАЊА

За реализирање на поставената цел, т.е. за изготвување на инженерскогеолошки и геотехнички подлоги за проектирање, вдолж трасата на железничката пруга извршен е одреден обем на истражувања преку примена на соодветна методологија. Истата се состои од теренски истражувања, лабораториски испитувања и анализа на добиените резултати.

Теренските истражувања за ваков тип на објекти се класични и истите опфаќаат: инженерскогеолошко картирање на теренот по должина на трасата и пошироко, изведба на истражни дупнатини и бунари, нивно картирање, фотографирање на истражните работи и селектирање на примероци за лабораториски испитувања.

Посебно внимание е посветено на изведбата на инженерскогеолошкото картирање и неговото значење при проектирање на наклоните на косините. Сите добиени податоци од картирањето се значајни и истите се искористени за различни класификации на застапените карпести маси. Овие податоци имаат големо значење и од аспект на односот помеѓу елементите на пад на рамнините на дисконтинуитетите и наклоните и ориентацијата на косините, бидејќи од тој однос зависат и кинематските услови за евентуална појава на нестабилност.

По реализацијата на предвидениот обем на истражувања и испитувања, извршена е анализа и кабинетска обработка на податоците, при што добиените резултати се презентирани во натамошниот текст.

За анализа на можноста за појава на одреден тип на кинематски услови на лом, искористени се современи геотехнички софтвери со кои е овозможена брза обработка на теренски собраните податоци и добра графичка презентација на резултатите.

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Во обработката на вкупниот фонд на податоци добиени за трасата на пругата значајни се теренските истражувања и лабораториските испитувања. Од теренскиот дел приоритет им даваме на инженерскогеолошкото картирање како еден значаен сегмент за формирање на комплетната слика за наклонот и стабилноста на проектираните косини, додека пак за лабораториските испитувања одредувањето на физичко-механичките карактеристики на карпите. Имено со инженерскогеолошкото картирање на теренот како неизоставен дел при геотехничките испитувања за овие објекти многу е значајно одредувањето на основните структурени елементи односно слоевитоста кај глинците и фолијацијата кај кварцно-серицитските шкрилци (филитоиди), како и детално утврдување на состојбата на дисконтинуитетите. Притоа се анализирани карактеристични попречни профили лоцирани во различни типови на карпи и тоа: мермери, филитоиди (кварцно-серицитски шкрилци) и глинци. Како мошне значајни за конкретните микролокации на анализираните попречни профили се издвојуваат следните аспекти:

- основни геолошки карактеристики на поширокиот регион;
- инженерскогеолошки карактеристики на карпите на анилизираниот простор во околината на попречните профили;
- Геотехнички истражувања и испитувања на застапените карпести маси.

Основни геолошки карактеристики на поширокиот регион

Согласно на фактот дека геолошкиот развој на поширокото подрачје влијаел на геолошките карактеристики на истражуваниот терен генерално можеме да констатираме дека:

- Трасата на железничката пруга е сместена и припаѓа во склопот на Западно – Македонска зона која претставува една од геотектонските единици од I ред во Македонија. Оваа зона претежно е изградена од палеозоиски филитоиден нискометаморфен комплекс во кој во долните делови доминираат вулканогено-седиментните формации, а во горниот теригено карбонатни;
- Од сложените тектонски процеси кои придонеле за развојот на оваа зона за предметната делница од трасата се значајни фазите на предпалеозојската, херцинската и алпската орогенеза;
- Теренот од каде што минува трасата на железничката пруга е изграден од повеќе литолошки единици и тоа: делувијални и пролувијални творби, плиоценски седименти, дијабази, варовници, глинци, метариолити, мермери, карбонатни шкрилци, кварцити, шкрилци (филитоиди) и графитични шкрилци;
- За нас во наредните анализи значајни се карпите од девонска старост мермери и кварцно-серицитски шкрилци и глинците со тријаска старост. Од почетокот се застапени мермерите на стационажа на км. 113+540, кварцно-серицитските шкрилци на км. 114+060 и глинците на км. 122+940. Токму овие стационажи (попречните профили на потпорните ѕидови кои ќе се земат во понатамошните анализи) и истите прегледно се прикажани на слика 1.

Слика 1. Местоположба на потпорните ѕидови сместени во различни геолошки единици.

Инженерскогеолошки карактеристики на карпите на анализираниот простор

Инженерскогеолошките истражувања претставуваат неизоставен дел од сите други теренски истражувања како што се изведбата на истражни работи, фотографирање и картирање на истите и селектирање на репрезентативни примероци за лабораториски испитувања. Овие теренски испитувања се применуваат кај сите истражувања на објекти од ваков вид (траси на патишта, автопатишта, гасоводи, засеци, усеци и сл.). Навремената подготовката со подлоги во соодветни размери со M=1:1000 е значајна за теренската опсервација и поставување на координатни точки на попречните профили кои се анализираат за што подобра ориентација. Овие точки се селектираат претходно и внесуваат во GPS уред, а исто така со помош на GPS детално и прецизно се одделуваат сите забележани различни литолошки единици и современи процеси и појави. Со ИГ (инженерскогеолошко) картирање се издвоени границите помеѓу одделните литолошки членови на површината на теренот и истото е извршено според методот на следење на геолошките граници и картирање на сите видливи изданоци во појас од околу 50.0m од едната и другата страна на осовината на трасата. На карактеристични изданоци на карпи формирани се мерни места за оценка на степенот на испуканост (овие места се обележани како M6, M7, M10, M47 и M48), природата на пукнатинските системи, ориентираноста на главните пукнатински системи, фолијацијата, слоевитоста присуството на вода итн. Покрај инженерскогеолошкото картирање на теренот, од геотехнички аспект се картирани и изведените истражни дупнатини и бунари, како и отворените профили од косините како на постоечките локални патишта така и на сега изведените пристапни патишта за изведба на истражните работи.

Сите добиени податоци од картирањето се забележани во теренските дневници и истите искористени за класификација на застапените карпести маси. Карпестите маси на прикажаните попречни профили се класифицирани и од инженерскогеолошки аспект.

Пристап за анализа на стабилноста на карпестите маси

Со овие испитувања се опфатени карпите од типот на мермери, кварцно-серицитски шкрилци и глинци и истите се состојат од теренски мерења и истражувања и лабораториски испитувања (опити). Во анализите на стабилноста за усеците се применети методи кои според својата суштина припаѓаат на методи на анализа на дисконтинуална средина и на гранична рамнотежа. Во зависност од специфичностите на одделните квазихомогени делови од теренот, применет е методот на анализа за дисконтинуална карпеста маса, изделена со пукнатини (системи на пукнатини), како предиспонирани правци за појава на нестабилност во вид на клиновидни тела, анализирани со методот на J. W. Bray.

При овие анализи многу се значајни геометриските односи кои ги завземаат измерените елементите на пад на рамнините на дисконтинуитетите (мерни места) и наклоните и ориентацијата на косините, бидејќи од тој однос зависат и кинематските услови за евентуална појава на нестабилност. На делот од проектираните усеци каде што се забележани видливи изданоци по површината се изведени мерни места со кои се дефинирани карактеристики на дисконтинуитетите а податоците се искористени за понатамошна класификации на карпите.

Анализирани се карактеристичните профили, а при пресметките се земени косините од профилите на усеците кои за левата страна (азимутот на пад од левата страна) се означени по стационажата на профилот (пр. 113+540L), а за десната страна на истиот профил (113+540R) ако за косината се предлага наклон 1:1 односно агол од 45°. Ако во овие пресметки влегуваме со други наклони на косините било на левата или на десната страна кон нив го додаваме и аголот кој го зафаќа предложениот наклон на косината (пр. 113+540L63 или 113+540R63). Мошне значајни за овие пресметки покрај азимутот на протегање на пукнатините и падниот агол се и азимутот на протегање на косината на профилот и аголот на косината.

Инженерскогеолошки својства и состојба за усек на км. 113+540

По целата површина на околниот простор на идниот потпорен ѕид се забележани мермерите. Во нив пред почетокот на потпорниот ѕид е изведено мерното место М6 и мерното место М7 на конкретниот истражуван потег, со што се утврдени состојбите на дисконтинуитетите. За овие мерни места извршена е пресметка на квалитетот на карпата односно RQD параметарот со помош на познатата релација на измерените пукнатински системи според Palstrom (1982) кои се дадени во следната табела.

Табела 1. Резултати од мерни места и анализа на степенот на испуканост

Литолошка единица	**Мерно место**	**Густина Gp1 [j/m']**	**Густина Gp2 [j/m']**	**Густина Gp3 [j/m']**	**Усвоено Jv [j/m3]**	**RQD [%]**
Мермери (М)	М7	80/30 (2)	178/80 (2)	265/45 (3)	7	91,9
	М6	65/53 (3)	185/65 (2)	258/68 (3)	8	88,,6
Физичко-механички параметри на монолитни парчиња на карпи од km. 113+540.00						
	Стационажа на км	**Волуменска тежина γ [kN/m3]**	**Индекс на точкаста јакост Js(50) [MPa]**	**Јакост на притисок σp = 22*Js(50) [MPa]**	**Јакост на затегање σz = 1.5*Js(50) [MPa]**	
Мермери (М)	km. 113+540.00	27,28	5,04	110,84	7,56	

Забележаните пукнатински системи кај мерното место М7 се од стиснат тип, додека кај мерното место М6 пукнатините со ЕП=258/68 и ЕП=65/53 имаат мали отвори од 5.0mm. Од презентираните резултати во претходната табела за испуканост на мермерите можеме да забележиме дека за квалитетот на карпестата маса се добиени вредности за RQD=88,6-91,9%. Исто така во оваа табела се прикажани и физичко-механичките карактеристики на мермерите, а овие податоци се искористени за класификацијата на карпестиот масив. За ова е применет методот на Bieniawski (RMR system) кој е едноставен за употреба и истиот ги користи следните геолошки и геотехнички информации (дадени во претходната табела):

- едноаксијална јакост на притисок;
- квалитет на карпа (RQD);
- растојание помеѓу пукнатини;
- состојба на пукнатини;
- услови на подземна вода.

Споменатите параметри се добиени од инженерскогеолошкото картирање на теренот, како и од лабораториските испитувања. Бодовите кои се усвоени за одделните параметри при класификацијата на карпестите маси, како и добиениот RMR рејтинг, прикажани се следната табела.

Табела 2. RMR класификација на карпести маси според Bieniawski (1989)

Параметар	**Бодови за мермери**
Јакост на притисок	12
Квалитет на карпа (RQD)	17 – 20
Растојание помеѓу пукнатини	10
Состојба на пукнатини	14 – 20
Подземна вода	15
Рејтинг на карпеста маса (RMR)	68 – 77
Класа на карпеста маса	II

Се напоменува дека бодувањето за состојбата на пукнатини за типовите карпести маси е извршено според деталната класификација на дисконтинуитетите, при што се земени во предвид, нивниот отвор, рапавоста, видот на исполната, како и распаднатоста на ѕидовите на пукнатините.
Од резултатите во претходната табела може да се забележи дека се застапени главно карпести маси од II категорија на карпи според Bieniawski (RMR=68 – 77) од типот на мермери (добра карпеста маса). На основа на ова се добиени податоци за карпестиот масив воопшто, но сепак при изведбата на косината од десната страна многу се зачајни и карактеристиките на дисконтинуитетите забележани со мерните места М7 и М6. Можниот начин на лом на боковите и средината зависат од состојбата на дисконтинуитетите и нивната орентација во однос на измерениот азимут на пад на косината (пад на попречните профили), односно слободните страни на ископот (т. н. структурно контролирана нестабилност). Анализите се правени за ист тип на карпа – мермер со помош на програмот SWEDGE при што изводи од добиените резултати се прикажуваат во прилози. Азимут на косината од 185 (означени како 113+54072М6) каде за наклони од 3v:1h се добиени мали вредности за факторот на сигурност (Fs=0,5) и утврдена нестабилност помеѓу пунатините со ЕП=258/68 и ЕП=185/65 забележани кај мерно место М6. Со анализите на помали агли на наклони од 2v:1h или 1v:1h за пукнатинските системи од двете мерни места се добиваат добри вредности за факторот на сигурност, односно нема услови за формирање на клиновиден лом.

Инженерскогеолошки својства и состојба за усек на км. 114+060

Застапените карпести маси се класифицирани и од инженерскогеолошки аспект каде основните карпи шкрилци се сврстуваат како цврсто сврзани полукаменити карпести маси. На поптегот каде што е проектиран потпорниот ѕид во нив е изведено мерното место М10, со што се утврдени состојбите на дисконтинуитетите и извршена е пресметка на квалитетот на карпата односно RQD параметарот со помош на познатата релација на измерените пукнатински системи според Palstrom (1982) кои се дадени во следната табела.

Табела 3. Резултати од мерни места и анализа на степенот на испуканост

Литолошка единица	**Мерно место**	**Густина Gp1 [j/m']**	**Густина Gp2 [j/m']**	**Густина Gp3 [j/m']**	**Усвоено Jv [j/m3]**	**RQD [%]**
Шкрилци (F)	М10	294/38 (13)	110/65 (3)	196/72 (2)	18	55,6
Добиени резултати од испитувањата на монолитни парчиња на карпи од BHW-114+050						
	Интервал на земана проба од истражната дупнатина BHW-114+050	**Волуменска тежина γ [kN/m3]**	**Индекс на точкаста јакост Js(50)[MPa] □ и ⊥**	**Јакост на притисок σp = 22*Js(50) [MPa]**	**Јакост на затегање σz = 1.5*Js(50) [MPa]**	
Шкрилци (F)	5.0 – 6.0	28,27	1,22	26,91	1,84	
Шкрилци (F)	9.0 – 10.0	27,66	0,32-0,72	7,02-15,81	0,48-1,08	
		Агол на внатрешно триење				
Шкрилци (F)	12.3 – 12.6	34°				

Забележаните пукнатински системи кај мерното место се од стиснат тип или мали mm отвори. Од презентираните резултати во претходната табела за испуканост на шкрилците можеме да забележиме дека за квалитетот на карпестата маса се добиени вредности за RQD=55,6%. Исто така во оваа табела се прикажани и физичко-

механичките карактеристики на шкрилците и јакоста на смолкнување долж пукнатини (агол на внатрешно триење), а овие податоци се искористени за класификацијата на карпестиот масив. За ова е применет методот на Bieniawski (RMR system) од каде можеме да забележи дека се застапени главно карпести маси од III категорија на карпи според Bieniawski (RMR=43–52) од типот на кварцно-серицитски шкрилци. На основа на ова се добиени податоци за карпестиот масив воопшто, но сепак при изведбата на косината од десната страна покрај ова многу се зачајни и карактеристиките на дисконтинуитетите забележани со мерното место М10. Можниот начин на лом на боковите и средината зависат од состојбата на дисконтинуитетите и нивната орентација во однос на измерениот азимут на пад на косината (пад на попречните профили), односно слободните страни на ископот (т. н. структурно контролирана нестабилност). Анализите се правени за ист тип на карпа – шкрилци со помош на програмот SWEDGE при што изводи од добиените резултати се прикажуваат како прилози. Анализиран е попречниот профил на km. 114+060 со азимут на косината од 187 (означени како 114+06072M10) каде за наклони од 3v:1h и пукнатинските системи од мерното место М10 се добиваат мали фактори на сигурност (Fs=0,4) и утврдена нестабилност помеѓу пунатините со ЕП=196/72 и ЕП=110/65. Додека за останатите поблаги наклони се добиваат добри вредности за факторот на сигурност, односно нема услови за формирање на клиновиден лом. Во овие анализи за аголот на внатрешно триење (φ) е земана вредноста од 34° добиена лабораториски и усвоени се симболични вредности за кохезија на пукнатините.

Инженерскогеолошки својства и состојба за усек на км. 122+940

Застапените карпести маси се класифицирани и од инженерскогеолошки аспект каде глинците се сврстуваат како цврсто сврзани полукаменити карпести маси, а делувијалните седименти како слабо сврзани карпести маси. Скоро по целата површина на околниот простор на потпорниот ѕид се забележува надслојот од делувијални седименти со поголема или помала моќност. Единствено на стационажа од km 122+740 – 122+760 и km 122+860 – 122+880 се забележани изданоци по површината каде што се изведени мерните места М47 и М48, каде се утврдени состојбите на дисконтинуитетите. За овие мерни места извршена е пресметка на квалитетот на карпата односно RQD параметарот со помош на познатата релација на измерените пукнатински системи според Palstrom (1982) кои се дадени во следната табела.

Табела 4. Резултати од мерни места и анализа на степенот на испуканост

Литолошка единица	**Мерно место**	**Густина Gp1 [j/m']**	**Густина Gp2 [j/m']**	**Густина Gp3 [j/m']**	**Усвоено Jv [j/m3]**	**RQD [%]**
Глинци (GL)	М47	167/18 (15)	346/58 (4)	82/86 (4)	23	39.1
	М48	46/20 (10)	178/85 (3)	105/90 (4)	17	58.9
Физичко-механички параметри на монолитни парчиња на карпи од BHW-122+850						
Литолошка единица	**интервал**	**Волуменска тежина γ [kN/m3]**	**Индекс на точкаста јакост Js(50) MPa**	**Јакост на притисок σp = 22*Js(50) [MPa]**	**Јакост на затегање σz = 1.5*Js(50) [MPa]**	
Глинци (GL)	10.0 – 11.0	26.23	0.25-1.03	5.40-22.57	0.37-1.54	
Глинци (GL)	14.0 – 15.0	26.73	0.73-3.48	15.97-76.62	1.09-5.22	

Од презентираните резултати во претходната табела за испуканост на глинците можеме да забележиме дека за квалитетот на карпестата маса се добиени вредности за RQD=39.1-58.9%. Исто така во оваа табела се прикажани и физичко-механичките карактеристики на глинците, а овие податоци се искористени за класификацијата на карпестиот масив. За ова е применет методот на Bieniawski (RMR system) од каде може да се забележи дека се застапени главно карпести маси од III–IV категорија на карпи според Bieniawski (RMR=39–46) од типот на глинци (поволна GL и слаба карпеста маса GL').

Анализата за факторот на сигурност е направена со помош на програмот SWEDGE за карпи од типот на глинци и изведеното мерно место M48 на усек на km. 122+940 (слика 2). При ова се добиени следниве вредности за факторот на сигурност (Fs=1.54) како однос на пукнатинските системи со ЕПс=46/20 и ЕП1=105/90 со азимутот на пад од левата страна на косината со ЕП=326/45. Додека пак за десната страна на косината исто така се добиени добри фактори на сигурност (Fs=1.89) како однос на пукнатинските системи со ЕПс=46/20 и ЕП2=178/85 и азимут на пад на косината од десната страна со ЕП=146/45.

Врз основа на овие добиени вредности за Fs можеме да предложиме наклони на косината и неопходни заштитни мерки кон кои проектантот во фаза на изведба може да се придржува или промени во зависност од теренските услови. Детален извод од добиените резултати за факторот на сигурност (Fs) под сеизмичко дејство се прикажани на следната слика.

Document Name:
122+940L.swd
Job Title:
SWEDGE - Surface Wedge Stability Analysis
Analysis Results:

Analysis type=Deterministic
Safety Factor=0.88406
Wedge height(on slope)=10 m
Wedge width(on upper face)=11.0286 m
Wedge volume=268.946 m3
Wedge weight=699.259 tonnes
Wedge area (joint1)=163.715 m2
Wedge area (joint2)=84.0523 m2
Wedge area (slope)=103.469 m2
Wedge area (upper face)=80.6783 m2
Normal force (joint1)=635.818 tonnes
Normal force (joint2)=112.002 tonnes
Driving force=341.763 tonnes
Resisting force=302.139 tonnes
Seismic Force:
Seismic force=139.852 tonnes
Failure Mode:
Sliding on intersection line (joints 1&2)
Joint Sets 1&2 line of Intersection:
plunge=17.3271 deg, trend=15 deg
length=33.5767 m
Trace Lengths:
Joint1 on slope face=29.7163 m
Joint2 on slope face=18.2314 m
Joint1 on upper face=11.1988 m
Joint2 on upper face=16.8093 m
Maximum Persistence:
Joint1=33.5767 m
Joint2=33.5767 m
Intersection Angles:
J1&J2 on slope face = 22.4556 deg
J1&Crest on slope face = 28.4225 deg
J1&Crest on upper face = 79.9971 deg
J2&Crest on slope face = 129.122 deg
J2&Crest on upper face = 41.0029 deg
J1&2 on upper face = 59 deg

Joint Set 1 Data:
dip=20 deg, dip direction=46 deg
cohesion=0 tonnes/m2, friction angle=22 deg

Joint Set 2 Data:
dip=90 deg, dip direction=105 deg
cohesion=0 tonnes/m2, friction angle=22 deg

Slope Data:
dip=45 deg, dip direction=326 deg
slope height=10 meters
rock unit weight=2.6 tonnes/m3
Water pressures in the slope=NO
Overhanging slope face=NO
Externally applied force=NO
Tension crack=NO

Upper Face Data:
dip=0 deg, dip direction=326 deg

Seismic Data:
Seismic coefficient=0.2
Direction=line of interesection J1&J2 but horizontal
trend=15 deg, plunge=0 deg

Wedge Vertices:
Coordinates in Easting,Northing,Up Format
1=Joint1, 2=Joint2, 3=Upper Face, 4=Slope
Point 124: 0, 0, 0
Point 134: -16.1, -22.9, 10
Point 234: -3.95, -14.7, 10
Point 123: -8.3, -31, 10

Слика 2. Излез од пресметки со програмот SWEDGE и добиена вредност за фактор на сигурност под сеизмичко дејство кај попречниот профил на km. 122+940.

На сликата конкретно кај попречниот профил на стационажа на km.122+940 можат да се видат геолошко-геометриските услови кои се многу значајни при анализата за можност за формирање на клиновиден лом. Овде наклонот на косината во многу зависи и од геологија каде глинците се опишуваат како тенкоплочести препокриени со делувијален надслој. Азимутот на пад на косината од левата страна има вредност од 326° и можноста за формирање на клиновиден лом помеѓу слоевитоста со ЕПс=46/20 и пукнатините со ЕП1=105/80 со азимут на косината од 326° и пад од 45°, односно за наклон на косината од 1v:1h.

ЗАКЛУЧОК

Од изнесениот пристап во трудот, можеме да заклучиме дека изведбата на мерни места на микролокациите на усеците се многу значајни за дефинирање наклоните на косините. Со изведбата на овие мерења на карактеристични изданоци на карпестата маса се оценува степенот на испуканост, природата на пукнатинските системи, ориентираноста на главните пукнатински системи, присуството на вода итн. Кај претходно опишаните примери за потпорните ѕидови на делот од трасата од железничката пруга, покрај мерењата на состојбите на дисконтинуитетите (формирање на мерни места) за дефинирање на факторите на сигурност на косините како значаен аспект се надоврзуваат и геометриските услови. Сите овие податоци се значајни за користење на софтверски пакети како SWEDGE. Ваквите современи софтвери овозможуваат добивање на брзи изводи од анализите на факторот на сигурност (Fs) под разни услови, како со содржина на вода од 30%, содржина на вода од 50%, сеизмичко дејство, сеизмичко дејство и вода од 30% и сеизмичко дејство и вода од 50%. Од оваа причина, препорака е истите да се користат што повеќе во комбинација со ИГ картирање на теренот и геометријата на ископот за проектирање на наклоните на косините. Широка примена можат да најдат при изведба на различни типови на објекти кои се изведуваат во цврсто сврзани карпи, а особено при проектирањето на наклоните на косините за ралични типови на објекти и можните начини на нивна заштита.

ЛИТЕРАТУРА

Блажо Боев, Ристо Стојанов: ПЕТРОГРАФИЈА Рударско-Геолошки Факултет 1994г;

Думурџанов Н. , Петров Г.: ГЕОЛОШКО КАРТИРАЊЕ, Штип 2005;

Јовановски М., Гапковски Н., Пешевски И., Аболмасов И.: ИНЖЕНЕРСКА ГЕОЛОГИЈА, Градежен Факултет Скопје, 2012г;

“Елаборат за геотехничките истражувања и испитувања на теренот вдолж трасата на железничката пруга Кичево–граница со Република Албанија, делница 2”, Геохидроконсалтинг 2015;

П. Петковски, Т. Ивановски: Толкувач за Основна Геолошка Карта, лист Кичево 1:100 000, Белград 1980;

ИНЖЕНЕРСКО-ГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НАТЕРЕНОТ НА ВОДОЗАФАТОТ ЗА ИЗГРАДБА НА МАЛАХИДРОЕЛЕКТИРЧНА ЦЕНТРАЛА НА КЛЕПАЛСКА РЕКА – БЕРОВО

[1]Соња Паунова, [1]Војо Мирчовски, [1]Ѓорги Димов

[1]Факултет за природни и технички науки, Институт за геологија, Универзитет "Гоце Делчев" во Штип, Бул. Гоце Делчев 89, 2000 Штип, Република Македонија
sonja.paunova.sp@gmail.com

Абтракт: Во овој труд е направен приказ на инжинерско-геолошките карактеристики на теренот на водозафатот во зоната за изградба на мала хидроелектрична централа (МХЕЦ) на Клепалска река – Берово. Морфологијата на теренот покажува сложена градба, која е предизвикана од меѓусебното влијание на тектонските, неотектонските и современите процеси. На просторот во зоната на водозафатот изработени се два истражни бунари. За утврдување на физичко-механичките карактеристики на карпестите маси земени се репрезантативни примероци на кои се извршени лабораториски испитувања. Одредени се инжинерско – геолошкте видови на карпести маси, нивните физичко механички карактеристики и врз основа на овие истражувања изработен е попречен геотехнички профил на теренот на водозафат. За дефинирање на геотехничките услови за изведба на водозафатниот објект анализирани се носивите карактеристики на подлогата и очекуваните слегувања.

Клучни зборови: водозафат, гнајсеви, карпести маси, јакост, истражни бунари, геотехнички својства

ВОВЕД

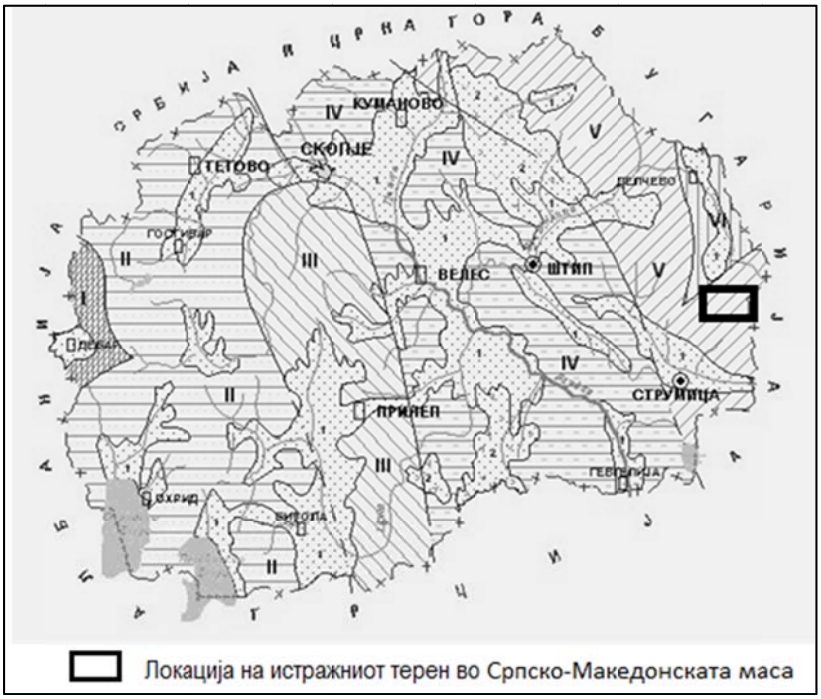
Локацијата предвидена за изградба на мала хидроелектрична централа на река Клепалска се наоѓа на источниот дел на Република Македонија, во централниот дел на Малешевските планини. За пристап до локацијата, постои асфлатен пат од Берово до Клепало каде е предвиден граничен премин кон Република Бугарија. Трасата на патот оди по долината на Клепалска река (Сл.1).Со извршените теренски и лабораториски истражувања и испитувања, дефинирана е природната конструкција на теренот за потребните делови со анализа на сите резултати и интерпретација

Слика 1. Локација на Клепалска река

Направени сегеолошки, геомеханички и хидрогеолошкиистражувања и испитувања, земање на репрезентативни проби на почви и карпи за одредување на физичко механичките карактеристики на теренот кој се наоѓа во зоната на водозафатот на мала хидроцентрала на река Клепалска.

ОСНОВНИ ГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ТЕРЕНОТ

Истражуваниот терен припаѓа на централниот дел на Малешевските планини кој се карактеризира со благ релјеф и зарамнети била, овие терени се најстарите геолошки копна формирани на територијата на Република Македонија.Подрачјето на Клепалска река, во регионален тектонски поглед припаѓа на зоните врзани за структурите типични за Српско-Македонската маса како геотектонска единица, Арсовски (1997) што може да се види на слика 2.



Слика 2.Локација на Српско – Македонската маса каде што припаѓа истражниот простор за изградба на мала хидроцентрала на река Клепалска (М. Арсовски, 1997).

Геолошката градба на поширокатa околина на истражуваниот локалитет е прикажана според податоците од ОГК 1:100 000 лист Делчево. Ковачевиќ, М., Ракичевиќ, Т. (1973).Како што може да се види од геолошката карта (Сл.3). поширокатa околина на истражниот терен е изградена од алувијални седименти, пиоценски седименти, епидот – хлорит- амфиболски шкрилци и дволискунски тракасти гнајсеви. По ободните делови на Клепалска река на мал простор се јавуваат и делувијални седимети кои на геолошката карта не се претставени. Теренот во зоната на водозафатот на МХЕЦ на Клепалска река – Берово,е изграден од цврсто врзани стари Прекамбријскидволискунски тракасти гнајсеви, преку коипо целата траса транзгресивно лежат алувијални и делувијални седименти.

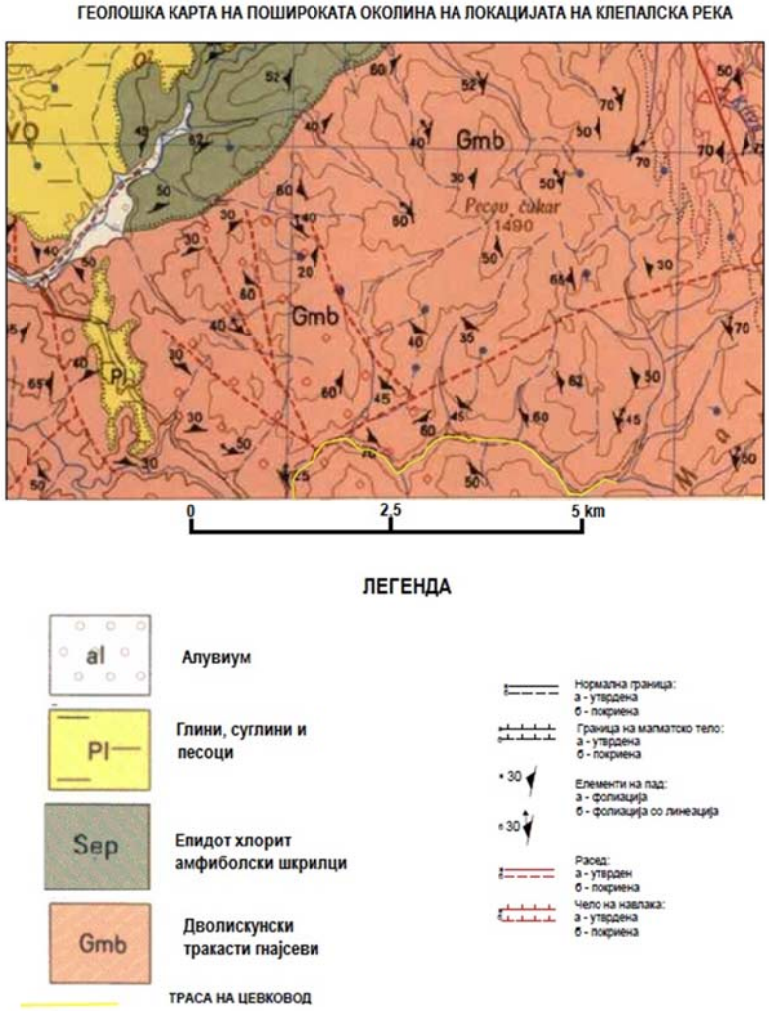
Дволискунските тракасти гнајсеви (Gmb)се од Прекамбриска старост и претставуваат главна карпеста маса во градбата на теренот, а преку нив

Алувијалнитеседименти(al) се застапени по долината на Клепалска река. Изградени се од груби кластични материјали составени од песокливи глини, песоци чакали и валутоци од околни карпи кои се совршено обработени и со разни димензии. Дебелината на алувиумот во речната долина е различна во зависност од местоположбата во планинските реки може да биде до 2,5 метри.

Делувијалните седименти (d)се застапени на помал простор и составени се од глиновит материјал помешан со дробина. Овие наслаги најчесто се формираат на ободните делови на речното корито на Клепалска река и нивната дебелина ретко минува над 2 метри.

трансгресивно лежат алувијално - делувијалните седименти. Гнајсевите имаат изразена фолијација и тектонски се доста здробени и искршени. Структурата им е гранобластична и лепидобластична. По боја се сивкасти до зеленикави а минерали кој учествуваат во нивната градба се кварц, фелдспати, биотит и мусковит како главни минерали а како споредни се јавуваат гранат, магнетит, циркон и др. Дебелината на оваа гнајсна серија е проценета на преку 1200 метри.

Сите фази на геолошкиот развој и тектонските движења имале влијание на моменталната состојба на теренот, кои се манифестирани преку денешниот релјеф.



Слика.3 Геолошка карта на поширокатa околина на локацијата за МХЕЦ Клепалска река-Берово (исечок од ОГК на Р.М. лист Делчево)

Теренот на кој треба да се гради објектот на водозафатот се наоѓа воречното корито на Клепалска река. Тој е дел од речниот алувион со ширина од околу 25 метри. Од изведените истражни работи (геолошко картирање, истражни бунарии и геофизички мерања може да се види дека алувијално делувијалниот нанос има дебелина од 2,2 метри. На теренот во зоната на водозафатот има отворен геолошки профил па на површината можат да се видат откриени карпи од гнајсеви, обраснати со букова шума.

ХИДРОГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ТЕРЕНОТ

Врз основа на структурниоттипнапорозностворамкитенакарпеститемасинаистражуваниотпросторсеиздвојуваатпукнатински тип на водоносници, збиен тип на водоносници и условно безводни терени.

Споредхидродинамичкитекарактеристикикоивладеатворамкитенаводоноснитесрединиseиздвојуваатводоносницисослободнониво.

- Пукнатински тип на водоносници

Пукнатинскиот тип водоноснци со слободно ниво на подземни води може да се формира во гнајсевите во повисоките делови на масивот, кои се зафатени со поизразена тектоника и имаат поголема испуканост. Прихранувањето на овие водоносници се врши со инфилтрација на водите од атмосферските талози од површината на теренот.

- Збиен тип на водоносници

Збиениот тип на водносници се формира во алувијалните и делувијалните седименти присутни околу речното корито на Клепалска река кои се карактеризираат со интергрануларна порозност. Прихранувањето на овие водносници се врши од со водите од Клепалска река и со инфилтрација на водите од атмосферските талози. Во геолошката градба на овие седименти има нерамномерно гранулирани чакалесто песокливи наслаги.

- Условно безводни терени

Воовакатегоријанакарпивлегуваатметаморфнитекарпиодсеријатанакомпактнигнајсевии сепојавуваатнаголемделодтеренотоколуКлепалскарека.Воовиекарпиимамногумалипојавинаизвори и реткихидрогеолошкипојави (повремениизворисомалаиздашност).

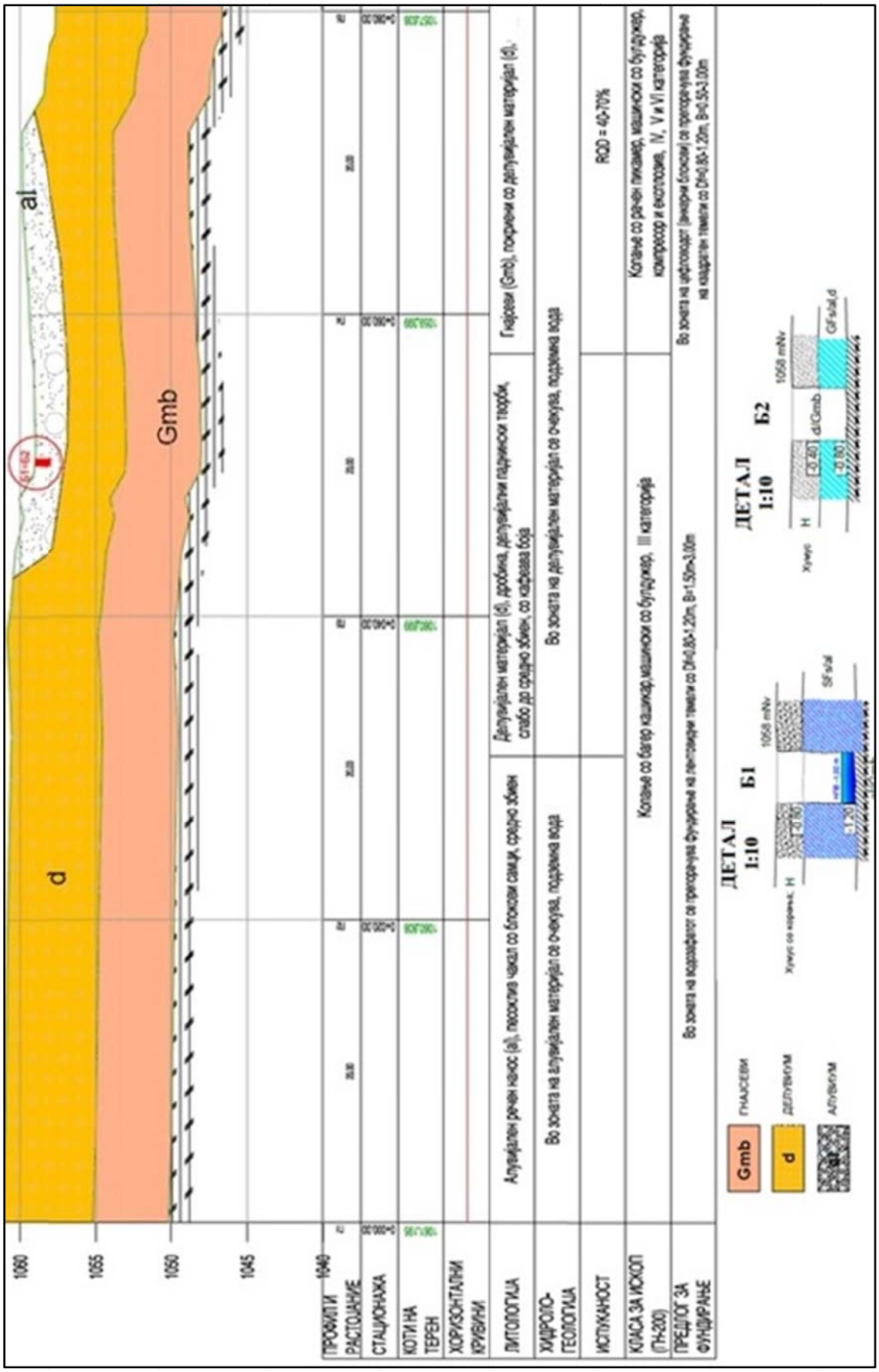
- Режим на подземни води

Од аспект на режимот на подзмените води (прихранување, движење на подземни води, празнење и ниво на подземни води - Н.П.В.), може да констатираме дека, според геолошката градба на теренот главен фактор за формирање на водносниците со слободно ниво се атмосферските талози (дождови, снегови), кои претставуваат главен извор на прихранување на водоносниците. Резервите на подземни води формирани во овие водносници се непостојани како по издашност, така и по ниво на подземна вода. Правецот на движењето на подземните води е во директна зависност од морфологијата на теренот и ориентацијата на пукнатинските системи кои го хранат вдоносникот. Исцедувањето или празнењето се врши преку помали повремени и постојани извори формирани со локалниот ерозионен базис.

ГЕОТЕХНИЧКИ СВОЈСТВА НА ТЕРЕНОТ

За одредување на геотехничките својства на карпестите маси застапени во зоната на водозафатот, извршенисеодреден број на геотехнички истражувања и испитувања при што, се дефинирани сите влезни геолошки и геотехнички елементи.Геотехничките карактеристики на теренот се дефинирани врз основа на геолошкото, хидрогеолошкото и инженерскогеолошкото картирање на теренот како и од резултатите добиени од теренските истражни работи и лабораториските испитувања.

Геотехничкот попречен профил на теренот на водозафатот на МХЕЦ на река Клепалска е даден на слика 4.



Слика 4.Геотехнички попречен профил на теренот на водозафат

ИНЖИНЕРСКОГЕОЛОШКИ ВИДОВИ НА КАРПЕСТИ МАСИ

Карпестите маси на теренот во зоната на водозафатот од инженерскогеолошки аспект се класифицирани во два вида на карпи:

- Нескаменетиневрзани и полуврзаниглиновитокластичнисед именти;
- Цврстикарпестимасиизградениодме таморфниоткомплекснагнајсеви;

Нескаменети, неврзаниглиновитокластичниседименти

Врз основа на теренската проспекција и извршените лабораториски анализи неврзаните седименти се разграничени на одредени литолошки формации и слоеви. Генерално може да се заклучи дека на локацијата на водозафатот (според анализите на бунарите Б1 и Б2) се застапени следниве материјали.

H- Хумус, со корења од растенија, наслаги од лисја, со песоклива фракции темно кафеава боја;

GFs/d - Дробина од распадната карпа, прашинеста, доста песоклива, со појава на чакални зрна, остри и заоблени ивици на зрна, средно збиена, светло кафеава боја;

SFs/al - Песок прашинест со присуство на чакални зрна d max=5см, кафеаво жолтеникава боја;

Gmb– Гнајсеви

Со оглед на карактеристиките на застапените литолошки единици, нивните физичко механички параметрисе одредени според податоци од теренските истраги. За слоевите со геомеханичка ознака GFs/d и SFs/al карактеристични се следниве параметри:

γ=19,10 - 23,17 kN/m3 γd=18,13 - 21,93 kN/m3 γ'=11,34 - 13,95kN/m^3

φ=27,70-33,00º; c=0,00-2,00 kPa; Mv=14034-18964 kN/m^2

ω=4,70 - 6,10% ; Gs=2.67 - 2.79, k=0.72-14.58

Цврстикарпестимаси

Овие карпестимасисе изградениодметаморфниоткомплекснагнајс еви и на теренот во зоната на водозафатот се појавуваат на отворен геолошки на површината на теренот. За дефинирање на состојбата на испуканост, применети се методи на директно определување на параметрите со мерење и анализирање на карактеристичните карпи видливи од површината на теренот и се засновани на структурни мерења на испуканост на карпестиот масив - дефинирање на дисконтинуитетите и нивните отвори.

На мерните точки се мерени следните параметри кои се дадени во Табела 1:

Gp [p/m'] – број на пукнатини на единица должина
Gp1 – (пример Gp1 за пукнатински систем 1, итн)

Овие податоци се користени за пресметување на следните параметри на карпестата маса:

RQD [%] –определување на квалитет на карпата, по Palstrom (RQD=115-3.3Jv)

Jv(p/m^3) – вкупен број на пукнатини на единица волумен, како збир на пукнатините.

Табела 1.Резултати и анализи за степенот на испуканост на мерните точки

Проба	Мерна точка	G1 (p/m')	G2 (p/m')	J_v (p/m^3)	RQD (%)
1	M-1	7	12	19	52
2	M-2	10	5	15	66
3	M-3	8	11	19	52
4	M-4	8	10	18	56
5	M-5	6	12	18	56

Од резултатите во Табела 1 може да заклучиме дека гнајсот има RQD вредност од 52 до 66 и е класифициран во категоријата на поволна карпеста маса. Сите овие анализи служат како основа за проценка на ископот и класификација на карпите од геотехнички аспект.

Физичко механичките карактеристики на карпестите маси се анализирани за основните карпести маси на посочената локација. Одредени се преку комбинирани теренски и лабораториски испитувања.

Физичко механички карактеристики на монолитните делови

Вредноста на јакоста на монолитните делови е добиена со помош на дефинирање на индексот на јаксот, со преса на точкасто оптеретување. Тој е пресметан со следнава формула:

$$Js=p/D^2 \text{ (MPa)}$$

Каде:

P – сила во моментот на лом

D – растојание меѓу точките на лом

Резултатите добиени со испитување на точкастата јакост на две мерни точки од водозафатот се дадена во табела бр. 2.

Табела 2. Испитување на точкастата јакост

Проба	Мерна точка	Испитување	Локација	A/B (cm)	H (mm)	H^2 (mm2)	Сила P(kN)	Точкаста јакост I_s (MPa)	Едноаксијална јакост на притисок σp(MPa)
1	Б - 1	1	Водозафат	4.1/4.5	41	1681	9.00	5.4	117.7
2	Б - 2	2	Водозафат	5.5/5.8	55	3025	18.20	6.0	132.2

Физичко механички карактеристики на карпестиот масив

Општо познато е дека физичко механичките карактеристики на монолитните делови не можат да бидат репрезентативни за карпестиот масив.

Определувањето на модулот на деформација (Em) и параметрите на јакост на смолкнување на масивот (кохезија на масивот c, и агол на внатрешно триење φ) е извршено по генерализираниот критериум на лом наHoek - Brown:

$$S_1' = S_3' + S_c \cdot \left(m_b \cdot \frac{S_3'}{S_c} + s \right)^a$$

mb- емпириска константа за даден тип на карпестата маса;

s и **a** - константи кои зависат од карактеристиките на карпестата маса;

***S*c** - едноаксиална јакост на притисок на монолитен дел од карпата;

***S*'$_1$** и ***S*'$_3$**- ефективни главни напрегања;

$$s = \exp\left(\frac{GSI-100}{9-3D}\right);$$

$$mb = mi \exp\left(\frac{GSI-100}{28-14D}\right);$$

$$Em(GPa) = \left(1-\frac{D}{2}\right)\sqrt{\frac{\sigma ci}{100}}$$

Em-модул на деформации по критериумот на Hoek i Brown;
GSI –квалитет на карпестите маси по Hoek, поврзан со категоризацијата на Bienawski;
m,s–емпириски константи зависни од GSI i RMR;
D-коефициент на пореметеност на масивот;
σ1, σ3 –главни нормални наперегање;
σci = σp јакост на притисок;

Врз основа на сите влезни параметри за пресметка на јакосно деформабилните карактеристики и добиените основни параметрина карпестиот масив, добиени се следните вредности на основните физичко-механички параметри на масивот, Табела бр.3.

Табела 3. Податоци за кохезијата и аголот на внатрешно триење на масивот

Карпеста маса (категорија *по Bieniawski, (1989)*	*III*
RMR (rock mass rating)	*46 - 58*
GSI (geological strenth index)	*23 - 43*
Вистинска кохезија на масивот C(KPa)	*170 - 470*
Агол на внатрешно триење на масивот j(°)	*30 - 49*
Модул на деформација Em(MPa)	*290 - 550*

Поради појавата на пукнатини и раздробеност на керпестите масиви локално се очекува појава на нестабилни косини, одрони од блокови и самци.

Според техничките прописи за услови за работа, карпите припаѓаат во III категорија, каде при изведување на ископ мора да се употреби тешка механизација.

ГЕОТЕХНИЧКИ УСЛОВИ ЗА ИЗГРАДБА НА ОБЈЕКТИТЕ

За дефинирање на геотехничките услови заизведба на водозафатниот објект анализирани се носивите карактеристики на подлогата и очекуваните слегувања. Врз база на усвоените физичко механички карактеристики на карпестите маси во кои ќе се темелат објектите, извршена е пресметка на граничната и дозволената носивост на природната темелна подлога. Фундирањето на водозафатот ќе се изврши во алувијалниот слој и матичната карпа изградена од тракастите дволискунски гнасеви .

За пресметка на носивиот капацитет на природнат подлога земени се следниве карактеристики на на алувијалниот слој:

Df=0.80-1.20m; c=0.00 kPa; γ_1=21.50kN/m^3;
$\gamma 1`$=12.70 kN/m^{3}φ=31,00 °

Според кои: Nc=40,41, Nγ=23,42, Nq=25,28

Според извршените пресметки на дозволената носивост за усвоени димензии на темелна конструкција, од лентовиден темел на природно тло добиени се резултатите дадени во следнава табела.

Табела 4. Дозволена носивост на тло за лентовиден темел

Df [m]	B [m]	L [m]	Nq	Ng	Nc	Qult/Fs [kN/m^2]	Fs	σdoz [kN/m^2]	Costante di Winkler [kN/m^3]
0.80	1,50	10,00	25,25	23,42	40,41	473,96	3,00	157,99	18958,45
	2,00	10,00	25,25	23,42	40,41	547,39		182,46	21895,46
	2,50	10,00	25,25	23,42	40,41	620,81		206,94	24832,46
	3,00	10,00	25,25	23,42	40,41	694,24		231,41	27769,47
1.00	1,50	10,00	25,25	23,42	40,41	560,03	3,00	186,68	22401,10
	2,00	10,00	25,25	23,42	40,41	633,45		211,15	25338,11
	2,50	10,00	25,25	23,42	40,41	706,88		235,63	28275,11
	3,00	10,00	25,25	23,42	40,41	780,30		260,10	31212,12
1.20	1,50	10,00	25,25	23,42	40,41	560,03	3,00	186,68	22401,10
	2,00	10,00	25,25	23,42	40,41	633,45		211,15	25338,11
	2,50	10,00	25,25	23,42	40,41	706,88		235,63	28275,11
	3,00	10,00	25,25	23,42	40,41	780,30		260,10	31212,12

Од добиените резултати од пресметката за дозволена носивост на тлото може да се констатира дека постојната средина задоволува во поглед на лом и има поволна носивост па истата може да послужи како добар хоризонт за фундирање на идниот објект.

За лентовиден темел во делот на водозафатот се препорачува да се усвои $\sigma_{доз}$=150-250 kN/m^2 при усвоена длабочина на фундирање Df=0.80 - 1.20 m.

ЗАКЛУЧОК

Теренот на водозаватот претставува всечено речно корито со благи падини и е слабо подложен на ерозија и денудација, поради пошуменоста на теренот.

Теренот за изградба на водозафатот е дефиниран на основа геолошко, хидрогеолошко и инженерскогеолошко картирање, како и со резултатите добиени Сите карпести маси вдолж трасите на објектите, од инженерско-геолошки аспект се класифицирани во два вида на карпи:

- Нескаменетиневрзани и полуврзаниглиновитокластичнисед имент;
- Цврстикарпестимасиизградениодме таморфниоткомплекснагнајсеви;

Задефинирањенасостојбатанаиспуканост, применетисеметодинадиректноопределува њенапараметритесомерење и анализирањенакарактеристичнитекарпивид ливиодповршинатанатеренот.Може да заклучиме дека гнајсот има RQD вредност од 52 до 66 и е класифициран во категоријата на поволна карпеста маса.

Поради појавата на пукнатини и раздробеност на керпестите масиви од теренските истражни работи и лабораториските испитувања.

Од хидрогеолошки аспект ворамкитенакарпеститемасинаистражувани отпросторсеиздвојуваатпукнатински тип на водоносници, збиен тип на водоносници и условно безводни терени.

локално се очекува појава на нестабилни косини,

одрони од блокови и самци. Според техничките прописи за услови за работа, карпите припаѓаат во III категорија, каде при изведување на ископ мора да се употреби тешка механизација.

Од добиените резултати од пресметката за дозволена носивост на тлото може да се констатира дека постојната средина задоволува во поглед на лом и има поволна носивост па истата може да послужи како добар хоризонт за фундирање на идниот објект.

За лентовиден темел во делот на водозафатот се препорачува да се усвои σдоз=150-250 kN/m2 при усвоена длабочина на фундирање Df=0.80 - 1.20 m.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Арсовски М. (1997): Тектоника на Македонија, РГФ, Штип

[2] Bieniawski Z.T .: Geomechanics classification of rock masses and it's application in tunneling, Proceedings of 3-rd International Conference in Rock Mechanics, Denver 1974

[3] Bieniawski Z.T .: Classification of Rock Masses for Engineering: The RMR System and future trends. Comprehensive Rock Engineering, 1993

[4] Илиевски Б. (2014): Елаборат за геотехнички истражни работи и лабораториски испитувања на локацијата предвидена за изградба на МХЕЦ 322 Клепалска, ГЕОСМ Скопје.

[5] Jovanovski M. (2013): Engineering Geology, University "Ss. Cyril and Methodius "- Skopje, Faculty of Civil Engineering - Skopje.

[6] Jovanovski, M., Gapkovski, N., Ilijovski, Z., (2002): Correlation between Rock Mass Rating and deformability on a profile for arch dam Sveta Petka. 10-th International Conference of the DGKM, Ohrid.

[7] Ковачевиќ, М., Петковски, П., Темкова, В. (1973). Толкувач за основната геолошка карта 1:100 000 за листот Делчево. Геолошки завод - Скопје.

[8] Ковачевиќ, М., Ракичевиќ, Т. (1973). Основна геолошка карта на Р. Македонија 1:100 000 лист Делчево. Геолошки завод - Скопје.

ФИЗИЧКО - МЕХАНИЧКИ КАРАКТЕРИСТИКИ КАЈ ПОЗНАЧАЈНИ НАОЃАЛИШТА НА ГРАДЕЖНО - ТЕХНИЧКИ КАМЕН ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

[1]Љупче Ефнушев, [2]Зоран Панов, [2]Ѓорѓи Димов

[1]Министерство за економија – Сектор за минерални суровини, Јури Гагарин 15, 1000 Скопје, Република Македонија, ljupce.efnusev@economy.gov.mk
[2]Факултет за природни и технички науки, Универзитет Гоце Делчев, Штип

Абстракт
Во рамките на овој труд ќе бидат прикажани позначајни наоѓалиштата на неметалични минерални суровини во Република Македонија кои би можеле да се сврстат како градежено-технички камен со нивните утврдени физичко-механички карактеристики. Конкретно за потребите на овој труд проучувани се повеќе физичко-механичките параметри на наоѓалишта на градежено-технички камен.
Одбрани се одреден број на утврдени наоѓалишта од секоја генетска група што значи дека анализирани се податоци за наоѓалишта од групата на магматски, седименти и метаморфни карпи. За сите овие наоѓалишта со лабораториски истражувања дефинирани се основните физичко-механички параметри.
Користејќи ги резултатите од овие истражувања би можеле многу лесно да го дефинираме квалитетот на карпестата маса служејќи се со една или неколку класификации за рангирање на карпестиот масив.

Клучни зборови: неметалични минерални суровини, градежно-технички камен, физичко-механички карактеристики, методологија, лабалаториски методи на истражувања.

ВОВЕД

Предмет на истражување на овој труд се наоѓалиштата и појавите на неметалични минерални суровини кој би можеле да се сврстат како градежено-технички камен.

Градежно –технички камен се нарекуваат оние неметалични минерални суровини кои било посредно или непосредно се користат за разни потреби во градежништвото. Конкретно за потребите на овој труд проучувани се повеќе физичко-механичките параметри на наоѓалишта на градежно-технички камен.

Во последните двесетина години во Република Македонија доделени се повеќе концесии и извршени се бројни истражувања на неметалични минерални суровини. Како резултат на овие истражувања отворени се многу површински копови пред се на градежно - технички камен,. Во табелата бр.1 е прикажана моменталната состојба со доделените концеисии во Република Македонија поделени според видот на минералната суровина.

Од табелата може да се констатира дека од вкупно доделените 420 концесии за детални геолошки истражувања и експлоатација на минерални суровини 193 концесии припаѓаат на групата градежно-технички камен односно 45.95% од вкупно доделените концесии.

Табела 1. Моменталната состојба со доделените концесии во Република Македонија поделени според видот на минералната суровина.

Минерална суровина	**Бр.**	**Проценти %**
Енергетски минерални суровини	11	2,62%
Металични минерални суровини	28	6,67%
Градежно-технички камен	193	45,95%
Архитектонско-украсен камен	36	8,57%
Песок и чакал, кварц и глина	97	23,10%
Минерални, термални и подземни води	53	12,62%
Техногени минерални суровини	2	0,48%
Вкупно	**420**	**100,00%**

РЕЗУЛТАТИ ОД ИСПИТУВАЊЕ НА ФИЗИЧКО – МЕХАНИЧКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ГРАДЕЖНО-ТЕХНИЧКИ КАМЕН ОД ПОВАЖНИ УТВРДЕНИ НАОЃАЛИШТА ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

Според генетскиот постанок позначајните потврдени наоѓалишта на градежно-технички камен во Република Македонија може да се поделат во три групи: магматски, седиментни и метаморфни. Во рамките на овој труд направен е табеларен приказ на поважните утврдени наоѓалишта на градежно-технички камен во Република Македонија. Најголемо внимание е посветено на анализата на резултатите за нивите физичко-механички својства, а воспоставени се и одредени корелациони зависности помеѓу параметрите.

Магматски минерални суровини- Габро, Базалт и Дијабаз

Магматските карпи (во овој случај изливни) се настанати со излевање на лавата на површината на теренот. Овие минерални суровини од групата на габрови и базалтните согласно постоечкиот Закон за минерални суровини се класифицирани во архитектонско –украсни камени. Но бидејќи досега во Република Македонија не се пронајдени наоѓалишта од овој вид со карактеристики на архитектонско–украсен камен од кој можат да се експлоатираат комерцијални блокови (со исклучок на интрузивните генетски типови), истите и карпите од групата на дијабази и спилити се експлоатираат и наоѓаат примена како градежно-технички камен. Магматските минерални суровини во Република Македонија се поретки во однос на карбонатните карпи. Па спрема тоа магматските карпи од оваа група поретко се експлоатираат и досега има само десетина потврдени наоѓалишта односно доделени концесии за експлоатација на овој вид на минерална суровина. Поради нивните специфични физичко – механички карактеристики (пред се големата отпорност на абење и тврдина) нивната примена и употреба како материјал во ниско градбата за завршни абечки слоеви во изградбата на патиштата е огромна а исто така можат да најдат примена и во градежништвото и во производството на изолаторски материјали. Спрема просторниот распоред и појавувањето доделени се концесии во северните и јужните делови од Република Македониј и по една концесија во близина на градовите Струга и Штип.

Анализирани се вкупно 10 наоѓалишта на градежно-технички камен распоредени низ целата територија на Република Македонија (Табела. 2).

Табела 2. Податоци за физичко-механички крактеристики за потврдени наоѓалишта на градежно-технички камен во Р.М. на магматски минерални суровини – Габро, Базалт и Дијабаз

Ред бр.	Локалитет Општина Минерал-на суровина	Параметар	Јакост на притисок во сува состојба	Јакост на притисок во водозасите на состојба	Водовпивање	Волуменска тежина	Специфична тежина	Степен на густина	Порозност	Постојаност на дејство на мраз	Минералошко-петрографски состав
		Метода според МКС	Б.Б8.012-Не акредитирана метода	Б.Б8.012-Не акредитирана метода	Б.Б8.010-Не акредитирана метода	Б.Б8.032-Не акредитирана метода	Б.Б8.032-Не акредитирана метода	Б.Б8.032-Не акредитирана метода	Б.Б8.032-Не акредитирана метода	Б.Б8.001	Б.Б8.003-Не акредитирана метода
		Ед. мерка	MPa	Mpa	%	kN/m^3	kN/m^3	%	%	±0,5%	поволен
1	„Зебрњак“, Куманово **Базалт**		188,15	181,16	0,35	28,00	28,60	97,90	2,10	0,10	поволен
2	„с.Слупчане“ Куманово **Дијабаз**		266,6	256,0	0,03	2,81	2,79	98,30	1,90	0,074 постојан	поволен
3	„Гавран“ Струмица **Дијабаз**		159,74	156,95	0,15	2,99	2,94	98,7	1,3	0,2	поволен
4	„Корешница“ Демир Капија- **Дијабаз**		179	167	0,12	27,47	28,04	97,50	3,00	2,6	поволен
5	“Никуштак“ Липково **Трахибазалт**		130,2	125.52	0,57	2.68	2.8	95.40	4.60	постојан	поволен
6	“Лира“ Гевгелија **Спилит-дијабаз**		161.35	142.87	0.2	2.81	2.86	98.3	1.7	Постојан	поволен
7	“Стрижек“ Струга **Габро-перидотит**		177,94	144,94	0,05	2.83	2,8	98.9	1.1	0.15	поволен
8	“Ѓопчели“ Дојран **Дијабаз**		155.2	148	0.11	27,47	2,8	97,50	1.5	0.7	поволен
9	“Ежово Брдо“ Штип **Базалт**		180.50	171.30	0.40	28.10	2.8	98.9	1.1	0.4	поволен
10	“Панталеј“ Кочани **Габро**		230	199	0.02	2.90	3.00	99.3	0.7	Постојан	поволен

Седиментни минерални суровини- Варовник

Варовникот спаѓа во групата на карбонатни седиментни карпи. Минералошки се изградени во главно од калцитот –калциум карбонат кој се јавува како кристали и зрнест агрегат. Тие често содржат и одредени примеси на магнезиум, манган, железо, глина, песок, органска материја и други примеси. Во зависност од примесите можат да се извојат повеќе видови на варовници: глиновити, лапровити, железовити, мангановидни, доломитски, силициски, песокливи, битумински и др. Од генетски аспект тие се седиментни карпи настанати на повеќе начини и према постанокот можат да бидат: органогени, хемиски кои настануват со издвојување на калциум карбонат од растворите и преталожени седиментни варовници. Варовникот има широка примена во зависност од неговата маса, структура, изгледот, начинот на појавување бојата и физчко-механичките карактеристики. Најмногу се употребуваат во градежништвото како градежно-технички камен но и во металургијата, хемиската индустрија индустријата за стакло како и во земјоделството. Во природата варовниците се јавуваат во слоеви со различни дебелини и тоа од тенко плочасти, банковити, до масивни. Бојата им варира во широки граници од безбојна до потполно црна и најчесто зависи од примесите кои ги содржат.

Во Република Македонија варовниците се најмногу застапени во терените на Западна Македонија на планините Жеден, Сува Гора, Бистра, Јабланица, Караџица, Буковик, Галичица, Бабуна кои се изградедни од варовници како и дел на Илинска Планина. Се појавуваат и во околината на Скопје, Куманово, Делчево и Демир Капија. Помали маси се појавуваат и на терените на Вардарската зона и тоа на Скопска Црна Гора, на ридовите во околината на Велес, потоа на терените околу Валандово и Дојран.

Анализрани се вкупно 21 наоѓалиште на градежно-технички камен низ целата територија на Република Македонија, од групата на најраспространетите седиментни минерални суровини-варовници или мермеризирани варовници.

Резултатите од испитуваните наоѓалишта на градежно-технички камен се прикажани во табела 3.

Табела 3. Податоци за физичко-механички карактеристики за потврдени наоѓалишта на градежно-технички камен во Р.М. (варовник и мермеризиран варовник)

	Локалитет Општина Минерална суровина	Параметар	Јакост на притисок во сува состојба	Јакост на притисок во водозаситена состојба	Водовпивање	Волумен-ска тежина	Специфична тежина	Степен на густина	Порозност	Постојаност на дејство на мраз	Минералошко-петрографски состав
		Метода според МКС	Б.Б8.012-Не акредитирана метода	Б.Б8.012-Не акредитирана метода	Б.Б8.010-Не акредитирана метода	Б.Б8.032-Не акредитирана метода	Б.Б8.032-Не акредитирана метода	Б.Б8.032-Не акредитирана метода	Б.Б8.032-Не акредитирана метода	Б.Б8.001	Б.Б8.003-Не акредитирана метода
		Ед. мерка	MPa	MPa	%	kN/m^3	kN/m^3	%	%	±0,5%	
1.	"Бразда",-Чучер Сандево, **Варовник**		154,20	148,80	0,06	27,40	27,50	99,64	0,36	Најмногу 5% (загубата на маса е под 1%)	поволен
2.	"Рашанец"-Охрид **Варовник**		148,70	131,10	0,14	26,80	27,20	98,50	1,47	1,00	поволен
3.	"Слоештица" с.Слоештица-Д.Хисар **Варовник**		130,50	121,30	0,10	27,00	27,80	96,80	3,20	Дозволена загуба на јакост на притисок max.20%	поволен
4	"Глереждино" –Сопиште **Варовник**		100.4	100	0,24	26,75	27,00	98.20	0,39	Нема загуби на маса ни големи оштетувања.	поволен
5.	"Јарова Глава" –Сопиште **Варовник**		102,20	91.54	0,1	26,95	27,10	98,5	1,5	Нема загуби на маса ни големи оштетувања	поволен
6.	"Пасивер" –Чучер Сандево **Варовник**		83,4	86,9	0,32	2,67	2,80	98,0	2.1		поволен
7.	"Краста Бел Камен" – Куманово **Варовник**		126.3	122.8	0,28	2,68	2.71	98,4	1.6	Нема губиток	поволен
8.	"Баир" –Велес **Варовник**		159,4	145.9	0,17	2,71	2,74	98,0	0,44	Нема загуби на маса ни големи оштетувања.Загуба на маса под 1%	поволен
9.	"Габер-Радиње" –Дебарца **Варовник**		107,04	105,85	0,1	2,72	2,70	97,08	2,2	Загуба на маса под 1%	поволен
10.	"Волковија"- Брвеница **Варовник**		98.67	87.5	0.22	2.68	27.9	97.8	1.1		поволен
11.	"Лабуништа" –Струга **Варовник**		107.77	104.82	0.03	27,00	27,2	98.9	2.1	0.1 без видливи оштетувања на тестираните примероци	поволен
12.	"Краста" Калишта –Струга **Варовник**		112.42	103,94	0.1	2,62	26.5	98.8	1,2	Постојан без загуба на маса без видливи оштетувања	поволен
13.	"Брија" Мојанци –Арачиново **Варовник**		97.50	95.55	0.10	27.2	27.2	99.28	0.72	Загуба 0.5 % има мали оштетувања и пукнатини	Поволен Се појавува мусковит како штетна компонента
14.	"Краста" с.Речане- Гостивар **Варовник**		104.8	99.6	0,1	2,67	2.7	98.7	1,3	Загуба 0.5 % има мали	Поволен
15.	"Краста Вруток" – Гостивар **Варовник**		139.2	136.6	0.15	2.67		98.7	1,5	постојан	Поволен
16.	"Краста" с.Опејница –Охрид **Варовник**		141	129	0.25	2.7	2.75	98.18	1.82	Загуба под 1 % нема оштетувања и пукнатини	Поволен
17.	"Острец" -Делчево **Варовник**		82.92	73.91	0.20	27.13	2.43	98.9	1.1	Загуба под 1 % нема оштетувања и пукнатини	Поволен
18.	"Тројаци" –Прилеп **Варовник**		115.6	112.3	0,1	27,00	2.7	98.4	1.7		Поволен
19.	"Старо село" –Вратница **Варовник**		138	140	0.18	2,65	2.71	98.0	1.1	Постојан	Поволен
20.	"Мала Боска" Ѓопчели – Дојран **Варовник**		115	112	0,1	2,70	2,73	98.9	1.1	0.1	Поволен
21.	"Варена Глава" с.Шашаварлија –Штип **Варовник**		91.3	86	0.10	2.69	2.72	98.90	1.10	Загуба под 0.5% нема оштетувања и пуканатини	Поволен

Метаморфни минерални суровини- шкрилци

Шкрилците едни од најраспространетите карпи од групата на метаморфни карпи и настануват со метаморфизам односно промени на магматските и седиментните карпи.

Шкрилците се карпи кои имаат среден до висок степен на кристалинитет и имаат добро изразена шкилавост како текстурен елемент. Како главни менерали најчесто се појавуваат филосиликатите и тоа: мусковит, хлорит, биотит, тремолит и др, а кај некој се појавува и кварцот и калциум карбонатот. Постојат повеќе вариетети на шкрилци и тоа на основа на минералот кој преовладува: хлоритски шкрилци, биотитски шкрилци, талкни шкрилци, микашисти, карбонатни шкрилци и др. Во Република Македонија најмногу се распространети во Српско Македонскиот масив односно источните и северо-источните делови од Република Македонија.

Анализрани се вкупно 3 наоѓалишта на градежно-технички камен распоредени во источните и северо-источните делови од Република Македонија, од групата на метаморфни минерални суровини– шкрилци. Резултатите од испитуваните наоѓалишта на градежно-технички камен се прикажани во табела 4.

Табела 4. Податоци за физичко-механички крактеристики за потврдени наоѓалишта на градежно-технички камен во Р.М. на метаморфни минерални суровини - Шкрилци

Ред. бр.	Локалитет Општина Минерална суровина	Параметар	Јакост на притисок во сува состојба	Јакост на притисок во водозаситена состојба	Водовпивање	Волуменска тежина	Специфична тежина	Степен на густина	Порозност	Постојаност на дејство на мраз	Минералошко-петрографски состав
		Метода според МКС	Б.Б8.012-Не акредитирана метода	Б.Б8.012-Не акредитирана метода	Б.Б8.010-Не акредитирана метода	Б.Б8.032-Не акредитирана метода	Б.Б8.032-Не акредитирана метода	Б.Б8.032-Не акредитирана метода	Б.Б8.032-Не акредитирана метода	Б.Б8.001	Б.Б8.003-Не акредитирана метода
		Ед. мерка	MPa	MPa	%	kN/m^3	kN/m^3	%	%	±0,5%	
1	„Почивало“ Крива Паланка Амфибол-хлоритски Шкрилци		85,23	70,25	0,1	2,99	2,60	99,3	0,7	Загуба на маса под 1%	
2	„Голем Рид“ Радовиш Карбонатни шкрилци		128,66	114,49	0,18	2,71	2,60	98,90	0,7	Нема загуба на маса ни големи оштетувања Загуба на маса под 1%	
3	„Радибуш“ Ранковце Гнајсни шкрилци		115.0	104.0	0.4	2,63	2,64	99,62	0,38	Загуба на маса под 1%	

ЗАКЛУЧОК

Од погоре изнесеното може да се заклучи дека на територијта на Република Македонија постојат поголем број на наоѓалишта на неметалични минерални суровини во кој се врши експлоатација на минерална суровина градежно - технички камен. Според генетскиот постанок позначајните потврдени наоѓалишта на градежно-технички камен во Република Македонија може да се поделат во три групи: магматски, седиментни и метаморфни.

Во овој труд дадени се физичко - механичките карактеристики на 10 наоѓалишта од групата на магматските, 21 наоѓалиште од групата на седиментните и 3 наоѓалишта од групата на метаморфни наоѓалишта на градежно - технички камен. Притоа за сите наоѓалишта од трите генетски типа анализирани се следните параметри:

- Јакост на притисок во сува состојба;
- Јакост на притисок во водозаситена состојба;
- Водовпивање;
- Волуменска тежина;
- Специфична тежина;
- Степен на густина;
- Порозност;
- Постојаност на дејство на мраз;
- Минералошко-петрографски состав;

Добиените резултати се дадени табеларно за секој генетски тип посебно.

Градежниот камен од магматските наоѓалишта поради нивните специфични физичко – механички карактеристики (пред се големата отпорност на абење и тврдина) нивната примена и употреба како материјал во ниско градбата за завршни абечки слоеви во изградбата на патиштата е огромна а исто така можат да најдат примена и во градежништвото и во производството на изолаторски материјали.

Суровината од седиментните наоѓалишта на градежно - технички камен има широка примена во зависност од неговата маса, структура, изгледот, начинот на појавување бојата и физчко-механичките карактеристики. Тие најмогу се употребуваат во градежништвото како градежно-технички камен но и во металургијата, хемиската индустрија индустријата за стакло како и во земјоделството.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Вакањац, Б.: Геологија лежишта неметаличних минералних сировина, Изд. Рударско-геолошки факултет Београд, Београд, 1992;

[2] Закон за Минерални суровини на Република Македонија (Службен весник на Р. Македонија бр. 136/12, 25/13, 93/13, 44/14, 160/14, 129/15, 192/15, 39/16, 53/16 и 120/16);

[3] Правилник за содржината на геолошката документација за вршење на детални геолошки истражувања. Службен весник на Република Македонија бр. 24/07;

[4] Јовановски М., Гапковски Н., Пешевски И., Б. Аболмасов: Инженерска Геологија - Универзитет "Св.Кирил и Методиј", Градежен факултет – Скопје 2012

[5] Правилник за класификација и категоризација на резервите на цврсти минерални суровини и за водење на евиденција за нив (Сл. Лист на СФРЈ од 19. 10 1979).

[6] Стојановиќ М.: Наоѓалишта на неметални минерални суровини во Македонија, 2005 год;

СТЕРЕОГРАФСКА АНАЛИЗА НА ПЛАНАРНИТЕ И РУПТУРНИТЕ СТРУКТУРИ НА ИСТОЧНОТО КРИЛО НА БРЖДАНСКАТА АНТИКЛИНАЛА ВРЗ ОСНОВА НА ГЕОТЕХНИЧКИТЕ ИСТРАЖУВАЊА ЗА ЖЕЛЕЗНИЧКА ПРУГА, КОРИДОР VIII, ДЕЛНИЦА КИЧЕВО – ЛИН (Р. АЛБАНИЈА)

[1]Игор Митев, [1]Александар Мурџовски, [1]Сашо Георгиевски

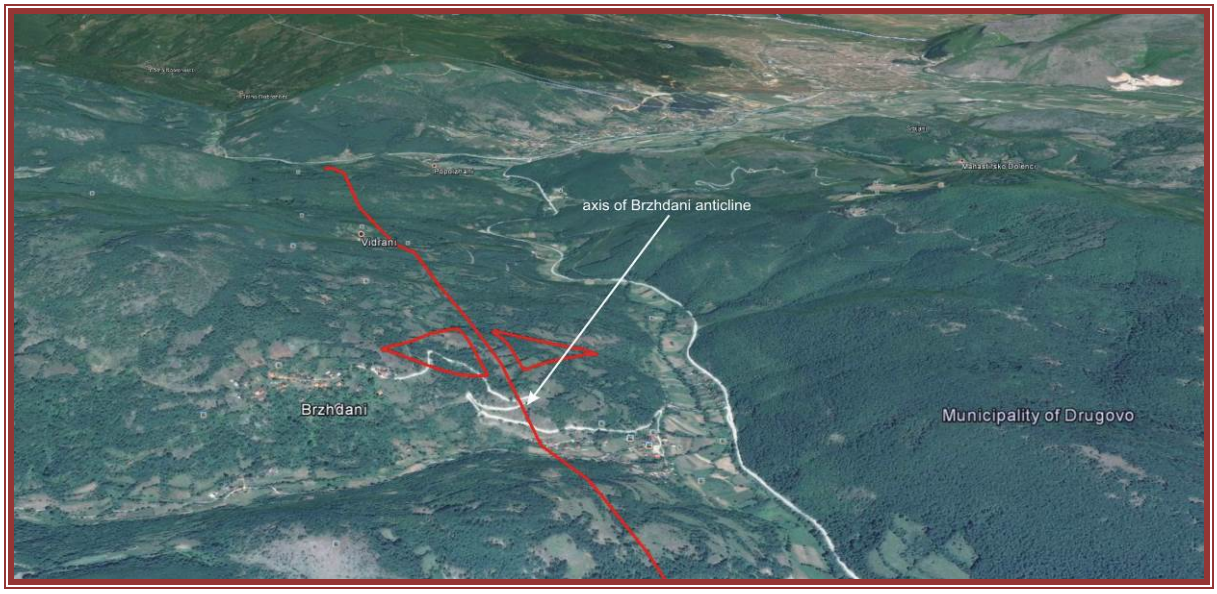
[1]ГЕИНГ Кребс унд Кифер Интернешнл и др. ДОО-Скопје Ул. Борис Трајковски бр. 111, Скопје
mitev.i@geing.com.mk; murdzovski.a@geing.com.mk; saso.g@geing.com.mk;

Абстракт
Коридорот VIII како еден од десетте транс-европски коридори претставува значајна комуникациска врска помеѓу Јадранското и Црното море и неопходен економски и политички сегмент во меѓурегионалната стабилност со огромно влијание врз размената и врските помеѓу државите низ кои поминува.
Низ Република Македонија Коридорот VIII се протега во должина од околу 310 km. Започнува на границата со Република Албанија од каде преку градовите Струга, Кичево, Гостивар, Тетово, Скопје, Куманово и Крива Паланка завршува на граничниот премин Деве Баир, граница со Република Бугарија, минувајки при тоа низ широк спектар на геолошки формации кои се издвојуваат како засебни сегменти дефинирани врз основа на својот минералошко-петролошки, инженерскогеолошки, тектонски, односно геотехнички склоп.
Една од најзабележителните тектонски форми низ чии рамки се движи проектираната делница од Коридор VIII се издвојува Бржданската антиклинала, односно дел од нејзиното источно крило кое се карактеризира со геолошка градба во која учествуваат исклучиво метаморфни карпести маси од старопалеозоиска (девонска) старост. Предмет на анализа при геотехничките истражувања претставуваат структурно-геолошките елементи на планарните и руптурните структурни форми развиени на источното крило на Бржданската антиклинала на потегот од с. Пополжани (Кичево) до с. Брждани, односно од стационажа km 107+940 до km 111+700.

Клучни зборови: Коридор VIII, Брждanska антиклинала, источно крило, планарни и руптурни структури, слоевитост, фолијација, испуканост, распаднатост, стереографска проекција, геолошки програмски пакет DIPS 6.014.

ВОВЕД

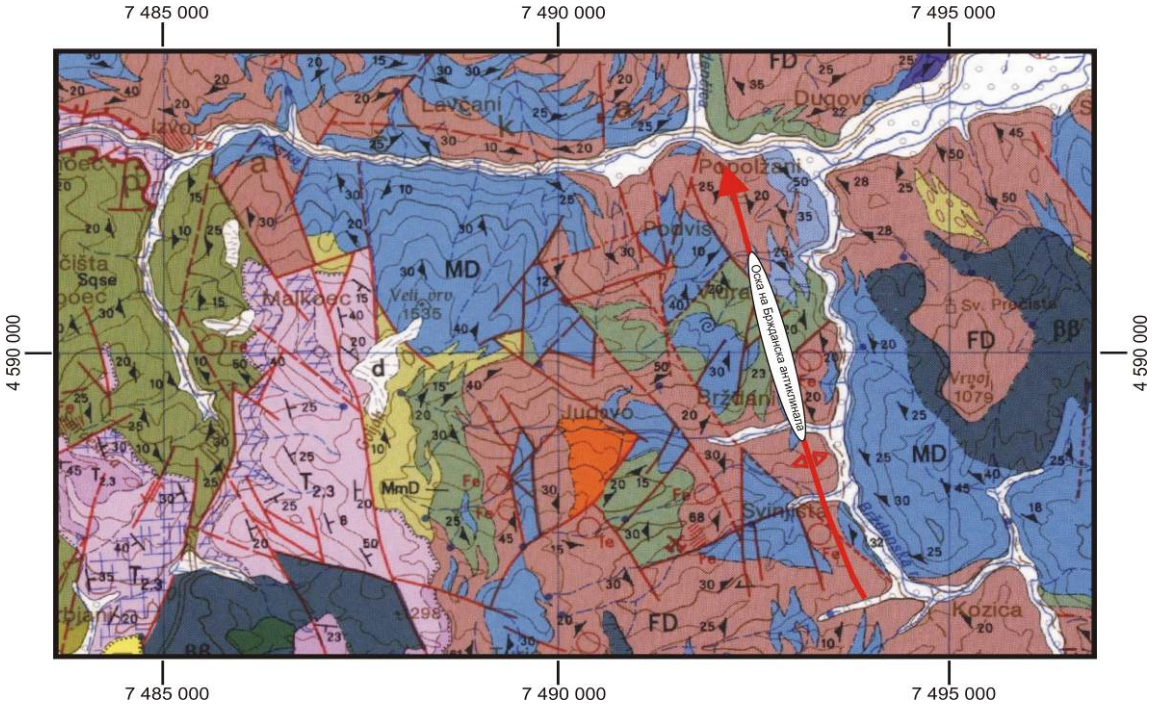
Одредувањето на тектонскиот склоп и сеизмотектонските карактеристики претставува значаен и неодминлив сегмент при формирањето на комплетна инженерскогеолошка (геотехничка) слика за теренот предвиден за изведба на одреден градежен објект и тоа како во фазите на проектирање на објектот, така и во текот на неговата експлоатација. Во насока на гореднаведеното, за време на геотехничките истражувања за трасата за железничка пруга, коридор VIII, делница Кичево – Лин (Р. Албанија), покрај останатите геотехнички анализи соодветно внимание е посветено и на утврдувањето на тектонскиот склоп и сеизмотектонските карактеристики на теренот преку стереографска проекција на структурно-геолошките елементи на планарните и руптурните структури на источното крило на Бржданската антиклинала (**Слика 1**), која се издвојува како еден од помаркантните тектонски медиуми вдолж истражуваниот терен. Анализата го опфаќа источното крило на Бржданската антиклинала на потегот од с. Пополжани до с. Брждани, односно од стационажа km 107+940 до km 111+700. Во рамки на оваа делница по должина на трасата извршени се низа **in situ** структурно-геолошки мерења на планарните и руптурните структури со цел утврдување на геолошките квалитативно - квантитативни одлики на карпите од аспект на слоевитост, фолијација, испуканост, раседнатост итн., преку стереографска проекција и анализа на структурите со употреба на геолошкиот програмски пакет DIPS верзија 6.014.



Слика 1. Географска положба на Брждaнската антиклинала

ГЕОЛОШКА ГРАДБА НА ТЕРЕНОТ

Од геолошки аспект, теренот низ кој се протега брждaнската антиклинала, како и поширокиот регион воопшто е изграден од старопалеозоиски (девонски) метаморфни творби, меѓу кои како најзначајни се издвојуваат филитоидите / филитичните шкрилци (FD), карбонатните шкрилци (MmD) и плочастите мермери (MD). Сите споменати литолошки формации претставуваат сложен метаморфен комплекс, сменувајќи се наизменично помеѓу себе како по хоризонтален така и по вертикален правец, создавајќи при тоа комплексна геолошка средина со специфични геотехнички карактеристики (**Слика 2**), Прегледна геолошка карта (исечок од ОГК 1:100 000 лист Кичево К34-90).



Слика 2. Прегледна геолошка карта: Филитоиди/филитични шкрилци (**FD**); Карбонатни шкрилци (**MmD**); Плочасти мермери (**MD**);

Филитоиди – FD

Филитоидите претставуваат група на метаморфни карпи во чии рамки често и на релативно кратки интервали се сменуваат филитични шкрилци, кварц-серицитски шкрилци, аргилофилити, аргилошисти и во помала мера метапесочници, како по хоризонтален така и во вертикален правец.

Филитичните шкрилци - F (**Слика 3**) се карпи кои спаѓаат во групата на филитоиди, но заради начинот и зачестеноста на појавување, истите во рамки на истражуваниот терен се издвоени како засебна група на карпести маси.

Тоа се едни од најмногу застапените карпести маси во рамки на истражуваниот терен. Се појавуваат како секундарни маси со мала моќност во рамки на карбонатните шрилци и филитиоидите, па се до случаи кога се појавуваат како маркантни масиви кога изградуваат цели зони како по вертикален така и по хоризонтален профил.

Карпи со низок кристалинитет, интензивно ушкрилени, најчесто меки и трошни, лесно се цепат и издвојуваат по рамнините на фолијација во форма на тенки лиски и плочи со дебелини од 5 mm до 10 cm, не ретко се глинизирани, често раседнати и регионално ослабени. Имаат жолтеникаво кафеава, сиво кафеава, сива до сиво зеленикава боја.

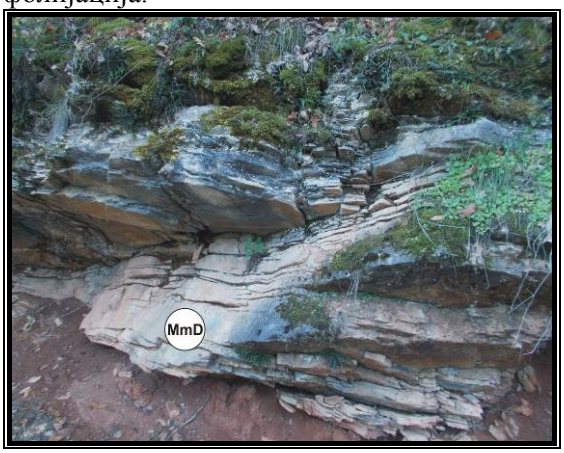
Имаат лискунски состав со доминантно присуство на мусковит и серицит и чести појави на кварц и хлорит. Степенот на испуканост е постојан по фолијацијата така што често во овие карпи се среќаваат кварцни жили со променлива дебелина која достигнува и до 20 cm.

Слика 3. Филитични шкрилци (**F**). с. Брждани

Карбонатни шкрилци – MmD

Карпи кои имаат значително место во геолошката градба вдолж истражуваниот терен и претставуваат геолошки медиум (**Слика 4**) тесно поврзан со филитиоидите и плочастите мермери.

Се јавуваат во вид на помали или поголеми маси и често преслојување со плочасти мермери и филитичните шкрилци. Во најголем дел се доста цврсти, крути и компактни, но во одредени случаи интензивно испукани така што можат лесно да се издвојуваат вдолж рамнините на фолијација.



Слика 4. Карбонатни шкрилци (**MmD**). с. Видрани

Имаат бледо сива, сива до сиво зеленикава боја со лепидобластична структура и најчесто шкрилеста текстура. Имаат калцитски состав со често присуство на хлорит, кварц, фелдспат и лискуни.

Плочасти мермери – MD

Плочастите мермери (**Слика 5**) се карпи со калцитски состав и гранобластична структура.

Тоа се беликаво сиви на места розеникави, ретко ушкрилени, доста цврсти и крути карпести маси. Често се испукани, карстифицирани, на места со нагласена пукнатинско - кавернозна порозност, а често меѓусебно се сменуваат со карбонатните шкрилци и филитоидите, со исклучок на една зона непосредно изнад с. Пополжани каде се јавуваат во вид на изолирана маса која изградува голем дел од просторот. Односот со околните средини е најчесто со постепени преоди и меѓусебни сраснувања и ретко тектонски.

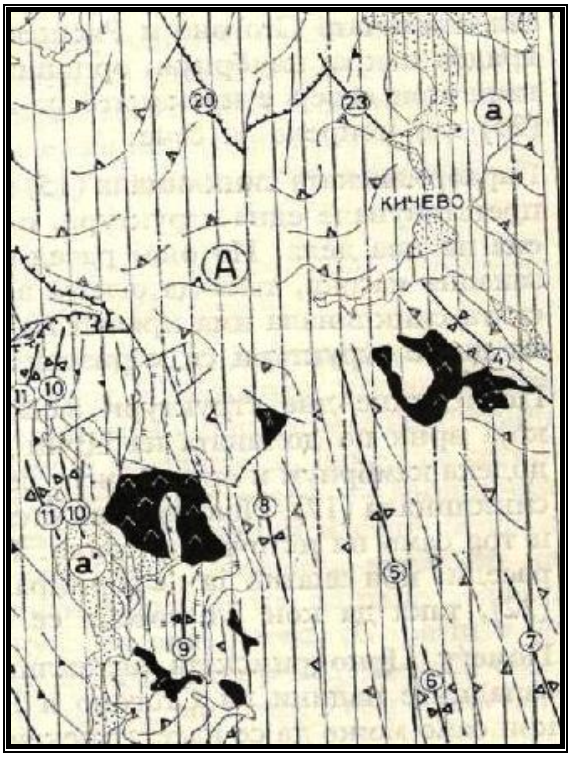
Слика 5. Плочасти мермери (**MD**). с.Д.Пополжани

ТЕКТОНСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ

Подрачјето на истражуваниот терен припаѓа на Западно - Македонската зона како покрупна геотектонска форма која се одликува со доминантен планински рељеф во која како најзначајни планински масиви се издвојуваат Кораб, Галичица, Илинска планина и др. Југозападно од Кичево на крајните северни падини на Илинска планина како најкрупна геотектонска сруктура и како еден од позначајните геотектонски медиуми и пликативни форми се издвојува ***Брждaнската антиклинала*** чие источно крило е изградено од старопалеозоиски (девонски) метаморфни творби претставени со разновидни, филитоиди, филитични и карбонатни шкрилци и мермери, додека во западното крило покрај девон, значајно место завземаат тријас, јура, како и терциерните изливни риолити.

Генезата на оваа наборна структура се поврзува за две орогени етапи (Херцинската и Алписката). На крилата на Брждaнската антиклинала се развиени неколку секундарни структури испресечени со повеќе руптурни сегменти и раседни форми со различни правци на протегање кои ги деформираат и издвојуваат литолошките структури како поединечни фрагменти.

Во рамки на Источното крило како секундарни структури се издвоени Старчинската синклинала и Пространьската антиклинала чии оски се ориентирани со субмеридијален правец, паралелно со билото на Илинска Планина изградени претежно од формациите на горниот дел на каледонскиот комплекс (**Слика 6**). Оската на Брждaнската антиклинала е меридијално ориентирана со генерален правец на протегање Север-Југ и благо тонење спрема север со елементи 355/7 (**Слика 2**). Тектонските одлики на застапените литолошки формации застапени на крилата на Брждaнската антиклинала се одредени преку влијанието на локални раседни структури кои ги разбиваат на повеќе секундарни блокови одредувајки ја како мозаик од блокови со карактеристични структурно - геолошки елементи кои ја потврдуваат формата на оваа тектонско - морфолошка единица.



Слика 6. Тектонска карта на испитуваното подрачје (**5**-Брждaнска антиклинала, **6**-Стрaчинска синклинала, **7**-Пространьска антиклинла)

Врз основа на анализите од инженерскогеолошкото картирање и структурно геолошките мерења вдолж истражуваниот терен, констатирано е дека застапените метаморфни структури на источното крило на Брждaнската антиклинала се одликуваат со различни правци (азимути) на протегање, а преовладуваат ССЗ-ЈЈИ-те правци и аглите на тонење на структурните елементи (фолијација, пукнатински систем итн.) спрема И и СИ. Вдолж теренот се издвоени релативно голем број на раседни структури кои имаат променлив карактер и тоа од степен на потврдени до карактер на претпоставени структури кои се издвоени врз основа на евидентните промени во структурно-геолошките елементи на застапените литолошки единици.

СТЕРЕОГРАФСКА АНАЛИЗА НА ПЛАНАРНИТЕ И РУПТУРНИТЕ СТРУКТУРИ НА ИСТОЧНОТО КРИЛО НА БРЖДАНСКАТА АНТИКЛИНАЛА

Дефинирањето на одреден терен како зона на интеракција односно зона во чии рамки во иднина ќе се врши определено инженерско-градежно делување претставува доста комплексна геотехничка задача.

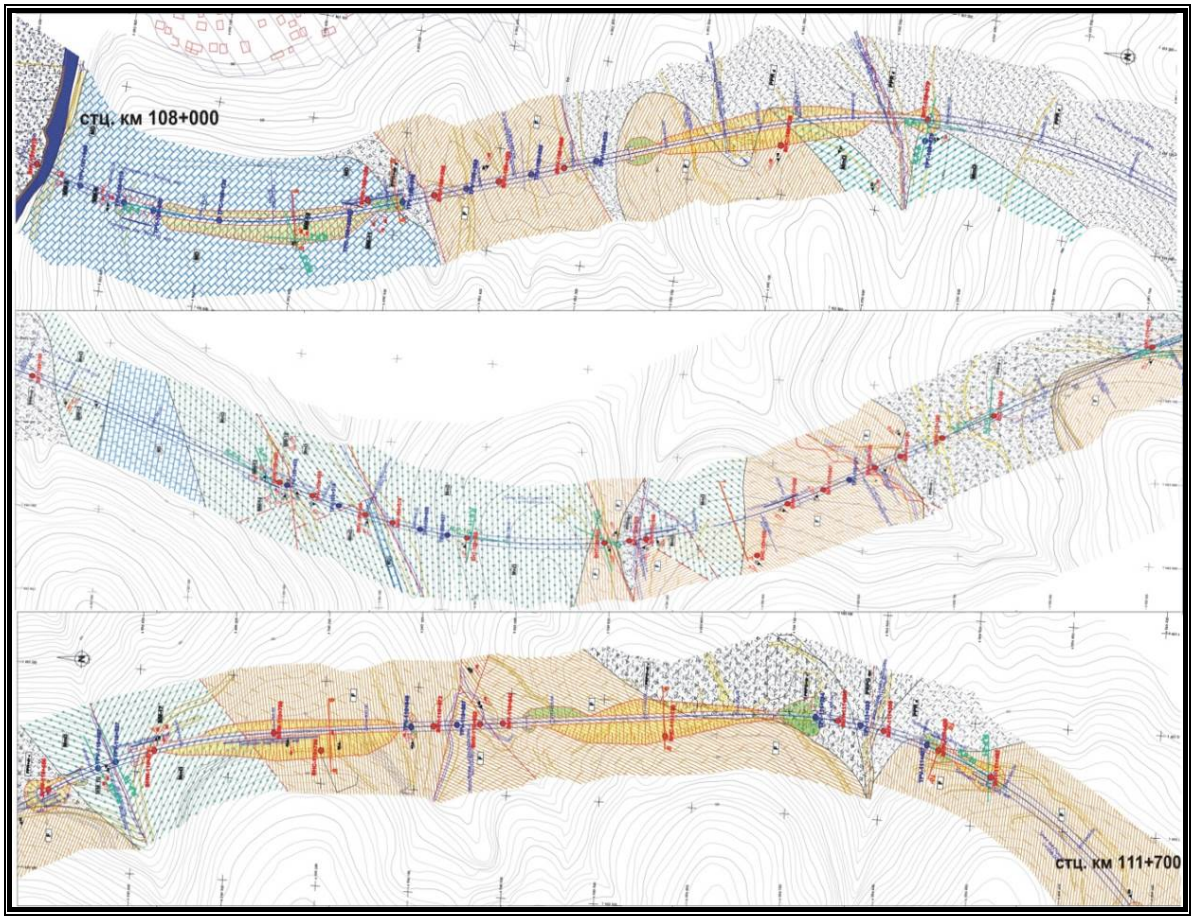
Геотехничките параметри на еден геолошки медиум претставуваат директна последица на минаралошко - петрографскиот, структурно-геолошкиот, физичко - механичкиот и тектонскиот склоп собрано во една целина. Влијанието на таквиот склоп ги определува карпестите масиви како анизотропна средина. Затоа геотехничките истражувања за одреден градежен објект (линиски, точкаст итн.) претставуваат најзначајна алка и тоа како при фазите на проектирање така и во моментите на експлоатација на тој градежен објект.

Како еден комплексен процес геотехничите истражувања опфаќаат низа задачи и тоа:

- Определување на геолошката средина врз основа на минералошко-петрографскиот склоп;
- Определување на структурно-геолошките елементи на средината (слоевитост, фолијација, испуканост, раседнатост и др.);

Определување на физ-мех параметри преку лабораториски и теренски (**in situ**) испитувања;

- Определување на тектонскиот склоп на геолошката средина;



Слика 7. Инженерскогеолошка карта на делот од трасата на железничката пруга од коридорот VIII кој е проектиран вдолж источното крило на Брждaнската антиклинала

Структурно - геолошки елементи и тектонски склоп на источното крило на Брждaнската антиклинала

Девонскиот метаморфен комплекс кој ја одредува литолошката градба на источното крило на Брждaнската антиклинала се каракатеризира со доста сложен структурно-геолошки и тектонски склоп.

Извршените теренски испитувања и структурно-геолошки мерења во фазата на геотехничките истражувања за железничката пруга од коридорот VIII, делница Кичево – Лин (Р. Албанија) укажуваа на сложената геолошка градба на испитуваното подрачје. Вдолж овој дел од трасата на проектираната железничка пруга се извршени голем број

структурно-геолошки мерења на преку 50 карактеристични изданоци (отворени профили), на застапените карпести масиви, при што особено внимание е посветено на планарните и руптурните структурни форми (**слика 8.1 – 8.3)**. Делот од трасата на железничката пруга од коридорот VIII, делница Кичево – Лин (Р. Албанија) кој се движи вдолж источното крило на Брждaнската антиклинала е прикажан на **слика 7**. Податоци и резултатите од структурно - геолошките мерења се прикажани табеларно (**Табела 1, Табела 2**), а истите се анализирани со геолошкиот програмски пакет **DIPS 6.014**.

Стереографска проекција на структурно-геолошките елементи

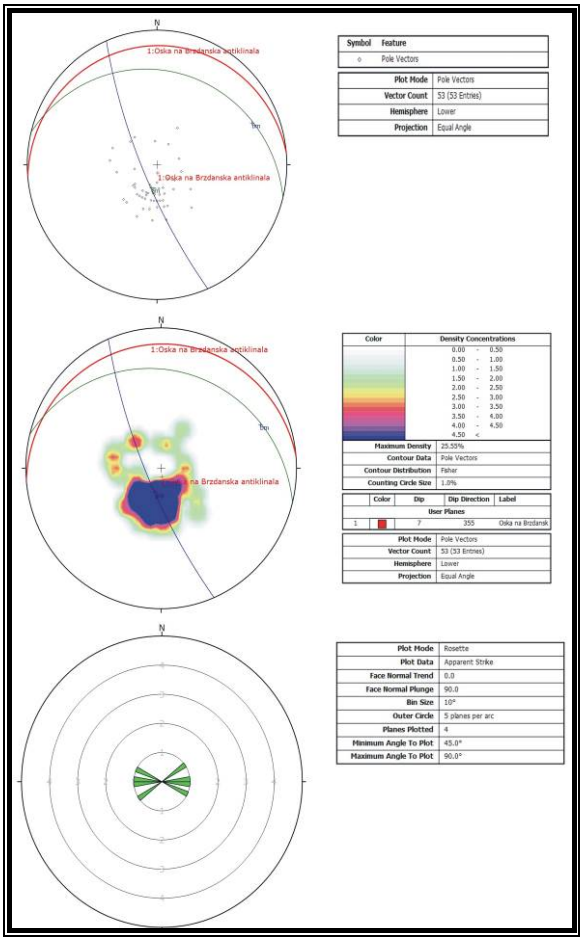
Податоци за планарните и руптурните структурно-геолошки елементи се добиени врз основа на инженерскогеолошкото картирање на теренот по должина на трасата особено во подрачјето на источниот бок (крило) на брждaнската антиклинала.

Слика 8.1. Структурно-геолошките мерења во геолошка средина изградена од карбонатни шкрилци

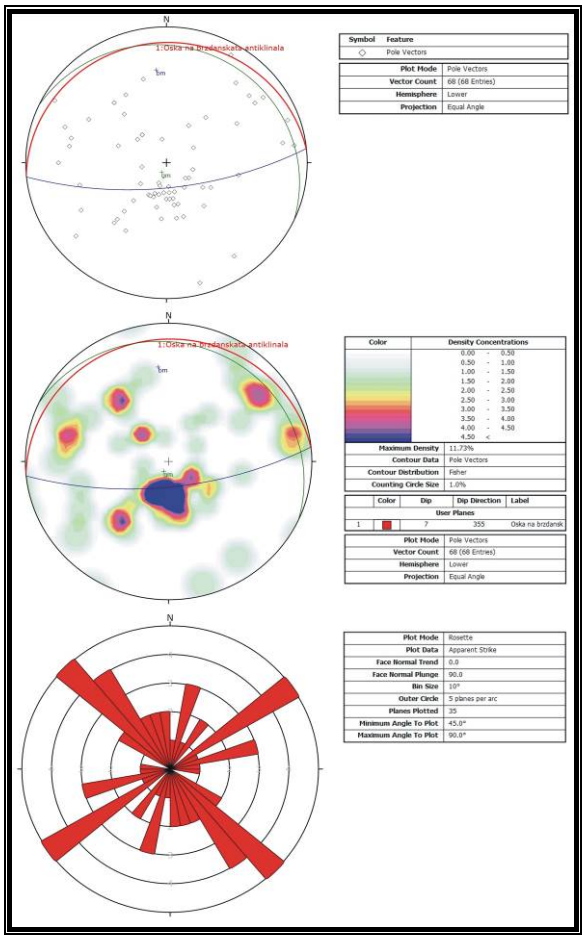
Слика 8.2. Структурно-геолошките мерења во геолошка средина изградена од плочасти мермери

Слика 8.3. Структурно-геолошките мерења во геолошка средина изградена од филитични шкрилци

Со користење на овие податоци преку стереографска проекција на планарните елементи (фолијација) и руптурните структурни (пукнатини, раседи) изработени се парцијални точкасти и контурни дијаграми на траси на планарните и руптурните површини (рамнини на фолијација и пукнатински системи) и розети на едно релативно хомогено тектонско подрачје (**слика 9 и слика 10**).



Слика 9. Стереографска проекција на планарните структури – фолијација / **DIPS 6.014**.



Слика 10. Стереографска проекција на руптурните структури – пукнатини / **DIPS 6.014**.

Табела 1. *Мерни места на руптурни структурно-геолошки елементи*

Изданок на карпестата маса **(Отворен профил)**	Геолошка средина/ **ознака**	Вид на структурно-геолошки елемент	Елементи на пад
1	MD	Пукнатина	220/47
		Пукнатина	260/80
2	MD	Пукнатина	40/60
		Пукнатина	220/75
		Пукнатина	140/50
3	MD	Пукнатина	240/60
		Пукнатина	40/40
4	MD	Пукнатина	280/55
		Пукнатина	210/85
		Пукнатина	110/75
5	MmD	Пукнатина	20/27
		Пукнатина	90/75
6	MmD	Пукнатина	0/30
		Пукнатина	262/85
7	MmD	Пукнатина	350/30
		Пукнатина	235/80
		Пукнатина	235/75
8	MmD	Пукнатина	140/60
		Пукнатина	250/85
9	MmD	Пукнатина	305/22
		Пукнатина	345/85
10	MmD	Пукнатина	210/35
		Пукнатина	40/57
		Пукнатина	120/65
11	F	Пукнатина	5/25
		Пукнатина	140/60
12	F	Пукнатина	28/30
13	F	Пукнатина	20/18
14	MmD	Пукнатина	13/27
15	MmD	Пукнатина	50/27
16	MmD	Пукнатина	305/35
17	MmD	Пукнатина	345/35
18	MmD	Пукнатина	355/30
19	F	Пукнатина	355/25
20	F	Пукнатина	355/20
21	F	Пукнатина	240/25
22	MmD	Пукнатина	170/20
23	F	Пукнатина	325/25
24	F	Пукнатина	310/20
25	F	Пукнатина	345/25
26	F	Пукнатина	12/37
27	F	Пукнатина	130/30
28	F	Пукнатина	20/30
29	F	Пукнатина	350/45
30	F	Пукнатина	350/35
31	F	Пукнатина	343/45
32	F	Пукнатина	140/30
33	F	Пукнатина	110/40
34	MD	Пукнатина	5/45
35	F	Пукнатина	30/60
36	F	Пукнатина	15/20
37	MD	Пукнатина	75/65
38	F	Пукнатина	40/50
39	F	Пукнатина	150/60
40	MmD	Пукнатина	100/70
41	MmD	Пукнатина	165/65
42	MmD	Пукнатина	50/80
43	MmD	Пукнатина	105/70
44	F	Пукнатина	80/20
45	F	Пукнатина	60/70
46	F	Пукнатина	300/40
47	MD	Пукнатина	325/80
48	MD	Пукнатина	230/75
49	F	Пукнатина	320/45
50	F	Пукнатина	25/30
51	F	Пукнатина	285/22
52	MmD	Пукнатина	120/65
53	F	Пукнатина	140/30
54	MD/F	Расед	40/50
55	F	Расед	145/90
56	F?MmD	Расед	45/90
57	F/MmD	Расед	160/90
58	F/MmD	Расед	120/90

Табела 2. *Мерни места на планарни структурно-геолошки елементи*

Изданок на карпестата маса **(Отворен профил)**	Литолошка единица/ **ознака**	Вид на структурен елемент	Елементи на пад
1	MD	фолијација	5/45
2	MD	фолијација	40/40
3	MD	фолијација	35/30
4	MD	фолијација	45/40
5	MmD	фолијација	30/30
6	MmD	фолијација	10/20
7	F	фолијација	20/18
8	MmD	фолијација	50/27

9	F	фолијација	22/45
10	F	фолијација	18/38
11	MmD	фолијација	10/22
12	MmD	фолијација	50/27
13	F	фолијација	45/27
14	MmD	фолијација	20/27
15	MmD	фолијација	0/30
16	MmD	фолијација	0/35
17	F	фолијација	350/30
18	F	фолијација	320/45
19	F	фолијација	305/35
20	MmD	фолијација	5/20
21	F	фолијација	345/35
22	F	фолијација	355/30
23	F	фолијација	355/20
24	F	фолијација	355/25
25	MmD	фолијација	255/20
26	MmD	фолијација	175/20
27	F	фолијација	325/25
28	F	фолијација	310/20
29	F	фолијација	345/25
30	F	фолијација	10/37
31	F	фолијација	130/30
32	F	фолијација	20/30
33	MmD	фолијација	285/22
34	F	фолијација	210/35
35	F	фолијација	350/35
36	F	фолијација	350/45
37	F	фолијација	140/30
38	F	фолијација	110/40
39	F	фолијација	5/25
40	MmD	фолијација	10/22
41	F	фолијација	30/25
42	MD	фолијација	5/30
43	MmD	фолијација	345/20
44	MmD	фолијација	210/20
45	F	фолијација	80/20
46	F	фолијација	0/15
47	MmD	фолијација	320/15
48	F	фолијација	10/30
49	F	фолијација	80/35
50	MmD	фолијација	95/40
51	MmD	фолијација	18/25
52	F	фолијација	22/25
53	F	фолијација	25/30

ЗАКЛУЧОК

Целта на овој труд е користејќи ги резултатите од геотехничките истражувања за траса за железничка пруга, коридор VIII, делница Кичево – Лин (Р. Албанија) да се прикаже малку подетална слика на тектонскиот склоп на источното крило на Брдданската антиклинала изразено преку застапените планарни и руптурни структури;

Од геолошки аспект, теренот низ кој се протега брдданската антиклинала, како и поширокиот регион воопшто е изграден од старопалеозоиски (девонски) метаморфни творби, меѓу кои како најзначајни се издвојуваат филитоидите / филитичните шкрилци (FD), карбонатните шкрилци (MmD) и плочастите мермери (MD);

Подрачјето на истражуваниот терен припаѓа на Западно-Македонската зона како покрупна геотектонска форма;

Вдолж истражуваниот терен се извршени низа на структурно-геолошки мерења на преку 50 карактеристични изданоци (отворени профили), на застапените карпести масиви, при што особено внимание беше посветено на планарните и руптурните структурни форми;

Врз основа на податоците за структурно-геолошките елементи може да се констатира дека Брдданската антиклина може да се окарактеризира како релативно хомогено тектонско подрачје настаната како резултат на комплексна радијална и пликативна тектоника;

Податоците и резултатите од структурно-геолошките мерења се анализирани со геолошкиот програмски пакет **DIPS 6.014;**

Овој приказ претставува скромен допринос во определување на карактеристиките на една наборна структура, но дава значајни геолошки податоци за натамошните фази на проектирањето на коридорот VIII, делница Кичево – Лин (Р. Албанија);

ЛИТЕРАТУРА

Арсовски М., 1997: Тектоника на Македонија, Рударско-Геолошки факултет Штип;

Д.Г.П.У. “ГЕИНГ Кребс унд Кифер Интернешнл и др. ДОО“-Скопје, 2015 год. ГЕОЛОШКИ ИЗВЕШТАЈ од изведени истражувања за нова траса за железничка пруга, делница Кичево-граница со Р. Албанија, подделница 1 помеѓу км. 102+600 и км. 113+264;

Петковски П., Ивановски Т., 1973: Основна Геолошка карта 1:100 000, Толкувач на лист Кичево К34-90;

GEOCHRONOLOGICAL DATA FROM SOME CAVES IN MACEDONIA AND THEIR CONTRIBUTION TO THE UNDERSTANDING OF THE REGIONAL GEOLOGICAL EVOLUTION

Marjan Temovski

Hertelendi Laboratory of Environmental Studies, Institute for Nuclear Research of the Hungarian Academy of Sciences, Debrecen, Hungary; temovski.marjan@atomki.mta.hu

Abstract
The evolution of caves is, to large extent, affected by the changes in the boundary areas of the karst systems (tectonics, base level and climate changes etc.), thus reflecting the geological evolution of the area. Compared to the surface, caves are mostly isolated from surface erosion and can preserve information about past geological changes for long time. Caves in Macedonia have not been studied much from this aspect. In the first dated caves, dating of cave sediments was done as part of paleontological or archeological research, and only recently dating of cave sediments with aims of studying caves evolution and their connection to the regional geological evolution have been done in the lower part of Crna Reka river basin. The results from these studies show the potential of caves to provide answers to important geological questions in Macedonia, especially ones connected to the geological evolution during Neogene and Quaternary time.

Key words: caves, cave sediments, Macedonia, geochronology, geological evolution

INTRODUCTION

Caves in karst systems are both product and carrier of their development, with speleogenesis considered as the primary mechanism of formation of karst (Klimchouk 2015). Karst boundary conditions, controlling the amount and input of water and sediment as well as hydraulic gradient, highly affect the development and evolution of caves (Ford & Williams 2007). The boundary conditions of karst systems are themselves controlled by environmental changes and local to regional geological evolution. With the evidence of such changes more easily masked or destroyed by erosion on the surface, caves can be more effective in preserving such information within cave morphology or cave sediments (e.g., Häuselmann et al. 2015). Furthermore, cave sediments can be dated by various methods (Sasowsky & Mylroie 2004), making them a valuable and powerful tool in studying regional geological evolution and environmental changes.

In Macedonia, there are some examples where attempts have been made to correlate the evolution of caves with local and regional geomorphological and geological evolution (Slatina caves, Jovanović 1928; caves in Babuna Valley, Manakovik 1966; caves in Kamenica Valley, Manakovik 1971; caves in Radika Valley, Andonovski 1977). While the correlation of caves (or cave levels) to river terraces has been demonstrated, with no detailed study and dating of cave sediments, their age determination has been based on assigned ages of river terraces, whose chronology remains questionable. First dating of cave sediments has been part of a paleontological research in Makarovec Cave (Babuna Valley), with the upper parts of the two studied sediment profiles rich in Late Pleistocene fossil fauna attributed to Wurmian 2/3 and Wurmian 3 (Garevski 1969; Garevski & Malez 1984). Jaorec Cave is another example where Late Pleistocene fossil fauna have been studied (Garevski & Malez 1984), and in Golema Pesht (Treska Valley) dating of caves sediments as part of archeological study have determined Late Pleistocene (Middle to Upper Paleolithic) human occupation (Šalamanov-Korobar 2008, Lowe et al. 2012). Nevertheless, information from dated sediments in these caves has not been put into context of cave evolution and local to regional geomorphological and geological evolution. Furthermore, all of the before mentioned examples cover mostly Late Pleistocene,

giving the false impression that caves in Macedonia can provide information for only the latest part of the geological evolution.

This paper will present some results from recent studies of caves and cave sediments in the lower part of Crna Reka river basin (Figure 1), where several methods were used to date different cave deposits, providing information for the regional geological evolution in Mariovo and Tikveš basins. The results from these studies show the potential of caves to provide answers to important geological questions in Macedonia, especially ones connected to the geological evolution in Neogene and Quaternary.

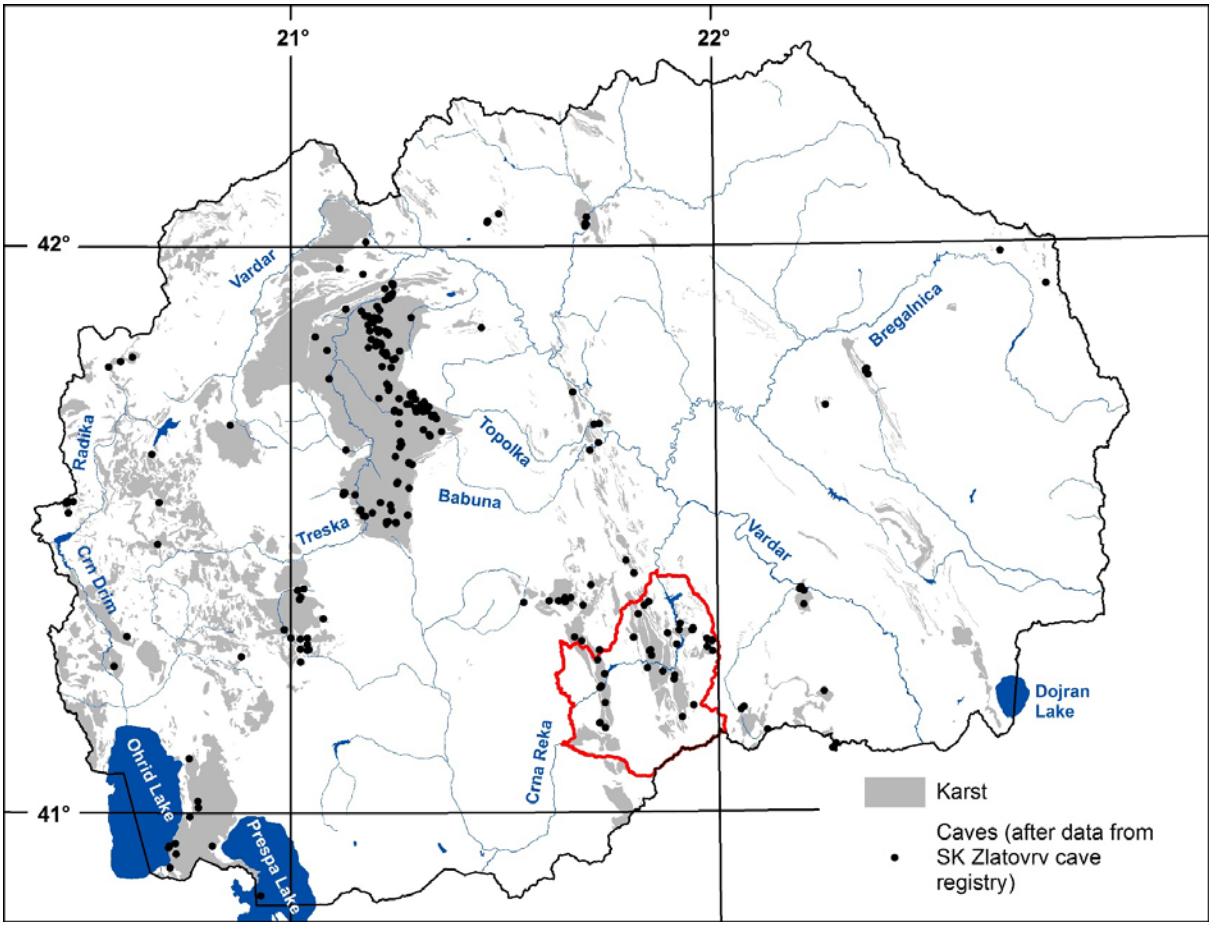


Fig. 1 *Karst and caves distribution in Macedonia. Red line delineates the karst in the lower part of Crna Reka, shown in more detail in Fig. 2*

METHODOLOGY

Caves in the lower part of Crna Reka river basin were recently studied using various methods, including morphological analyses based on cave maps and field observations, combined with sediment analyses and in some cases dating of cave sediments. Detailed caves maps were produced by field mapping in 1:100 scale. Distribution and stratigraphy of cave sediments were described and mineralogical composition of characteristic cave sediments and deposits was determined by XRD analyses. Furthermore stable isotope analyses were carried on hypogene cave deposits in Provalata Cave. Paleomagnetic dating of clastic cave sediments was done in Budimirica Cave, and U-series dating of flowstone was carried in Budimirica Cave and Temna Peštera – Dragožel. Speleogenetic alunite and jarosite minerals from Provalata Cave were dated by Ar-Ar dating. As this paper discusses mostly previously published data, the detailed presentation of results and description of analytical methods used, can be found in Temovski et al. (2013), Temovski (2016) and Temovski et al. (2016).

RESULTS AND DISCUSSION

Caves with dated sediments and their contribution to the understanding of the regional geological evolution

Number of caves in the lower part of Crna Reka river basin have been studied recently (Figure 2), with dating of cave sediments carried out in three caves, located in the tributary valleys to Crna Reka, two in Kamenica Valley (Budimirica Cave and Temna Peštera – Dragožel), and one in Buturica Valley (Provalata Cave).

In Kamenica Valley, in the western parts of Vitačevo Plateau, karst can be found in two separate areas, one to the north (downstream part of Kamenica River), in an Upper Cretaceous limestone block delineated also by the valleys of Crna Reka and Kamenica, and another to the south (upstream part of Kamenica River), with karst developed in folded Upper Cretaceous limestones. The Upper Cretaceous limestones are covering Upper Cretaceous clastic sediments, together partly covered by Eocene conglomerates (western margin of the Tikveš Paleogene Basin), with the whole plateau covered by sediments of the Neogene Tikveš Basin (Vitačevo and Mariovo Formations after Dumurdžanov et al. 2004).

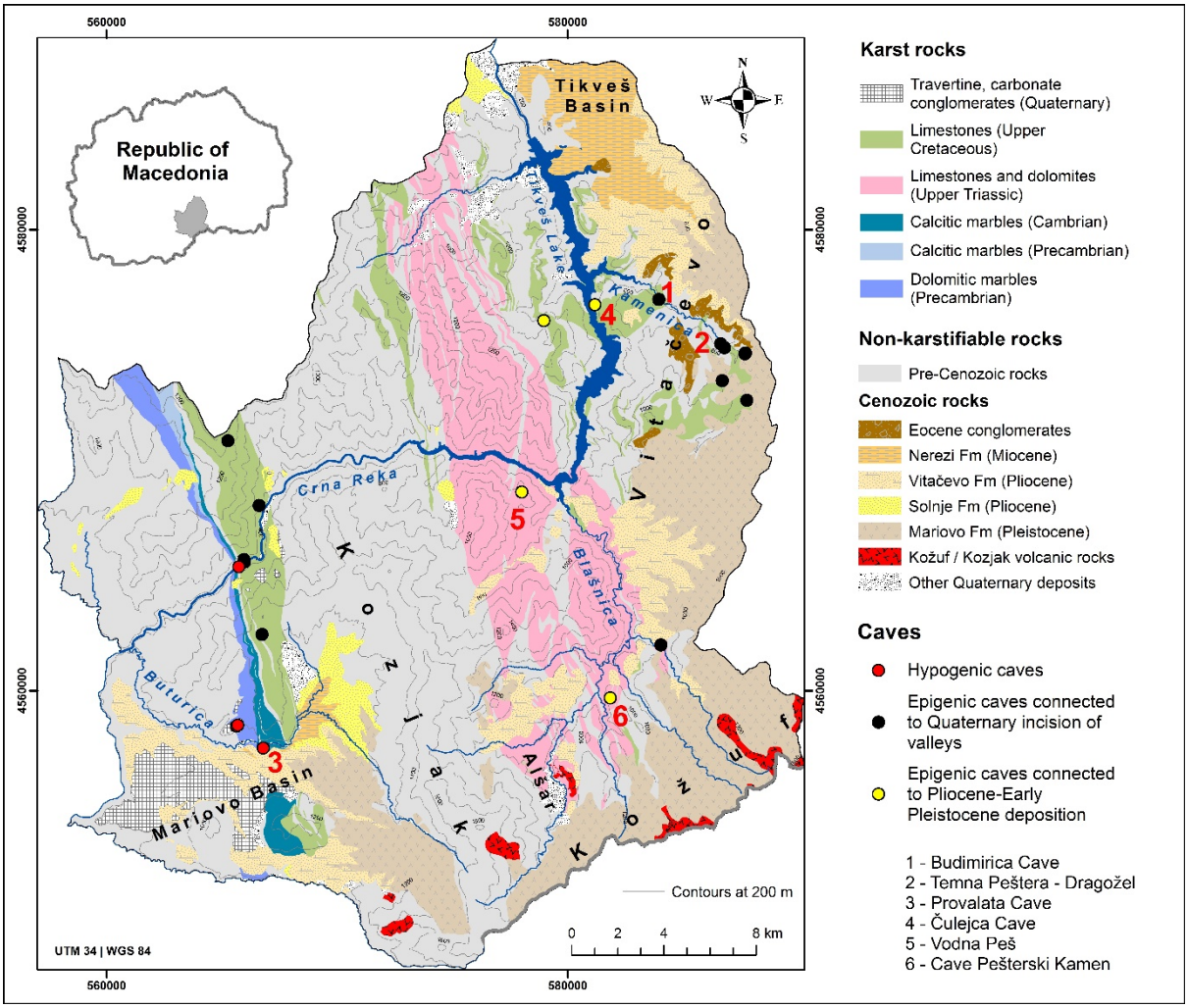


Fig. 2 *Karst rocks and caves in the lower part of Crna Reka, their genetic type and relationship to the Neogene-Quaternary evolution. Caves mentioned in the text are numerated. Adapted from Temovski (2016).*

Budimirica Cave is located in the downstream part of Kamenica Valley, on the right side of the gorge-like valley (Figure 2). It is a small, branching, mostly horizontal epigene cave, developed in phreatic to epiphreatic environment, along the strike direction of the SE dipping limestones, (Temovski 2016). Cave sediments are well exposed in the middle part of the Left Passage, in a large pit illegally dug by treasure hunters (Figure 3). In the NE part of the pit, the sediment profile starts with

flowstone at the bottom, followed by ca 1.5 m thick deposits of silt, clay and sand with several erosional unconformities, covered by 30 cm thick collapsed flowstone, above (and beside) which, in one part, the clastic sequence continues with yellowish gravel, sand and silt up to 1 m thick, covered by flowstone. This whole section is then eroded and covered with brown fossil-bearing breccia at the SW part of the. Close to the cave entrance, the breccia deposits are covered with 10–15 cm thick organic deposit.

The bottom flowstone and the finer clastic sediments below the collapsed flowstone block have been dated by paleomagnetic dating to the Brunhes chron (<780 ka), with mean paleomagnetic parameters of D = 359.0° and I = 46.5°. Further U-series dating of the bottom flowstone has determined age of 83 (+16/-14) ka, indicating deposition during the Marine Isotopic Stage (MIS) 5a. The covering sediment sequences are assigned to MIS 4 (clastic deposits), MIS 3 (upper flowstone layer), with teeth of Ursus spelaeus found in the breccia deposits placing them in latest cold period of the Wurmian glaciation - MIS 2 (Temovski 2016; Temovski et al. 2016).

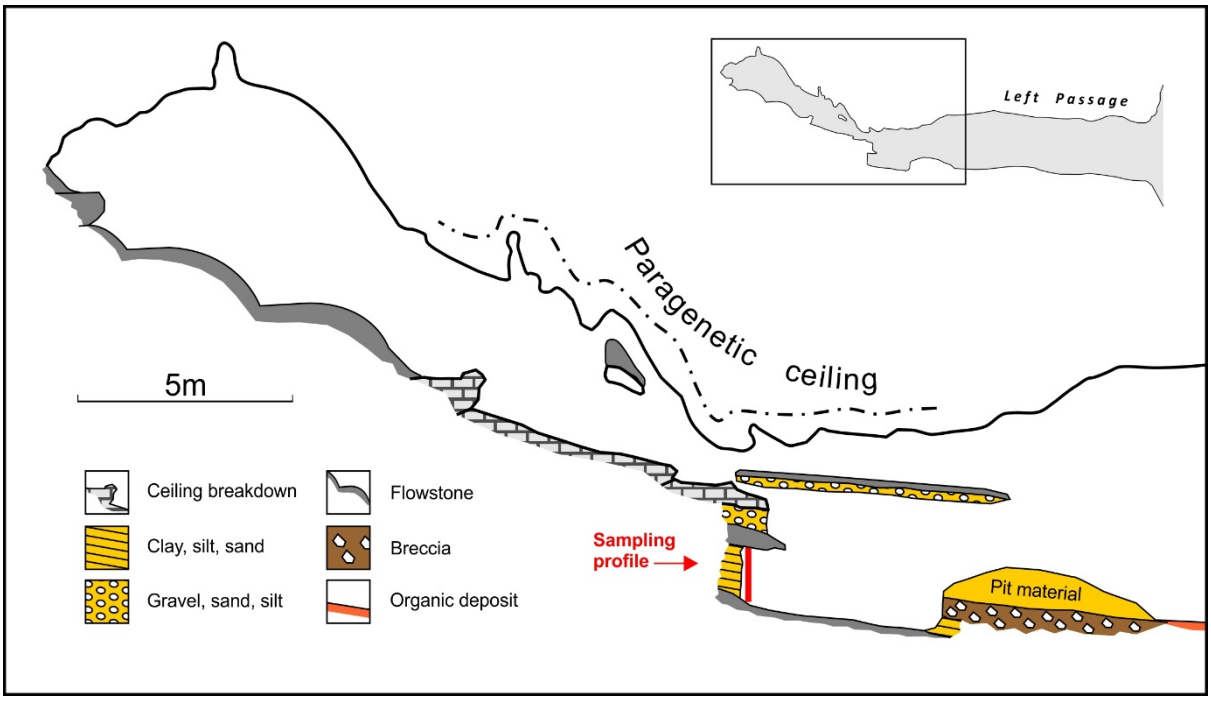


Fig. 3 *Detail of the Left Passage in Budimirica Cave with cave morphology, sediment relationships and location of the sampling profile. Modified from Temovski (2016).*

Based on the type, stratigraphy and dating of cave sediments, associated cave morphology and correlation of the cave with a remnant of a river terrace on the opposite side of the valley (located at 80 m relative elevation), information can be extracted about the response of the cave system to the Late Pleistocene environmental changes in the drainage basin (Temovski et al. 2016). With incision of the Kamenica Valley, lowering of the water table allowed deposition of flowstone in vadose conditions during MIS 5a. Clastic sediments covered the flowstone and forced upward paragenetic development of the passages, due to increase of sediment supply and base level rise in Kamenica Valley (aggradation) during MIS 4. Continuing incision of Kamenica Valley during MIS 3 allowed erosion of the upper part of the clastic section and deposition of the upper flowstone layer. This was followed by strong erosion of the sediments during MIS 2, as a result of fast incision in Kamenica Valley provoked by river knickpoint retreat, which also influenced the enlarging of the entrance by slope retreat and deposition of the fossil-bearing breccia as a result of frost-shattering during the cold stadial. During the Holocene period human pasturage use of the cave resulted with deposition of the organic deposits.

Temna Peštera – Dragožel is located in the upstream part of Kamenica River, at the output part of the Upper Kamenica karst system (Figure 2). It is a fossil spring cave, correlated to a river terrace on the opposite side of the valley, located at 80 m above Kamenica riverbed. It is mostly horizontal epigene cave with cave passages covered with clastic sediments, mostly brown silt and dark brown clay, originating from weathering of pyroclastic deposits from the Vitačevo and Mariovo Formations, similarly to cave sediments of other caves in the region (Temovski 2016). In the upstream part, clastic deposits are topped with thick flowstone deposits (flowstone plaque). As the cave correlates with a terrace at the same relative elevation above Kamenica as Budimirica Cave, it was previously considered that the deposition of the clastic cave sediments and the river terraces belong to the same aggradation in Kamenica Valley (Temovski 2016). U-series dating of the flowstone plaque covering the clastic sediments in Temna Peštera – Dragožel gave age older than 350 ka (H. HERCMAN, pers. comm. 2015), much older than the sediments in Budimirica Cave, thus indicating stronger erosion in the lower part of Kamenica Valley.

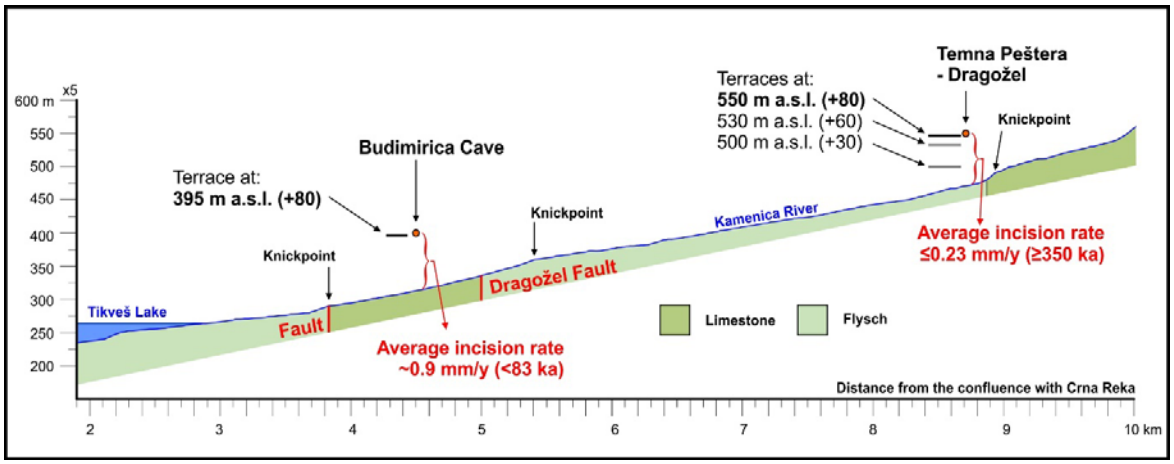


Fig. 4 *Longitudinal profile along the lower and middle part of Kamenica Valley, with locations of Budimirica Cave and Temna Peštera – Dragožel, river terraces, knickpoint positions and calculated valley incision rates (Temovski et al. 2016).*

Valley incision rates based on the radiometric ages of flowstone from Budimirica Cave and Temna Peštera – Dragožel, show average incision in the lower part of Kamenica Valley of 0.96 mm y^{-1} for the last 83 ka, and 0.23 mm y^{-1} for the middle part of Kamenica Valley (Temovski et al. 2016). Although the value from Temna Peštera – Dragožel represents longer period (>350 ka), which could also include longer periods of incision paucity and/or aggradations, the value from Budimirica Cave is still much higher (four times), indicating stronger incision in the downstream part. Analysis of the Kamenica River longitudinal profile points to headward retreat of a knickpoint, now located upstream from Budimirica Cave, to be responsible for the stronger downstream erosion, which correlates with the strong erosion registered within Budimirica cave sediments during MIS 2 (Figure 4).

Provalata Cave is a hypogene cave located in the middle part of Buturica Valley, on the left side of a small gorge developed in Cambrian calcite marbles (Figure 2). It is a 230 m long, 24 m deep cave with ramiform passage pattern, with cupolas and solution pockets as the most common morphological features. Morphological features and associated cave deposits identify two distinct speleogenetic phases in the cave (Temovski et al. 2013; Figure 5 & 6). During the first phase, phreatic morphologies (passages, cupolas) were formed by dissolution of marbles due to cooling of rising thermal carbonated waters. They were covered by thick calcite coatings after shift to shallower phreatic environment. The cave was then filled with clay deposits originating from the pyroclastic sediments of Mariovo Basin. Deposition of sediments in Mariovo Basin continued well above the position of the cave, with several travertine layers indicating that the hypogene karst system was still functioning.

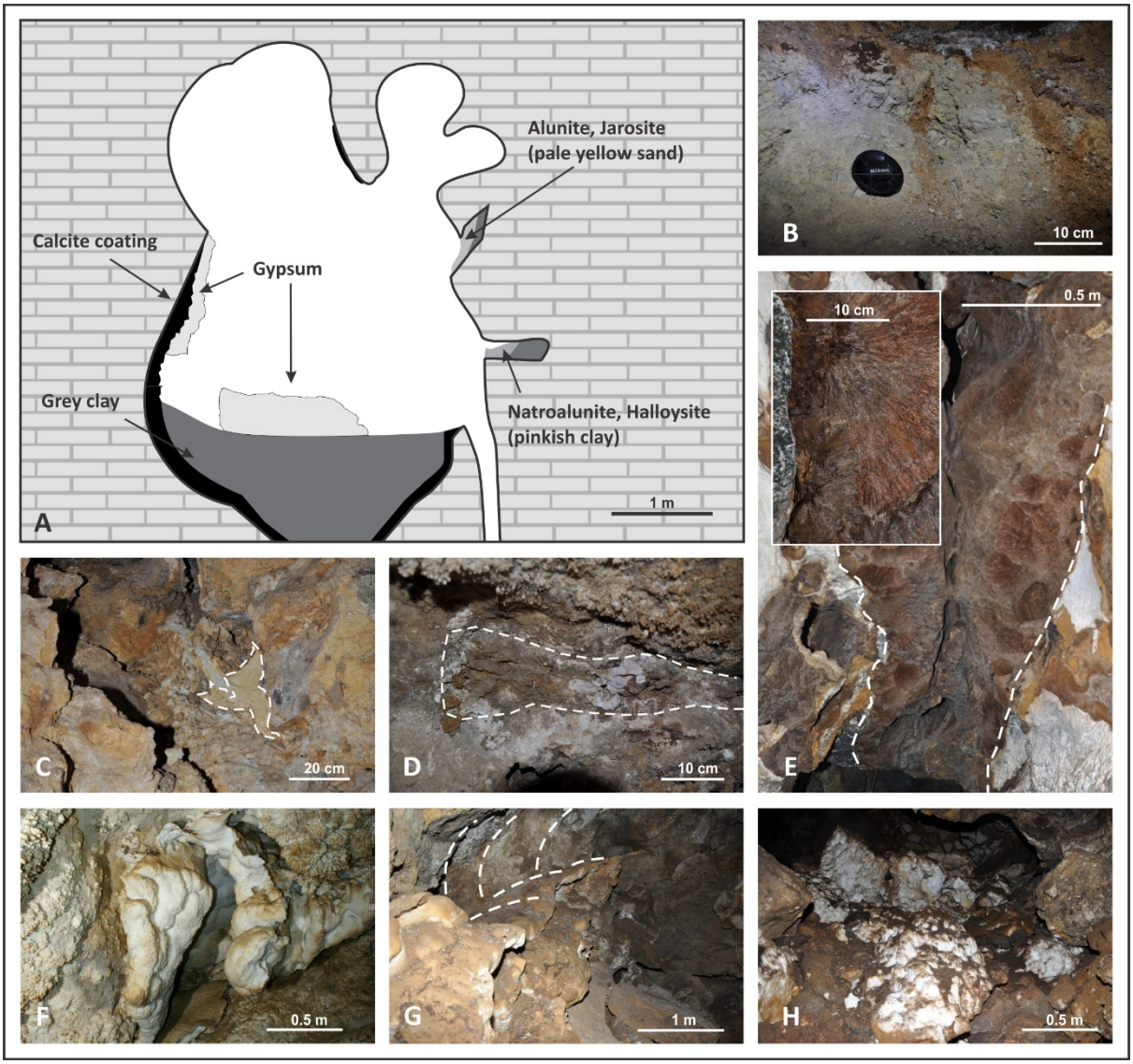


Fig. 5 *Characteristic deposits in Provalata Cave (after Temovski et al. 2013): A: Schematic cross section of sediments, showing stratigraphic relationships; B: Gray clay (montmorillonite, kaolinite, sanidine, albite, muscovite, and quartz); C: Pale yellow sand (alunite, jarosite, muscovite, and quartz); D: Pink clay (halloysite-7Ä, natroalunite, muscovite, and quartz); E: Corroded calcite crust; F: Replacement gypsum crust; G: Gypsum crust, detached from the wall; H: Detached gypsum crust piled as gypsum blocks.*

The second phase of cave development starts after the draining of Mariovo Lake and incision of Buturica River, which lowered the water table and allowed removal of clay sediments. Introduction of H_2S in the thermal waters (likely connected to the nearby coal basin) during this phase allowed sulfuric acid dissolution with condensation-corrosion dissolving calcite coatings and marble host rock and producing gypsum replacement crusts. At the contact of clay deposits with sulfuric acid, alunite, jarosite and natroalunite were produced, samples of which were dated by Ar-Ar dating to 1.6 Ma (alunite) and 1.46 Ma (jarosite). Contrary to dating of characteristic cave sediments in epigenic caves (clastic deposits or speleothems), which are deposited after the formation of cave passages, thus always representing younger ages than the cave, dating of products of sulfuric acid speleogenesis directly date the formation of cave passages, which in the case of the sulfuric acid speleogenetic phase of Provalata Cave was active in Early Pleistocene. Accordingly, the previous speleogenetic phase occurred before the deposition of the clay deposits, and is likely of Pliocene age.

The dating of the sulfuric acid phase in Provalata Cave gives the possibility to constrain the timing of the draining of the Mariovo Pleistocene Lake.

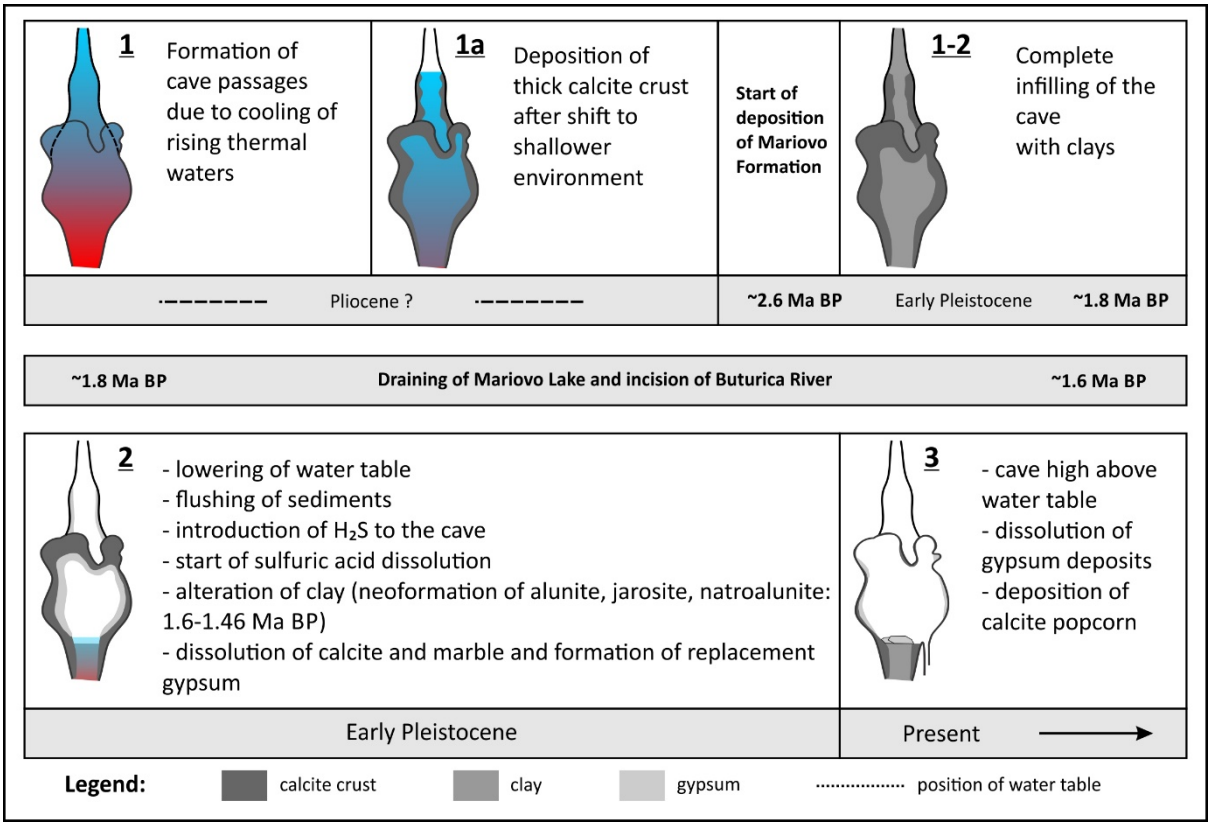


Fig. 6 *Schematic illustration of the evolution of Provalata Cave (after Temovski et al. 2013).*

The dated alunite and jarosite are minerals found in the pale yellow deposit, formed by sulfuric acid alteration of the clay deposits (Temovski et al. 2013). As their formation is above the water table (vadose zone), their position indicates that Buturica Valley at that time was at or below that elevation (Figure 7). Thus the draining of Mariovo Lake has started before 1.6 Ma. With the volcanic activity on Kozjak Mt. (providing the volcanic material in the Mariovo Basin deposits), dated to 4.0 ± 0.2 to 1.8 ± 0.1 Ma (Kolios et al. 1999), and tephra layers found in the topmost travertine deposits of Mariovo Basin (Dumurdžanov et al. 2003), the onset of draining of the Mariovo Lake is ~1.8 Ma. Thus, Mariovo Pleistocene Lake started draining sometime between 1.8 and 1.6 Ma, much earlier than the Central Macedonian Lake, to which it was an upstream continuation, and whose southern dam was breached as late as Middle Pleistocene (Dumurdžanov et al. 2005).

Another insight is provided by the inferred incision rate of Buturica Valley, which based on the dating of the speleogenetic alunite (indicator of former position of Buturica Valley), located at 97 m above current riverbed, it is 0.061 mm y^{-1} for a period of 1.6 Ma. Compared with the values for Kamenica Valley, this value is four times smaller than the one at Temna Peštera – Dragožel, and 16 times smaller than the one at Budimirica Cave, but comparable to the values of erosion rates in Alšar (Allchar) area (upstream parts of Blašnica River, tributary to Crna Reka), based on cosmogenic nuclides, with conservative lower limit estimated between 0.05-0.1 mm y^{-1} (Pavičević et al. 2016). Considering the geomorphological situation, such difference in erosion rates is reasonable, with the downstream parts of Kamenica, Blašnica and Buturica Valleys having higher gradients on their longitudinal profiles than their upstream parts (near Provalata Cave or Alšar area), indicating headward erosion propagating from the main river, Crna Reka.

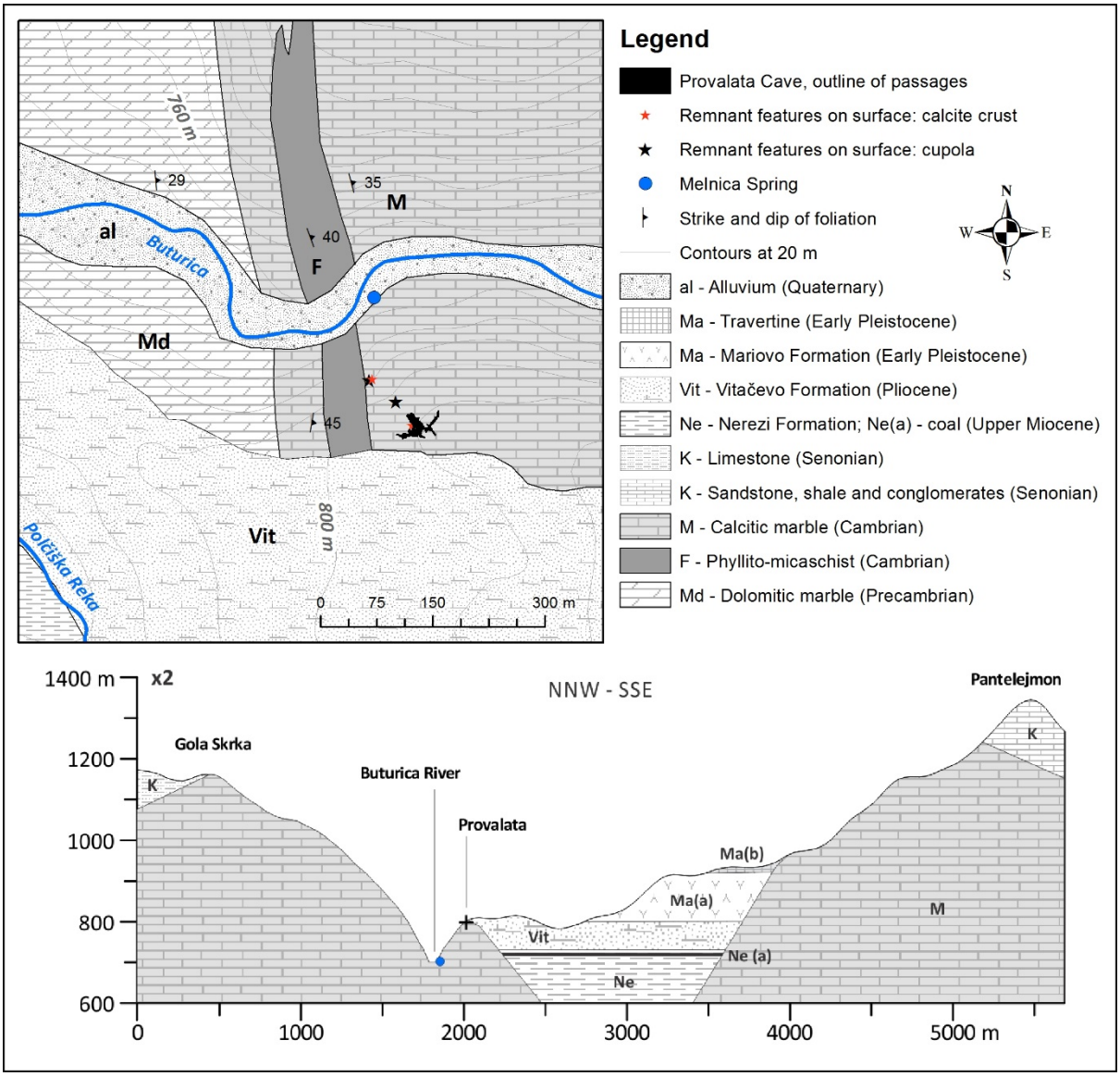


Fig. 7 *Geological setting of Provalata Cave (after Temovski 2016).*

Insights about the regional geological evolution from cave morphology and distribution of cave sediments

Beside the caves developed after the draining of the Neogene-Quaternary Mariovo and Central Macedonian lakes, which are located in lower elevations in the Quaternary valleys of Crna Reka and its tributaries, there are caves located generally at higher elevation, having large rising phreatic passages with paragenetic morphology, which were completely filled with sediments (ex. Čulejca Cave, Vodna Peš, Cave Pešterski Kamen), and their development is attributed to the base level rise connected to the Pliocene-Pleistocene deposition in Marivo and Tikveš basins (Temovski 2016).

The evolution of Čulejca Cave, developing rising (per-ascensum) phreatic passages with more than 100 m vertical extent due to base level rise, points to a previous phase of downward (per-descensum) development of cave passages. Considering its position (higher parts are ~200 m above Crna Reka riverbed and lowest explored parts at ~100 m above the riverbed), and the distribution of Pliocene-Pleistocene Tikveš basin deposits (Figure 2), the cave was developing during the deposition of the Pliocene deposits, with the karst system later completely covered (closed) by the Tikveš basin deposits (Temovski 2016). This puts the inferred previous phase of downward cave development prior to the Pliocene basin deposition. Considering that the Pliocene deposits are filling paleovalleys on Vitačevo Plateau, Kozjak Mt. and in Crna Reka valley, with is a depositional hiatus registered in

Mariovo basin sediments at end of Miocene (Dumurdžanov et al. 2004), and the impact of the Messinian Salinity Crisis in Macedonia (MSC) registered in Skopje basin (Clauzon et al. 2008), the supposed pre-Pliocene incision in the basin of Crna Reka could be the result of the MSC (Temovski 2016).

CONCLUSION

The study of caves, their morphology and sediments combined with dating of cave sediments in the lower part of Crna Reka river basin provides important insight about the regional geological and geomorphological evolution during the Neogene and Quaternary. As we know very little of the timing and events of the geological and geomorphological evolution in the later part of the Quaternary in Macedonia, especially connected with the draining of the extensive lakes in Macedonia's basins and the onset of the fluvial evolution, these studies provide some chronological constrains. The (Mariovo) lake in the upstream areas (Buturica Valley) started to drain in the middle of Early Pleistocene, and the downstream areas (Kamenica Valley) had fluvial drainage already established in the middle of Middle Pleistocene. Future dating of cave sediments from caves whose development is attributed to the Pliocene-Pleistocene deposition in Mariovo and Tikveš basin, could provide further information on the evolution of these basins, as well on the possible extent of the MSC impact in Macedonia. Expanding such research on caves in the nearby Raec basin, upper part of Crna Reka river basin, Radika river basin, Skopje and Polog basins, Veles basin, Ohrid basin and other karst regions, could further constrain the evolution of the Neogene-Quaternary lakes in Macedonia, and the following fluvial evolution after their draining. These results show that study of caves, based on their morphology and cave sediments, can be a powerful tool in the study of regional geological and geomorphological evolution.

REFERENCES

Andonovski, T., 1977. Podzemni karstni oblici vo dolinata na Radika. Godišen zbornik, Institut za geografija, PMF, Skopje, 23, pp. 97-117.

Clauzon, G., Suc, J.-P., Dumurdžanov, N., Melinte-Dobrinescu, M., & Zagorchev, I., 2008. The Pliocene Gilbert-type fan delta of Dračevo (Skopje area, Republic of Macedonia). Geologica Macedonica, 2, pp. 21–28.

Dumurdžanov, N., Krstić, N., Mihajlović, D., Ognjanova-Rumenova, N., & Petrov, G., 2003. New data on stratigraphy of the neogene and pleistocene in Mariovo, Macedonia. Geologica Macedonica, 17, 43–52.

Dumurdžanov, N., Serafimovski, T., Burchfiel, B.C., 2004. Evolution of the Neogene-Pleistocene Basins of Macedonia. Geological Society of America. Digital Map and Chart Series, 1, 1-20.

Dumurdžanov, N., Serafimovski, T., Burchfiel, B.C., 2005. Cenozoic tectonics of Macedonia and its relation to the South Balkan extensional regime. Geosphere, 1, 1-22.

Ford, D.C., Williams, P.W., 2007. Karst Hydrology and Geomorphology. Wiley, Chichester, 562 p.

Garevski, R., 1969. Stratigrafsko i paleontološko značenje na pleistocenskata fauna od pešterata Makarovec vo klisurata na rekata Babuna vo okolinata na Titov Veles. Prirodonaučen Muzej Skopje, 6, 1-70.

Garevski R., Malez M., 1984. Kvartarna fauna vertebrate iz spiljskih naslaga Makedonije. Deveti jugoslovenski speleološki kongres, Zagreb, 667-680.

Häuselmann, Ph., Mihevc, A., Pruner, P., Horáček, I., Čermák, S., Hercman, H., Sahy, D., Fiebig, M., Zupan Hajna, N., Bosák, P., 2015. Snežna jama (Slovenia): interdisciplinary dating of cave sediments and implication for landscape evolution. Geomorphology, 247, 10–24. doi: 10.1016/ j.geomorph. 2014.12.034

Jovanović P.S., 1928. Karsne pojave u Poreču. Glasnik Skopskog Naučnog Društva, 4, Skopje, 1-46.

Klimchouk, A., 2015. The karst paradigm: changes, trends and perspectives. Acta Carsologica, 44/3, 289-313.

Lowe J., Barton N., Blockley S., Ramsey C.B., Cullen V.L., Davies W., Gamble C., Grant K., Hardiman M., Housley R., Lane C.S., Lee S., Lewis M., Macleod A., Menzies M., Müller W., Pollard M., Price C., Roberts A.P., Rohling E.J., Satow C.,

Smith V.C., Stringer C.B., Tomlinson E.L., White D., Albert P., Arienzo I., Barker G., Boric D., Carandente A., Civetta L., Ferrier C., Guadelli J.L., Karkanas P., Koumouzelis M., Müller U.C., Orsi G., Pross J., Rosi M., Shalamanov-Korobar L., Sirakov N., Tzedakis P.C., 2012. Volcanic ash layers illuminate the resilience of Neanderthals and early modern humans to natural hazards. Proc Natl Acad Sci USA, 109 (34), 13532–13537, doi: 10.1073/ pnas.1204579109.

Manakovik, D., 1966. Nekoi elementi vo reljefot na Babuna i Topolka so Titoveleškata kotlina. Godišen Zbornik, Geografski Institut, Skopje, 15, pp. 87–139.

Manakovik D., 1971. Podzemni karstni oblici vo porečieto na Kamenica so karsna hidrografija. Godišen Zbornik, Geografski Institut, Skopje, 19, pp. 41–59.

Pavićević, M. K., Cvetković V., Niedermann, S., Pejović V., Amthauer G., Boev B., Bosch F., Aničin I., Henning W. F., 2016. Erosion rate study at the Allchar deposit (Macedonia) based on radioactive and stable cosmogenic nuclides (26Al, 36Cl, 3He, and 21Ne). Geochem. Geophys. Geosyst., 17, pp. 410–424, doi:10.1002/2015GC006054.

Sasowski, I.D., Mylroie, J., (eds), 2004. Studies of Cave Sediments. Physical and Chemical Records of Paleoclimate. Kluwer Academic/Plenum Publishers, 329 p.

Shalamanov-Korobar Lj., 2008. Cave Golema Pesht, Village Zdunje. Macedonian Archaeological Review, 1, Skopje, 5-9.

Temovski M., 2016. Evolution of karst in the lower part of Crna Reka river basin. Springer International Publishing, 265 p.

Temovski M., Audra Ph., Mihevc A., Spangenberg J., Polyak V., Mcintosh W., Bigot J-Y., 2013. Hypogenic origin of Provalata Cave, Republic of Macedonia: a distinct case of successive thermal carbonic and sulfuric acid speleogenesis. International Journal of Speleology, 42 (3), 235-264, http://dx.doi.org/10.5038/1827-806X.42.3.7

Temovski M., Pruner P., Hercman H., Bosák P., 2016. Cave response to environmental changes in Late Pleistocene: study of Budimirica Cave sediments, Macedonia. Geologica Croatica, in press.

ОДРЕДУВАЊЕ НА АПСОЛУТНАТА СТАРОСТ НА МАГМАТСКИТЕ КАРПИ ОД ОГРАЖДЕНСКИОТ МАСИВ

[1]Емил Петрушев, [2]Новица Столиќ

[1&2]Геолошки завод на Република Македонија, Бул. Свети Климент Охридски бр. 15, 1000 Скопје, Република Македонија, e-mail: emil.petrusev@geol.gov.mk; novica.stolic@geol.gov.mk

Апстракт

Во трудот се прикажани резултати од испитувањата на апсолутна староста на магматските карпи во Огражденскиот масив, кои се вршени во рамките на изработката на Основната геолошка карта (ОГК-2) 1:50 000 на рудниот реон "Огражден-Беласица". Методолошките постапки се состоеа од земање на проби од теренот, лабораториска подготовка, геохронолошка анализа со K-Ar методата и интерпретација. Добиените резултати за апсолутната старост на карпите се интерпретирани според новата хроностратиграфска поделба објавена од страна на Меѓународната комисија за стратиграфија во 2013 година. Новите сознанија укажуваат на поместувања во хроностратиграфската положба на одредени литолошки единици на листот Струмица од Основна геолошка карта на СФРЈ 1:100 000.

Клучни зборови: Апсолутна старост, Огражденски масив, Основна геолошка карта (ОГК-2), магматска карпа.

ВОВЕД

При изработката на Основната геолошка карта (ОГК-2) 1:50 000 на рудниот реон "Огражден-Беласица" во периодот од 2009 до 2013 година, за дефинирање на геолошката старост на магматските карпи направени се 13 геохронолошки анализи (Петрушев Е., Столиќ Н., и др., 2009, Петрушев Е., Столиќ Н., и др., 2010 и Петрушев Е., Столиќ Н., и др., 2012).

Геохронолшките анализи се извршени со калиум - аргонската (K-Ar) метода во Лабораторија за изотопи, геохемија и геохронологија ИГЕМ-РАН (Лаборатория изотопной геохимии и геохронологии ИГЕМ РАН) при Институтот за геологија и рудни наоѓалишта, петрографија, минералогија и геохемија на Руската академија на науките, Москва, од страна на проф. д-р В.А. Лебедев.

Од добиените резултати се утврдени некои нови податоци за староста на карпестите маси кои го градат Огражденскиот масив, при што се доби поточен увид во хронологијата на поедини литолошки членови.

МЕТОДОЛОГИЈА НА ИСПИТУВАЊАТА И ИНТЕРПРЕТАЦИЈА НА РЕЗУЛТАТИТЕ

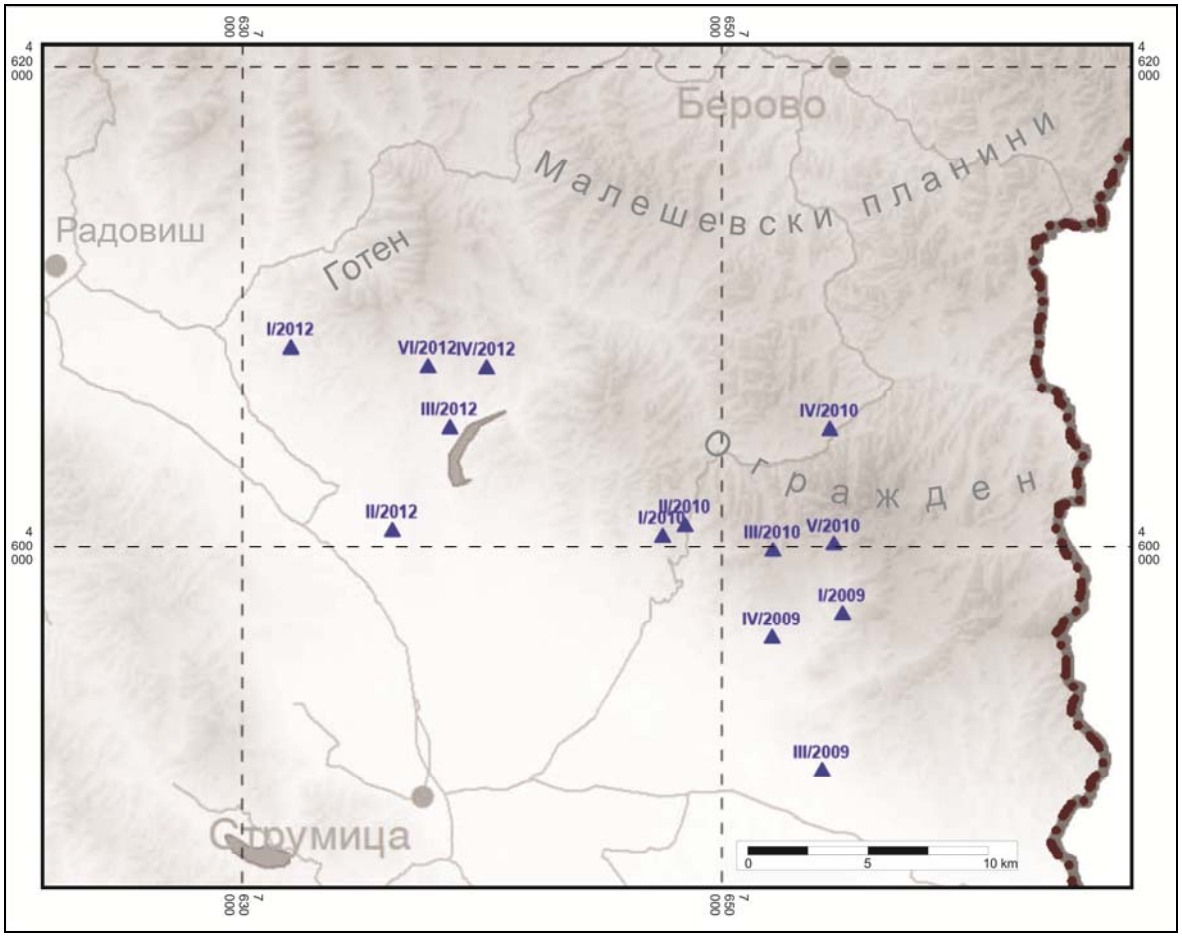
Геохронолошките испитувања ги опфаќат следните методолошки постапки: земање на проби од теренот, лабораториска подготовка и геохронолошка анализа.

Земање на проби - земени се голем број на проби од повеќе локалитети (Слика 1), на кои најпрво се извршени петрографски испитувања (одредување на минералниот состав и структурата на карпите) и силикатна анализа. Врз основа на резултатите од овие испитувања избрани се тринаесет примероци, оценети како најповолни за геохронолошка анализа на магматските карпи.

Лабораториската подготовка на примероците, во зависност од тоа дали се работи за интрузивни: длабински, жилни или изливни карпи, вршена е со следните постапки.

Примерок односно пробата од изливна карпа најпрво е сушена на собна

температура, потоа е дробена, мелена и просеана. Со сеењето е добиена гранулометриска фракција во интервал од <0,15 mm до >0,06 mm. Со макроскопска и бинокуларна метода се сепарирани зрна на андезин од основната маса во тежина од 3,5-4,0 gr. Така припремената проба е испратена во Лабораторија ИГЕМ-РАН, Москва за детерминација на апсолутна старост по K-Ar методата.



Слика 1. Местоположа на пробите за одредување на апсолутна старост во Ограженскиот масив

За интрузивните длабински магматски карпи од типот на гранити/гранодиорити беше применета модифицирана методологија на подготовка која се состои од следните постапки.

Пробите примарно се сушени на собна температура (околу 2 недели), потоа се дробени, мелени и просеани во гранулометриски интервал од 0,1 mm до 0,3 mm. Добиената гранулометриска фракција понатаму е третирана со помош на макроскопска и бинокуларна сепарација на механички чистите биотитски ливчиња и зрна. На тој начин е добиена работна фракција од околу 5,0 gr која повеќекратно и сукцесивно е пропуштена на Frantz-овиот изодинамски електромагнетни сепаратор со цел да се добие екстремно чиста мономинерална биотитска фракција во износ од околу 99,9 %. Оваа "строго" чиста - мономинерална фракција од биотитот со тежина од околу 3,0 gr. е испратена во лабораторија за детерминација на апсолутна старост.

Лабораториска подготовка на примероците е вршена од страна на д-р Симеон Јанчев дипл. инж. геолог.

Геохронолошките анализи се правени според следната процедура. Определу-вање на содржините на радиогениот аргон е извршено два пати на масени спектрометар MI-1201 IG, со помош на изотопска метода на разблажување на максимумите на ^{38}Ar. Содржината на калиумот е определувана два пати со пламено спектрофотометриска метода.

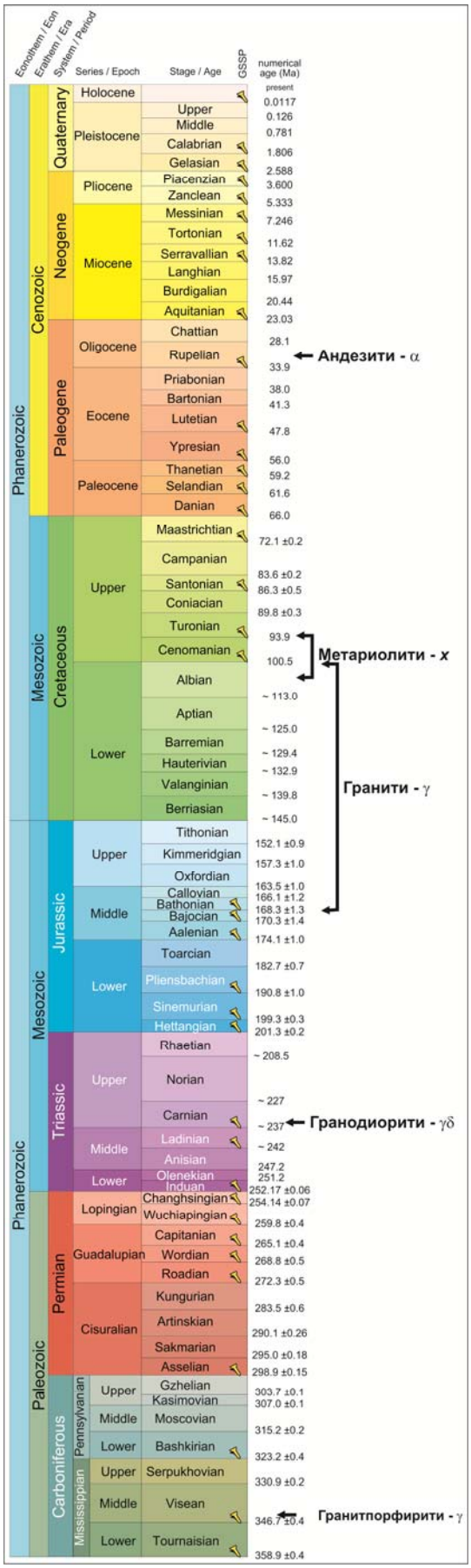
За пресметки на староста користени се следните интернационални вредносни параметри: $\lambda k=0,581\times10\text{-}10y\text{-}1$, $\lambda\beta\text{-}=4,962\times10^{-10}y^{-1}$, $^{40}K=0,01167$ (%).

Табела 1. Приказ на добиените резултати од геохронолошките испитувања на магматските карпи од Огражденскиот масив

Примерок бр.	Локалитет	Координати X,Y, Z	Петрографска одредба	Анализиран материјал	K (% ±σ)	$^{40}Ar_{rad}$ (ng/g) ±σ	Старост (Ma±2σ)
I/2009	Шипок-Омарица	7.655.000 4.597.180 725 мнв	Свеж вулканит (андезит) - α	Основна маса	2,65 ±0,03	5,41 ±0,02	29,2 ±0,7
III/2009	с. Сушица (СЗ од црква)	7.654.150 4.590.640 300 мнв	Свеж грано-диорит порфи-роиден γδ	Биотит	7,43 ±0,08	128,0 ±0,4	233 ±5
IV/2009	Ѓурѓиев Пролетник	7.652.070 4.596.180 555 мнв	Свеж сред-нозрн биотитски гранит – γbs	Биотит	7,43 ±0,08	87,7 ±0,3	163 ±3
I/2010	ЈИ од Кукавица	7.647.515 4.600.408 930 мнв	Крупнозрн биотитски гранит – γ	Биотит	6,53 ±0,07	68,9 ±0,3	146 ±3
II/2010	СЗ од рудникот Огражден	7.648.452 4.600.852 900 мнв	Аплитоиден гранит – γa	Биотит	4,58 ±0,05	36,81 ±0,17	112,5 ±2,5
III/2010	Аскарски Камен - Драгулево	7.652.100 4.599.810 1.300 мнв	Порфироиден биотитски гранит – γb	Биотит	6,59 ±0,07	51,9 ±0,3	110,0 ±2,5
IV/2010	Преведена	7.654.470 4.604.820 1.100 мнв	Среднозрн дволискунски гранит – γsr	Биотит	5,87 ±0,06	55,73 ±0,19	132 ±3
V/2010	Балтаков Чукар	7.654.640 4.600.080 1.430 мнв	Порфироиден биотитски гранит – γb	Биотит	6,51 ±0,07	46,8 ±0,3	101,0 ±2,5
I/2012	с. Јаргулица	7.632.057 4.608.218 607 мнв	Ситнозрнест метариолит – x	Основна маса	5,85 ±0,06	38,63 ±0,12	93 ±2
II/2012	с. Сушево	7.636.277 4.600.649 306 мнв	Свеж метариолит – x	Основна маса	5,63 ±0,06	42,4 3±0,14	105.5 ±2
III/2012	Нивичани (до брана Турија)	7.638.672 4.604.890 435 мнв	Крупнозрн биотитски гранит – γb	Биотит	8,18 ±0,09	78,0 ±0,3	132 ±3
IV/2012	с.Нивичани	7.640.195 4.607.406 612 мнв	Крупнозрн биотитски гранит – γb	Биотит хлори-тисан	1,63 ±0,02	19,92 ±0,09	168 ±4
VI/2012	Амзова Чукара	7.637.760 4.607.450 760 мнв	Гранитпорфир – γ	Биотит	0,19 ±0,01	4,78 ±0,15	340 ±30

Од овие испитувања, според меѓународниот хроностратиграфски столб (International cronostratigraphic chart) на Меѓународната комисија за стратиграфија (International Comission on Stratigraphy) (K.M. Cohen, S. Finney, P .L. Gibbard, 2013**)**, се добија следните нови сознанија (Слика 2).

Најмлади карпи се вулканските андезити од локалитетот Шипок Омарица со апсолутна старост од 29,2±0,7 милиони години (Ma) што припаѓа на долен олигоцен.



Слика 2. Хроностратиграфска припадност на карпите од Огражденскиот масив

Како помлади се издвојуваат метариолитите. Метариолитот од локалитетот с. Јаргулица (примерок бр. I/2012) е детерминиран со апсолутна старост од 93±2 Ma, што според геохронолошка поделба укажува дека е од мезозојска старост - Горна креда – Туронски кат.

Метариолитот од локалитетот с. Сушево (примерок бр. II/2012) е детерминиран со апсолутна старост од 105,5±2 Ma, што според геохронолошка поделба укажува дека е од мезозојска старост - Долна креда - Албски кат.

Порфироидниот биотитски гранит од локалитетот Балтаков Чукар (примерок бр. V/2010) детерминиран е со старост од 101±2,5 Ma, што укажува дека се од мезозојска старост, поточно Долна креда - Албски кат.

Исто со него е и порфироидниот биотитски гранит од локалитетот Аскарски Камен - Драгулево (примерок бр. III/2010), кој е детерминиран со старост од 110±2,5 Ma (мезозојска старост - Долна креда - Албски кат).

Аплитоидниот гранит кој се јавува СЗ од рудникот на фелдспат "Огражден" (примерок бр. II/2010) има апсолутна старост од 112,5±2,5 Ma (мезозојска старост - Долна креда - Албски кат).

Среднозрнестиот дволискунски гранит од локалитетот Преведена (примерок бр. IV/2010) е детерминиран со старост од 132±3 милиони години (мезозојска старост - Долна креда - Отривски кат).

Крупнозрнестиот биотитски гранит од локалитетот Нивичани, односно во близина на акумулационо езеро Турија (примерок бр. III/2012) е детерминиран со старост од 132±3 Ma (Мезозоик - Долна креда, Отривски кат).

Крупнозрнестиот биотитски гранит од локалитетот Кукавица (примерок бр. I/2010) е детерминиран со апсолутна старост од 146±3 Ma, што според геохронолошка поделба укажува дека е од мезозојска старост - Горна јура - Титонски кат.

Среднозрнестиот (крупнозрнест) биотитски гранит од локалитетот Ѓурѓиев Пролетник (примерок бр. IV) е детерминиран со старост од 163±3 Ma,

што укажува дека е од мезозојска старост - Горна јура - Оксфордски кат.

Крупнозрнестиот биотитски гранит од локалитетот Нивичани (примерок бр. IV/2012) има апсолутна старост 168±4 Ma, што според геохронолошка поделба укажува дека е од мезозојска старост - Средна јура - Батски кат.

Порфироидниот гранодиорит од локалитетот Сушица (примерок бр. III) е детерминиран со старост од 233±5 Ma, што укажува дека е од мезозојска старост - Горен тријас - Карнички кат.

И како најстар е добиен гранитпорфиритот од локалитетот Амзова Чукара (примерок бр. VI/2012) со апсолутна старост 340±30 Ma, што според геохронолошка поделба укажува дека е од палеозојска старост – Среден карбон - Визески кат.

ЗАКЛУЧОК

Согласно извршените геохронолошки испитувања на рудниот реон Огражден-Беласица, односно на картираниот терен до 2012 година на Огражденскиот масив, се заклучува следното:

- Андезитот кој претставува интермедијарна, изливна, карпа е најмлад и е со палеогенска, долно олигоценска старост.
- Метариолитите, кои претставуваат кисела изливна карпа, се со мезозоиска кредна старост.
- Биотитските гранити, кои се кисели длабински карпи, се со мезозоиска, кредна до јурска старост.
- Аплитоидниот гранит, кој е кисела жилна карпа, е со мезозоиска, долно кредна старост.
- Дволискунските гранити, кои се кисела длабинска карпа, се со мезозојска, долно кредна старост.
- Гранодиоритот, кој е кисела длабинска карпа, е со мезозоиска, горно тријаска старост.
- Гранитпорфирот, кој е кисела жилна карпа, е со палеозоиска, средно карбонска старост.

Врз основа на новите резултати се констатирани следните измени во хроностратитиграфска положбата на литолошките единици за листот Струмица од Основна геолошка карта на СФРЈ 1:100 000 (Ракиќевиќ Т., Ковачевиќ и Пенџерковски Ј., 1972).

1. Биотитските гранити, кои со две поранешни испитувања се сврстени во Долна креда, сега е потврдено дека постоеле повеќе фази на нивно стварање кои се одвивале во периодот од Јура до Креда. Поточно среднозрнестиот и крупнозрнестите биотитски гранити се со долно кредна, средно јурска и горно јурска старост, а порфироидните биотитски гранити се со долно кредна старост.
2. Дволискунските гранити наместо палеозоиска се со мезозоиска, долно кредна старост.
3. Порфироидниот гранодиорит наместо кредна е со тријаска старост и е постар од биотитските порфироидни гранити со кои ставен заедно во легендата.
4. Гранитпорфирите се сметаа дека се со мезозоиска, поточно тријаска старост, но според најновото истражување се утврди палеозоиска, карбонска старост и според тоа тие се постари од сите горенаведни карпи.
5. За метариолитите е констатирано дека припаѓаат на помладите риолити и се со кредна старост.
6. На андезитот му е потврдена терциерната, поточно олигоценската старост.
7. Староста на аплитоидниот гранит е потврдена како долна креда.

Ваквата разноликост на староста во Огражденскиот гранитоитен батолит ги потврдува поранешните сознанија за долгиот временски период на консолидација на овој магматски интрузив и неговата полифазност.

На крај треба да се констатира дека прикажанати резултати и интерпретацијата се базирани на 13 испитани проби. За поточно детерминирање на геохронолошката старост на магматските карпи се препорачува во иднина да се прават поголем број на проби од секој литолошки член поединечно.

ЛИТЕРАТУРА

Петрушев Е., Столиќ Н., Хаџи-Петрушев Б. и Божинов Б., 2008: Годишен извештај за изработка на Основна геолошка карта (ОГК-2) 1:50 000, руден реон "Огражден - Беласица" II - фаза, 2008 година.

Петрушев Е., Столиќ Н., Хаџи-Петрушев Б. и Божинов Б., 2009: Годишен извештај за изработка на Основна геолошка карта (ОГК-2) 1:50 000, руден реон "Огражден - Беласица" во 2009 година. Извештај за геохронолошките испитувања на магматските карпи. ГЕОЛОГИНГ ДОО Скопје.

Петрушев Е., Столиќ Н., Хаџи-Петрушев Б. и Божинов Б., 2010: Годишен извештај за изработка на Основна геолошка карта (ОГК-2) 1:50 000, руден реон "Огражден - Беласица" во 2010 година. Извештај за геохронолошките испитувања на магматските карпи. ГЕОЛОГИНГ ДОО Скопје.

Петрушев Е., Столиќ Н., Хаџи-Петрушев Б. и Божинов Б., 2012: Годишен извештај за изработка на Основна геолошка карта (ОГК-2) 1:50 000, руден реон "Огражден - Беласица" во 2011/2012 година. Извештај за геохронолошките испитувања на магматските карпи. ГЕОЛОГИНГ ДОО Скопје.

Ракиќевиќ Т., Ковачевиќ и Пенџерковски Ј., 1972: Основна геолошка карта на СФРЈ, 1:100 000, лист Струмица К34-94. Изданије на Сојузен геолошки завод – Белград.

Ракиќевиќ Т., Ковачевиќ М., Радовиќ Н., Пенџерковски Ј., 1973: Толкувач за Основна геолошка карта на СФРЈ, 1:100 000, лист Струмица К34-94. Изданије на Сојузен геолошки завод – Белград.

K.M. Cohen, S. Finney, P .L. Gibbard, 2013: International chronostratigraphic chart. International Commission on Stratigraphy, v2013/01. http://www.stratigraphy.org/icschart/chronostratchart2013-01.pdf [пристапено на 07.04.2016].

LITHO-, BIO- AND CHEMOSTRATIGRAPHIC METHODS IN STRATIGRAPHY: SOME EXAMPLES FROM THE DINARIDES (CROATIA AND SLOVENIA)

[1]Dunja Aljinović, [2]Tea Kolar-Jurkovšek, [2]Bogdan Jurkovšek, [1]Duje Smirčić

[1]*University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Pierottijeva 6, Zagreb, Croatia; dunja.aljinovic@rgn.hr dunja.aljinovic@rgn.hr; dsmircic@rgn.hr;*
[2]*Geological Survey of Slovenia, Dimičeva 14, Ljubljana, Slovenia tea.kolar-jurkovsek@geo-zs.si; bogdan.jurkovsek@geo-zs.si*

Abstract
Recent approach in stratigraphy applies new methods in establishing stages/substages and their boundaries as proposed by the international Commissions for stratigraphy. Relying on the new litho-, bio- and chronostratigraphic methods important results regarding Permian and Triassic deposits in the Dinarides (Croatia and Slovenia) has been achieved and some changes in stratigraphy stem from them.

Key words: stratigraphy, Permian, Triassic, Dinarides, Croatia, Slovenia

INTRODUCTION

The Permian and Lower Triassic rocks crop out all along the Karst Zone in Slovenia and Croatia. The Karst Zone, nowadays called Karst Dinarides, represents a geotectonic unit of the External Dinarides. In the focus of our interest was the continuous shallow marine deposition ranging from the Upper Permian to the Lower Triassic. In the last few years, the new stratigraphic methods have been applied in dating of the Permian-Triassic interval and especially the Permian-Triassic boundary interval (PTB) in many sections of the External Dinarides pointing that the position of the stage/substage boundaries has to be changed. The Lower Triassic sedimentary succession has been usually divided into two lithostratigraphic units: red mixed siliciclastic-carbonate deposits (shales, sandstones, siltstones, oolitic and/or bioclastic grainstones) were defined as Seis („*Siusi"*) beds, while grey dominantly carbonate deposits (micritic limestones, marls and calcareous siltstones) as Campil beds. Campil beds conformably overlay Seis deposits. Nevertheless, to this lithostratigraphic division was given also a chronostratigraphic meaning, thus Seis beds have been assigned to the early Early Triassic - Induan (T^1_1) and the Campil beds to the late Early Triassic - Olenekian (T^1_2). This twofold lithostratigraphic/chronostratigraphic division has been applied for the basic geologic mapping in nearly the entire Dinaridic area. The exception is the Gorski Kotar Region, where this division has never been applied. The purpose of such division was to make possible the comparison with the Early Triassic Werfen Formation of the Southern Alps. The PTB was commonly set at the lithological boundary between the Permian limestones and Early Triassic dolostones. Biostratigraphic constrains for the Lower Triassic beds in the External Dinarides have commonly been obtained by macrofossils, molluscs and ammonoids (Babić, 1968; Krystyn, 1974) and rarely by microfossils such as conodonts (Herak et al., 1983; Jelaska et al. 2003; Aljinović et al. 2006; Kolar-Jurkovšek et al., 2007). Combining new investigating methods - dating by conodonts, measuring ^{13}C-isotope curve and analysing the exact character of sediments we were able to achieve the more precise stratigraphic data for the Permian and Early Triassic time interval in the External Dinarides of Croatia and Slovenia.

RESULTS

The nice example of applied biostratigraphic method that resolved stratigraphic problems was the detailed zonation by means of conodonts in the tectonically complex terrain of Gorski Kotar (Croatia). In the five separated sections that differs in the lithological sense we were able to define different time of deposition for investigated section and finally to construct synthetic Early Triassic columnar section (Aljinović et al., 2006). Establishing of time related conodont zones enabled us to interpret development of the depositional basin i.e. widening of depositional area under transgressive marine conditions – Fig.1.

In the central part of the External Dinarides (Dalmatia) a remarkably thick (927,5 m) Early Triassic depositional sequence was investigated by means of litho-, bio- and chemostratigraphy. The Plavno sequence starts in the early Griesbachian and ends with a continuous transition to Anisian strata. A continuous ^{13}C-isotope curve has been achieved and was used in concert with conodonts, bivalves and ammonoids in establishing and correlating stage and substage boundaries (Aljinović et al., in press). The $\delta^{13}C$ curve follows the general trend already known for the Early Triassic. It displays a general increase from the Griesbachian to a prominent maximum beyond the +8‰ amplitude around the Dienerian-Smithian boundary (DSB), followed by a steep and continuous decline to low, negative values in the Smithian. Around the Smithian-Spathian boundary (SSB) a steep rise to a second maximum occurred. It is followed by a saw-tooth shaped decline in the Spathian and a similar increase to a peak at the Spathian-Anisian boundary (SAB) – Fig. 2. According to the new results important changes in the previously stated stratigraphic divisions has to be made.

Chemostratigraphy based on ^{13}C-isotope curve did not serve well in the Velebit Mts. (Croatia). Due to the unfavourable depositional conditions ^{13}C-isotope signal in Permian as well as across Permian-Triassic boundary is atypical. Nevertheless, differences in the lithology as well as conodont biostratigraphy enabled to trace the position of Permian-Triassic boundary.

The best example of the Permian-Triassic boundary (PTB) tracing was achieved by the detailed conodont zoning in the Slovenian part of the External Dinarides (Kolar-Jurkovšek et al., 2011a,b). In the Lukač section near Žiri six conodont zones have been recognized (in ascending order, from the latest Changshingian to Griesbachian: *Hindeodus praeparvus* Z., *H. parvus* Z., *Isarcicella lobata* Z., *I. staeschei – I. isarcica* Z., *H. postparvus* Z. and *Hadrodontina anceps* Z.) and it represents a key section to define the PTB interval strata in Slovenia based on the first appearance datum (FAD) of conodont species *H. parvus* which is used as a marker according to the international criterion of the IUGS.

Conodont biostratigraphy accomplished with findings of foraminifera represents the first known and the most complete conodont biozonation across the Permian-Triassic interval from the entire Dinaridic region and therefore the Lukač section is taken also as a standard for conodont zonation for the entire Dinaridic area that enables correlation with the biozones of the Southern Alps and the GSSP Meishan D section (Kolar-Jurkovšek et al., 2011a,b).

In the Žiri area (western Dinarides, Slovenia) we were able to precisely locate Permian-Triassic boundary interval regarding lithofacies criteria. Well-known and worldwide described microbial facies, that appeared as the consequence of end-Permian mass-extinction, as well as the difference related to the underlying Permain limestones full of fossil remnants enable us to established the Permian-Triassic transitional interval.

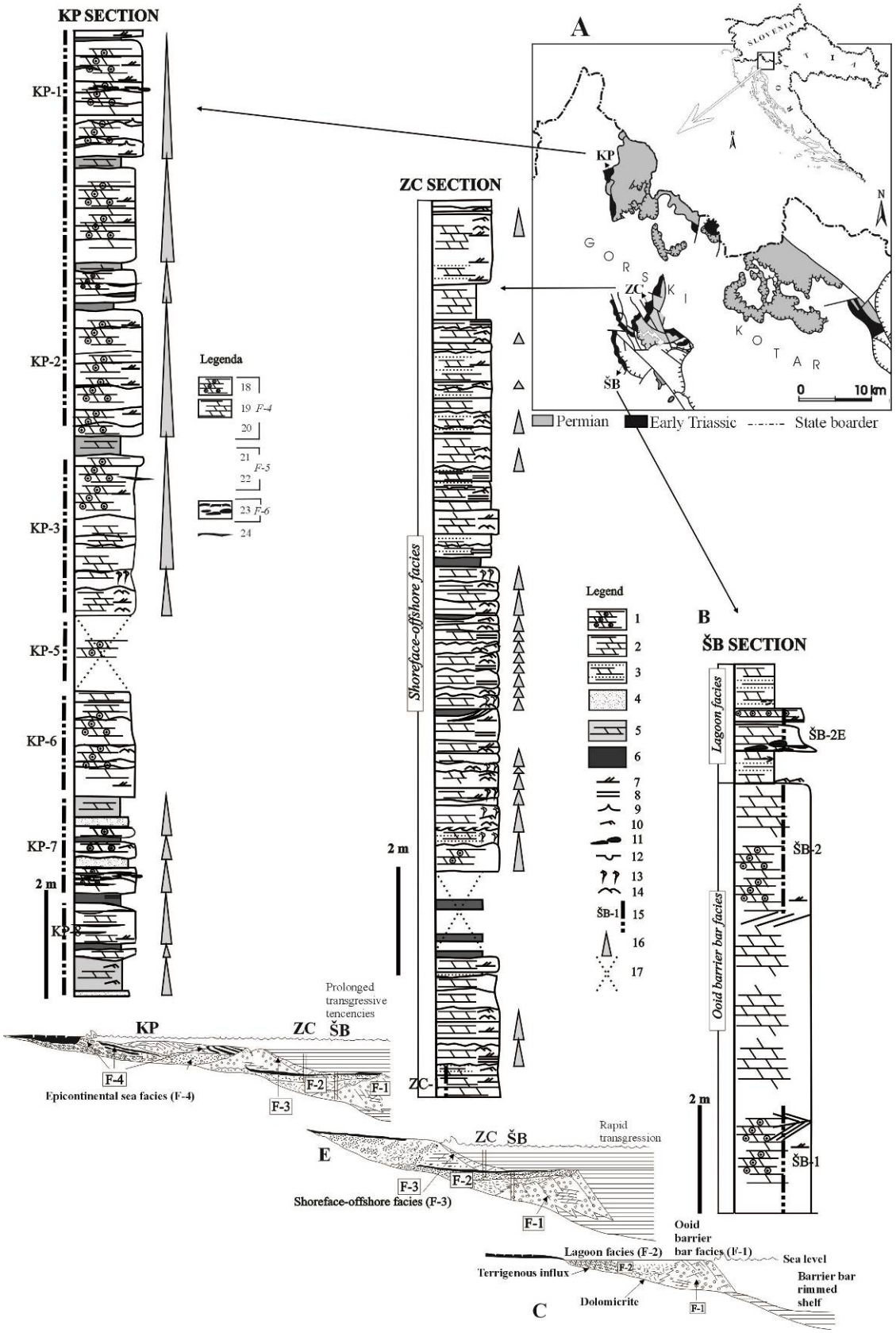


Fig. 1 *Investigated Early Triassic sections in the Gorski Kotar Region. Legend: 1) oolithic grainstone; 2) coarse crystalline dolostone ; 3) silty dolomicrite; 4) sandstone; 5) dolomicrite; 6) shale; 7) cross lamination/bedding; 8) parallel lamination; 9)wave ripples; 10) cross laminations; 11) desiccated flat pebbles; 12) load casts; 13) bioturbation; 14) hummocky cross stratification; 15) sampled interval; 16) finning upward cycle; 17) covered interval; F-1Ooid Barrier bar facies; F-2 Lagoonal facies; F-3 Shoreface-offshore facies; F-4 Epicontinental sea facies*

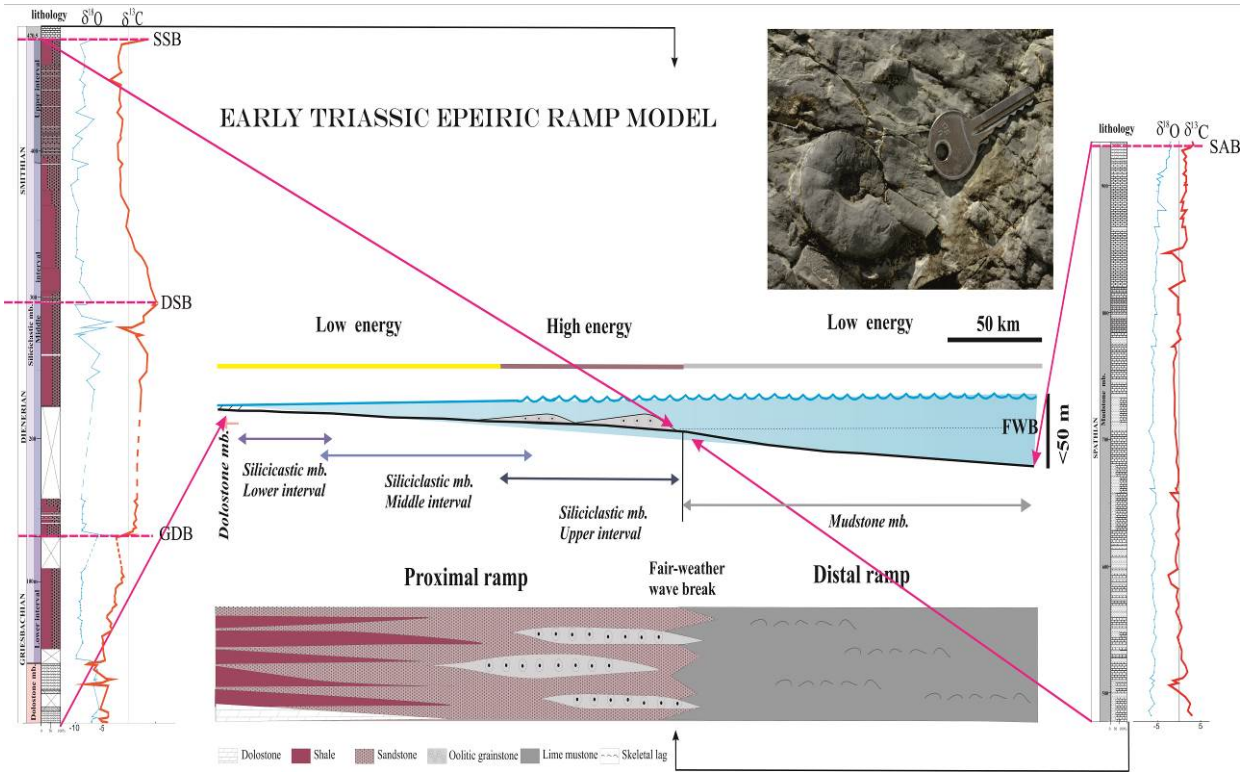


Fig.2 *Continuous Early Traissic section from the central part of the External Dinarides (Plavno). Stage and substage boundaries were established due to C-isotope curve. Depositional environment determined as epeiric ramp.*

REFERENCES

Aljinović D, Kolar-Jurkovšek T, Jurkovšek B (2006) The Lower Triassic Shallow Marine Succession in Gorski Kotar Region (External Dinarides, Croatia): Lithofacies and Conodont Dating. Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia, 112, 35-53.

Aljinović D., Horacek, M., Krystyn, L., Richoz, S., Kolar-Jurkovšek, T., Smirčić, D., Jurkovšek, B. (2016) The Early Triassic epeiric ramp evolution (External Dinarides, Croatia). *In press*

Babić Lj (1968) O trijasu Gorskog kotara i susjednih područja. (Sur le Trias dans le Gorski Kotar et les regions voisines). Geol. vjesnik, 22, 11-23. Zagreb

Herak M, Šćavničar B, Šušnjara A, Đurđanović Ž, Krystyn L, Gruber B (1983) Neue Beiträge zur Biostratigraphie der Tethys-Trias. Lower Triassic of Muć. Proposal for standard section of the European Upper Scythian. Schr. Erdwiss., 5, 93-106.

Jelaska V, Kolar-Jurkovšek T, Jurkovšek B, Gušić I (2003) Triassic beds in the basement of Adriatic-Dinaric carbonate platform of Mt.Svilaja (Croatia), Geologija, 46; 225-230, Ljubljana

Kolar-Jurkovšek T. & Jurkovšek B. (2007) First record of *Hindeodus-Isarcicella* population in Lower Triassic of Slovenia. Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol., 252: 72-81.

Kolar-Jurkovšek T, Jurkovšek B, Aljinović D. (2011a) Conodont biostratigraphy and lithostratigraphy across the Permian-Triassic boundary at Lukač section in western Slovenia. Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia, 117; 115-133.

Kolar-Jurkovšek T, Jurkovšek B, Aljinović D, Nestell G.P. (2011b) Stratigraphy of Upper Permian and Lower Triassic Strata of the Žiri Area (Slovenia). Geologija, 54/2, 193-204, Ljubljana.

Krystyn L. (1974) Die *Tirolites*-fauna (Ammonoidea) der untertriassischen Werfen Schichten Europas und iher stratigraphischeBedeutung. Sitzberg.Oster.Akad.Wiss.Matem.-naturw.Kl.Abt., I 193, 1-3, 29-50.

POSTOROGENIC INTERPLAY OF TECTONIC AND MAGMATIC PROCESSES WITHIN THE INTERNAL DINARIDES

Ana Mladenović, Vladica Cvetković, Branislav Trivić

University of Belgrade – Faculty of Mining and Geology
ana.mladenovic@rgf.bg.ac.rs; vladica.cvetkovic@rgf.bg.ac.rs; branislav.trivic@rgf.bg.ac.rs

Abstract
This study focused on two smaller areas within the Internal Dinarides: the area of the Kopaonik Mts. in the south, and the southern rim of the Pannonian basin, in the northern part of the Internal Dinarides. We combined data set on tectonic paleostress tensors, with the existing information on Cenozoic magmatic rocks in the wider area of Kopaonik Mts., the Rudnik Mts., the Bukulja Mts., and the Cer Mts. The paleostress study revealed the presence of four brittle deformational phases, and the established link between tectonic and igneous processes suggests that two tectono-magmatic events occurred in this area. The Late Eocene – Early Miocene tectono-magmatic event was generally characterized by transpressional tectonics that provided conditions for formation of basaltic underplating and subsequent lower crustal melting and generation of I-type magmas. The second event is late Early – Late Miocene in age. It was, first, associated with clear extensional conditions that caused advancing of basaltic melts to mid-crustal levels. This, in turn, induced the elevation of geotherms, melting of shallow crust and S-type granite formation. This event terminated with transpression that produced small volumes of basaltic melts.

Key words: paleostress, magmatism, Kopaonik Mts., Rudnik Mts., Bukulja Mts.

INTRODUCTION

The Dinaric orogen formed as a response of very intense and multiphase tectonic processes between the Adriatic and the European tectonic plates. Its internalmost part, situated along the central axis of the Balkan Peninsula, is in immediate contact with structurally higher Carpatho-Balkan orogen, representing the deformed margin of the European continent. In the same, this area hosts several Oligo-Miocene magmatic provinces, that are believed to have been tectonically controlled in the collisional/postcollisional period of the Dinarides.

The main aim of this study is to constrain tectonic factors that controlled Oligo-Miocene magmatism within the internal parts of the Dinarides. This was done by studying fault kinematics and active tectonic phases, and linking these data with data about known magmatic episodes including all relevant petrogenetic information of the occurring igneous rocks. This correlation enabled defining of two tectono-magmatic events for the region of Internal Dinarides.

AN OVERVIEW OF PRESENT IGNEOUS ROCKS

In the research area, at least three groups of igneous rocks can be distinguished, according to their compositional and/or age difference: (1) Oligocene I-type granitoids and dacitic/andesitic volcanics and volcanoclastics, (2) Late Oligocene – Early Miocene quartz monzonites and monzodiorites and corresponding quartz latitic volcanics and volcanoclastics, (3) Miocene peraluminous S-type two-mica granites.

The largest mass of the Oligocene intrusive group is represented by the northern Kopaonik (i.e. Željin) granodiorite – tonalite, which crystallization is dated to ~31.5 Ma (Schefer et al. 2011). Volcanic counterparts of these granodiorites can be found along the Ibar river valley and on Rogozna Mts., as well as within the Rudnik Mts. volcanic province (Cvetković et al. 2016).

The Oligo-Miocene group is represented by I-type granitoids of the southern Kopaonik, Golija, Rudnik, Brajkovac, Bukulja and Cer. The reported ages vary from ~30 Ma for the

southern Kopaonik mass (Schefer et al. 2011), up to ~20 Ma for the Golija intrusive (Schefer et al. 2011). Accompanying quartz latitic volcanics and volcanoclastics are the result of Plinian to sub-Plinian explosive volcanic activity. They were interpreted as having resulted from mixing between acid-intermediate magmas and water-saturated lamproite melts (Prelević et al. 2004; Cvetković et al. 2016).

The youngest magmatic activity is related to the formation of peraluminous S-type two-mica granites of Polumir, Bukulja and Cer. Their age is dated to 20 – 17 Ma (Koroneos et al. 2011; Schefer et al. 2011), and according to fission track data they were exhumed almost simultaneously with the magma crystallization (Schefer et al. 2011).

RESULTS AND DISCUSSION

Paleostress analysis of fault-slip data enabled definition of four brittle tectonic phases. Based on the correlation of data about brittle tectonic phases and igneous processes, we recognize two more or less continuous tectono-magmatic events. By tectono-magmatic event, we mean a group of successive and distinct tectonic phases that together impose important control on specific magmatic processes. The older comprises three brittle tectonic phases D1 – D3, which are, according to this interpretation, genetically linked to voluminous Early Oligocene – Early Miocene magmatism. The younger event includes two D4 sub-phases (D4a and D4b), which are linked to Middle Miocene S-type granitoid and Middle/Late Miocene basaltic magmatism, respectively.

The Late Eocene – Early Miocene tectono-magmatic event was generally characterized by transpressional tectonics that provided conditions for formation of basaltic underplating and subsequent lower crustal melting and generation of I-type magmas. Due to predominant compression in the first half of this event, these magmas could not reach upper crustal levels. Later on, limited extensional pulses that occurred before the end of this event opened pathways for newly formed mantle melts to reach shallower crustal levels and mix with the evolving I-type magmas. The above geodynamic scenario correlates well with the interpretation that involves slab delamination with subsequent slab roll-back processes. Slab delamination can be a likely provider of pathways for heat flux and generation of mantle magmas. However, none or only limited extension in this stage locked these magmas in the lower crust and enabled only their slow uplift to the upper crustal levels. Advancing stages of slab delamination involving slab roll-back processes (at ~30 Ma according to our model) could have possibly induced more extensional-like tectonic regime that became more significant with time.

The second event is Middle – Late Miocene in age. It was, first, associated with clear extensional conditions that caused advancing of basaltic melts to mid-crustal levels. This, in turn, induced the elevation of geotherms, melting of shallow crust and S-type granite formation. This event terminated with transpression, due to increased onset of the Adria derived compression, that produced small volumes of basaltic melts which products can be traced in the southernmost part of the research area, on the southern slopes of the Kopaonik Mts.

REFERENCES

Cvetković, V., Šarić, K., Pécskay, Z., Gerdes, A. (2016). The Rudnik Mts. volcano-intrusive complex (central Serbia): An example of how magmatism controls metallogeny. *Geologia Croatica, 69 (1)*, 89 – 99. doi: 10.4154/gc.2016.08

Koroneos, A., Poli, G., Cvetković, V., Christofides, G., Krstić, D., Pécskay, Z. (2011). Petrogenetic and tectonic inferences from the study of the Mt Cer pluton (West Serbia). *Geol. Mag., 148 (1)*, 89 – 111

Prelević, D., Foley, S.F., Cvetković, V., Romer, R.L. (2004). Origin of minette by mixing of lamproite and felsic magmas in Veliki Majdan, Serbia. *J Petrol, 45*, 759 – 792

Schefer, S., Cvetković, V., Fügenschuh, B., Kounov, A., Ovtcharova, M., Schaltegger, U., Schmid, S. (2011). Cenozoic granitoids in the Dinarides of southern Serbia: age of intrusion, isotope geochemistry, exhumation history and significance for the geodynamic evolution of the Balkan Peninsula. *Int. J. Earth Sci., 100*, 1181 – 1206. doi: 10.1007/s00531-010-0599-x

CHARACTERISTICS OF MIDDLE TRIASSIC VOLCANICLASTIC DEPOSITS IN THE EXTERNAL DINARIDES (CROATIA AND BOSNIA AND HERZEGOVINA)

[1]Duje Smirčić, [1]Dunja Aljinović, [1]Vesnica Garašić, [2]Tea Kolar-Jurkovšek, [1]Uroš Barudžija, [3]Hazim Hrvatović and [2]Bogdan Jurkovšek

[1]Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb, Pierottijeva 6, Zagreb, Croatia
[2]Geological Survey of Slovenia, Dimičeva 14, Ljubljana, Slovenia
[3] Geological Survey of Federation of Bosnia and Herzegovina, Ilidža, Ustanička 11, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina
dsmircic@rgn.hr; dunja.aljinovic@rgn.hr; vesnica.garacic@rgn.hr; tea.kolar-jurkovsek@geo-zs.si; hharish@bih.net.ba; bogdan.jurkovsek@geo-zs.si

Abstract
Middle Triassic volcaniclastic rocks were investigated by means of petrography, biostratigraphy and geochemistry at three localities (Donje Pazarište, Bosansko Grahovo and Zelovo) in the External Dinarides. Petrographic features of volcaniclastics at all three localities are quite different and suggest different genesis. Biostratigraphic analysis, based on conodonts and rare ammonoids, indicate similar, upper Anisian, Illirian stratigraphic position of Donje Pazarište and Bosansko Grahovo sections while the Zelovo section is stratigraphically younger - Upper Fassanian. Geochemical data (EMP – electron microprobe analysis) show that pyroclastic material from Donje Pazarište comprises minerals mostly of acidic magma, while at the locality Zelovo crystaloclasts show more complex composition with the normal and reverse zoned plagioclase crystals. Various types of volcaniclastic deposits, their different mineral composition and other petrographic characteristics can be interpreted in the light of different genesis in a bathymetricaly different Middle Triassic basins accompanied by different volcanic processes.

Key words: External Dinarides, Middle Triassic, volcaniclastics, petrography, biostratigraphy, geochemistry

INTRODUCTION

Investigation of Middle Triassic volcaniclastic deposits in the External Dinarides has been performed on three localities. In Donje Pazarište (Lika, Velebit Mts.) 90 m thick sedimentary sequence consists of alternating mudstones and volcanogenic feldspar/lithic greywackes, carbonaceous shales, plagioclase rich syneruptive resedimented crystaloclastic tuffs, vitroclastic tuffs, gray platy limestones with chert intercalations or nodules, and thick massive debrite limestone breccia. The sedimentary sequence of Bosansko Grahovo, in the vicinity of Strmica (territory of Bosnia and Herzegovina) is 80 m thick and comprises dominantly autoclastic rocks: limestone fluidal peperites, tuffs, volcanogenic sandstone, resedimented basaltic hyaloclastics, *in situ* basaltic hyaloclastics and limestone/chert breccia-conglomerate peperite. On Mt. Svilaja in Zelovo area, section consists of 14 m thick succession characterized by interlayers of green crystaloclastic and vitroclastic tuffs („*pietra verde*"), pale green to white unconsolidated clay rich tuffs and heavily recrystallized and silicified dark gray limestones and dolostones (Balini et al., 2006; Belak et al., 2000; Jelaska et al., 2003; Marjanac, 2000; Ščavničar et al., 1984).

GEOLOGICAL SETTING

External Dinarides represent the most southeastern part of the Dinaridic mountain chain, formed in the phase of Alpine orogenesis. After the tectonically quiet period in the Lower Triassic with a global transgressive trend on the western Tethyan region, the formation of the new ocean commenced. The ocean forming rifting tectonism resulted in normal faulting, subsiding and uplifting of different blocks. The Lower Triassic calm and steady sedimentary environments became intensively diverse. Middle Triassic rifting tectonic movement was accompanied by various magmatic activities, evidenced as volcaniclastic deposits.

METHODOLOGY

This study was conducted using field methods and recording the lithological and

sedimentological columns. From around 200 samples petrographic thin sections were made and petrographically analyzed using the Leica 020-522.101 DM/LSP polarizing microscope with objectives of different magnifications. From the defined lithotypes of volcaniclastic deposits specific samples were chosen for further geochemical analysis. Seven samples were analyzed using electron microprobe (EMP). This analysis was carried out on the Karl-Franzsen University in Graz, using a JEOL JXA-8200 microprobe device with five wave dispersive spectrometers. Measurments were made on different types of clasts. While making the analysis it was taken into account to measure each crystal grain at at least two different points. The results were displayed as major element oxides and mineral formula were calculated using PETRAKI software, written by dr sc. Hans-Peter Meyer from Institut für Geowissenschaften, Universität Heidelberg. Selected 15 samples were send to the ACME lab for ICP-MS analysis to get the whole rock geochemical data, including the major, minor, incompatible elements and especially the REE. Gathered geochemical data was interpreted using IgPet software.

In each section carbonate rocks appear as interlayers of different thicknesses. Samples of carbonate rocks were collected for further conodont analysis. Samples weighing from 2 to 5 kg were crushed to smaller pieces and dissolved in acetic acid with occasional decanting. After the carbonate material was dissolved the residue was separated using bromoform with density 2,88 g/cm^3. The conodont elements made from apatite were then collected and analyzed in the Geological Survey of Slovenia.

RESULTS AND DISCUSSION

In Donje Pazarište (Lika, Velebit Mts.) a 90 meters thick sedimentary section 6 different lithotypes were recognized: flysch like alternation of dark brow to gray nodular mudstones and volcanogenic feldspar or lithic greywackas, plagioclase rich syneruptive resedimented crystaloclastic tuffs, vitroclastic tuffs, gray platy limestones with chert intercalations or nodules and thick massive debrite breccias.

The sedimentary sequence of Bosansko Grahovo, in the vicinity of Strmica (territory of Bosnia and Herzegovina) is 80 m thick and comprises dominantly autoclastic rocks: limestone fluidal peperites, tuffs, volcanogenic sandstone, resedimented basaltic hyaloclastics, *in situ* basaltic hyaloclastics and limestone/chert breccia-conglomerate peperite.

On Mt. Svilaja, in Zelovo area, section consists of 14 m thick succession characterized by interlayers of green crystaloclastic and vitriclastic tuffs („*pietra verde*“), pale green to white unconsolidated clay rich tuffs and heavily recrystallized and silicified dark gray limestones and dolostones (Balini et al., 2006; Belak et al., 2000; Jelaska et al., 2003; Marjanac, 2000; Ščavničar et al., 1984).

The textures present in this section suggest resedimentation processes. Biostratigraphic analysis, based on determined *Neogondolella constricta* and *Paragondolella trammeri* conodont zones and ammonoid species *Flexoptychites* sp., indicate similar, upper Anisian, Illirian stratigraphic position of Donje Pazarište and Bosansko Grahovo sections. Conodont species present at Mt. Svilaja, in Zelovo area, indicate *Budurovignathus hungaricus* conodont zone and point to younger - Upper Fassanian age (Jelaska et al, 2003, Balini et al., 2006).

Geochemical data (EMP – electron microprobe analysis) show that pyroclastic material from Donje Pazarište comprises minerals mostly of acidic magma, while at the locality Mt. Svilaja, in Zelovo area, crystaloclasts show more complex composition with the normal and reverse zoned plagioclase crystals indicating constant income of new melt to the magma chamber. In the autoclastic complex of the Bosansko Grahovo section, significant variation of Al_2O_3 content occur in the pyroxene phenocrysts and groundmass pyroxenes, suggesting that they were formed in different pressure regimes. Also, there is a variation of MgO, CaO and FeO content at the rims and in the core of the pyroxene phenocrysts, pointing to magma mixing processes and income of new magma to the chamber.

All the analyzed whole rock samples show calc-alkaline magma composition.

CONCLUSION

It can be concluded that volcaniclastic deposits of Donje Pazarište and of Bosansko Grahovo are stratigraphically similar, while Mt.Svilaja, in Zelovo area, is younger in age Nevertheless, all investigated and described sections differ in genesis. Various types of volcaniclastic deposits, their different mineral composition and other petrographic characteristics can be interpreted in the light of different genesis and bathymetry of the Middle Triassic basins. Middle Triassic environmental differentiation stem from rifting processes and formation of uplifted (shallow/emerged) terrains as well as subsided (deeper/pelagic basins and intrashelf basins) due to the opening of the new Tethyan ocean and adjacent branches accompanied by different volcanic activity.

REFERENCES

Balini, M., Jurkovšek, B., Kolar-Jurkovšek, T. 2006. New Ladinian ammonoids from Mt. Svilaja (External Dinarides, Croatia). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia,* 112, 383-395.

Belak, M. 2000. Postaja 2: profil Sutina-Zelovo Sutinsko; Kristaloklastični i vitoroklastični tufovi (*pietra verde*) s proslojcima silicificiranih dolomita, vapnenac, tufita i rožnjaka. In: Jelaska, V., Benček, M., Matičec, D., Belak, M., Gušić, I: Geološka povijest i strukturna evolucija Vanjskih Dinarida.- Vodič ekskurzija (Vlahović, I., Biondić, R. Eds.). 2. Hrv. geol. kongres, Cavtat-Dubrovnik, 6-9. Cavtat-Dubrovnik.

Jelaska, V., Kolar-Jurkovšek, T., Jurkovšek, B., Gušić, I. 2003. Triassic beds in the basement of the Adriatic-Dinaric carbonate platform of Mt.Svilaja (Croatia). *Geologija*, 46/2, 225-230.

Marjanac, T. 2000. Triassic of Dalmatia – Evidence of a failed rift (Muć section). *PANCARDI 2000, Vijesti Hrv. geol. dr*., 37/2: 117-126, Zagreb.

Ščavničar, B., Ščavničar, S. & Šušnjara, A. 1984. The volcanic-sedimentary Middle Triassic in the Suvaja brook area (Mt. Svilaja, Outer Dinarides). *Acta Geologica,* 14, 35-82.

VOLCANOLOGY OF KOZUF MOUNTAIN IN THE REPUBLIC OF MACEDONIA

Blazo Boev, Ivan Boev, Sonja Lepitkova

University "Goce Delčev"- Štip, Faculty of Natural and Technical Sciences, Blvd.Krste Misirkov, 10-A, P.O.Box 210. 2000 Stip Republic of Macedonia, e-mail: blazo.boev@ugd.edu.mk

Abstract
The location of this volcanic complex in the Kozuf - Kilkis transverse zone) and the intersection with the Vardar zone indicates a central type volcanism, activated on the tectonic intersection formed by the reactivated regional fault structures of Vardar strike (NW - SE to N - S) and the Kozuf - Kilkis (E - W) fault structure formed during the neotectonic period. This type of volcanism is characterized by ring-radial structures.

Key words: Kozuf, volcanology, neotectonic period

INTRODUCTION

The Kozuf volcanic complex is east-west oriented being about 30 km long. On the east the complex spreads to the Demir Kapija-Gevgelija ophiolitic complex, whereas to the west it reaches the overthrust structure which separates the Pelagonian metamorphic complex and Vardar zone (Boev, 1988). The development and evolution of this volcanism is closely related to the development and evolution of the Vardar zone. Thereby the labile geotectonic unit is formed in the period from the Mio-Pliocene to the Quarter (Arsovski,1962). In the Neotectonic period (from the end of Oligocene to the Pliocene) the territory of the Republic of Macedonia is characterized by the processes of radial tectonics and formations of longitudinal and transferzal grabens structures (Kocneva et al., 2006; Volkov et al., 2006). Formation of some of these grabens is related to the activation of the neogen magmatism in the territory of the Republic of Macedonia (Boev, 1988) as well as with the neogen volcanism in the Mtn. Kožuf region (Fig. 1).

Fig.1 *Panoramic view of Kozuf volcanic mountain (Foto. I.Boev, 2015)*

GEOLOGY OF THE KOZUF DISTRICT

Geologically viewed the Kozuf district is built of several geologic formations distributed in several stratigraphic complexes (Fig.2).

- A complex of Precambrian metamorphic rocks
- A complex of Paleozoic metamorphic rocks
- A complex of Triassic-Jurassic sedimentary rocks
- A complex of Upper-Cretaceous sedimentary rocks
- A complex of Upper-Eocene rocks
- A complex of Pliocene sediments and pyroclasts and
- A complex of Quaternary sediments

The geologic structure also includes magmatic rocks represented by

- A complex of metamorphosed rhyolites and pyroclasts
- A complex of serpentinized ultramafic rocks
- A complex of basic igneous rocks, and
- A complex of volcanic of calc-alkaline suites.

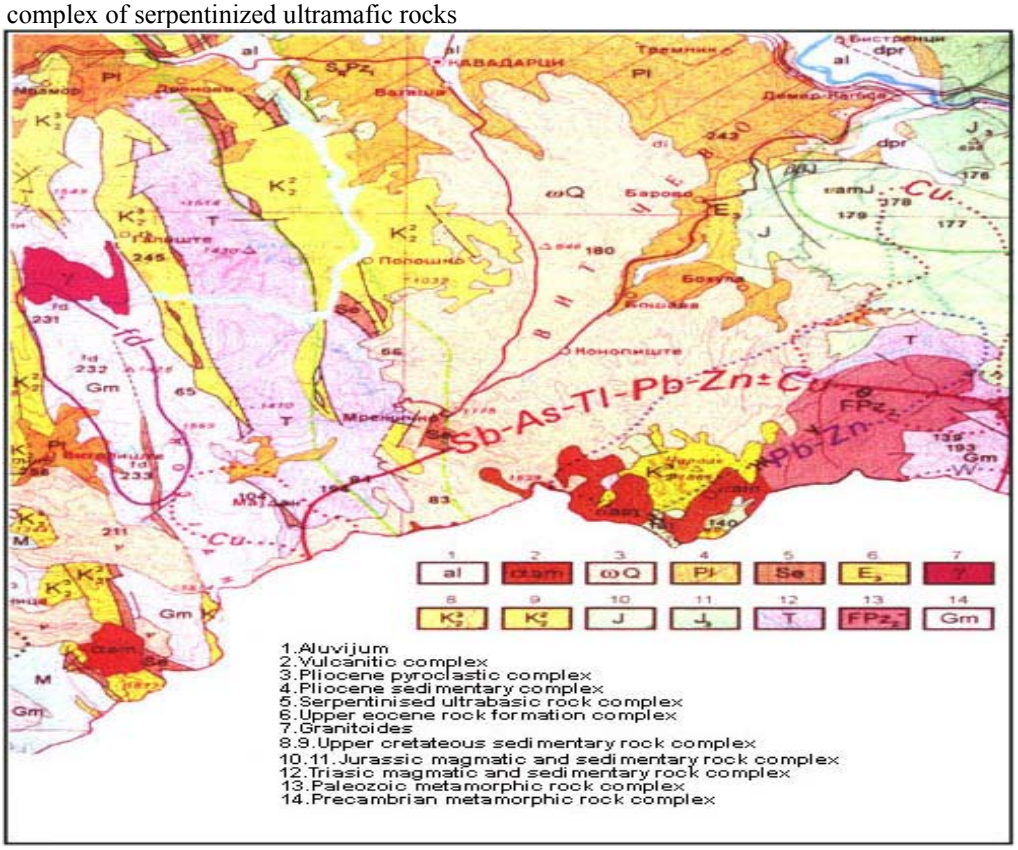


Fig. 2 *Geological map od Kozuf mountain (Boev, 1988)*

The complex of Precambrian metamorphic rocks is built of albitic gneisses and marbles situated in the vicinity of the Mala Rupa metamorphic block on the east. On the west (Mount Kozuf) the complex is built of gneisses and micaschists located in the Elen Supe tectonic block.

Gneisses and marbles have been found in the tectonically emersion block at Mala Rupa, west of the village of Konsko. Rakicevic and Pendzerkovski (1970) determined a Precambrian age, but Mersier (1973) reported Mesozoic or Triassic age for the rocks.

Gneisses are developed in the lower, but marbles in the upper parts of the complex. The gneisses of the lowermost part are albites with pronounced porphyroblastic texture, whereas those of the upper parts have amphibolite-biotitic composition with lenses of micaschists and cipolines. Besides albite, they contain potassium feldpar-microcline. They also contain coloured minerals such as amphibole, biotite, chlorite and mica.

Marbles are medium to large-grained rocks built of calcite. They overlie gneisses and grade into cipolines and calc-schists and along with gneisses comprise one metamorphic complex. The marble horizon is estimated at 600 m, while the horizon of gneisses at approximately 1000 to 1500 m thick.

Besides the metamorphic rocks in the Mala Rupa block in the western flank of the Vardar zone and the Pelagon (Kozjak Mt), a block of metamorphic rocks - Elen Supe containing rocks of different composition, but similar degree of metamorphism, was also determined. The Elen Supe block is built of gneisses and micaschists and its composition is similar to that determined for the lower parts of the Pelagonian metamorphic complex.

The complex of Paleozoic metamorphic rocks, unlike the Precambrian gneisses and marbles, is of lower metamorphic degree. It conformably overlies marbles of Precambrian age.

Paleozoic metamorfic rocks are most common in Adzibarica, between Keci Kaj and Gladnica, Jelovarnik and Porta as a phyllite horizon, a horizon of phyllitic schists and cipolines, quartzporphyry, phyllites, argilloschists and metasandstones with marble interlations and finally a horizon of quartzites, quartz schists and metadiabases.

The phyllite horizon also contains sericitic and epidotic schists, cipolines and marbles and metamorphosed quartzporphyry intruded by quartz veins (Adzibarica, between Keci Kaj and Gladnica). Graphitic schists have also been noticed in the series of sericitic schists. The horizon is approximately 750 m thick. It was also revealed in Adzibarica, Jelovarnik and Porta as well as in the vicinity of the Dusnica River source.

Cipolines and marbles alternate phyllitic schists in the horizon of cipolines and phyllitic schists west of Flora, Alcak, Ursa and Jelovranik along the River Dosnica course. They are overlain by schistose quartz porphyry distinguished as a separate horizon. They possess micro porphyroblastic texture, built of sericitized and kaolinized feldspars of albitic composition. They also contain potassium feldspar, quartz, epidote and chlorite.

A horizon of quartzites and metasandstones was determined in Boulska Reka near Dina, Kalugjerica and Usevica. It also contains meta diabases with sporadic sulphide mineralization.

Rakicevic and Pendzerkovski (1970) determined these metamorphic rocks as early Paleozoic. Mersier (1973) determined the age of this series and that of Porta as Jurassic based on the degree of metamoprhism and because it concordantly overlies the Mala Rupa - Tsena series which he determined as Triassic.

Upper Cretaceous limestones overlie the horizon of phyllites, argilloschists and metasandstones with intercalations of marbles in the upper course of the River Dosnica.

The complex of Triassic-Jurassic sedimentary rocks is subdivided into two facies near the village of Uma (Rakicevic and Pendzerkovski, 1970):

- A facies of poly coloured shales with intercalations of limestones
- A facies of limestones and dolomite limestones of Triassic age.

The Jurassic is present as a facies of slab-like stratified limestones and a facies of limestones and clayey schists, quartzites and cherts in the Dve Usi, Flora and Jelovarnik localities. The rocks in the River Boula valley are covered by a thick series of pyroclastic rocks and tuffs.

The complex of Upper Cretaceous rocks is present as a series of limestones and conglomerates that corresponds to the Barremian and Albian, as well as a series of limestones of Turronian age.

The series of limestones is present in the Cardak, Dudica and Gladnica localities and in the Rzanovo and Studena Voda where these sediments comprise the top part of the nickeliferous-iron ores. The stratified limestones in the lower parts consist of marls with residues of Nerinea olisoponensis cf. optuca, O. Turonica fauna. Temkova (1962) considers them to be of Turronian age. According to Maksimovic (1981) the top stratigraphic border is outlined by the transgression of Alb-Cennomanian and Cennomanian when the weathering crust was mostly destroyed and re-deposited as oolitic sedimentary iron and bauxite ores.

Large portion of the Kozuf district is occupied by massive limestones, particularly in the Cardak, Dudica and Gladnica areas where they transgressively overlie Paleozoic rocks. Limestones are rather broken and karstified and 400 to 600 m thick. This is the largest thickness determined for the Sennonian limestones found in the Republic of Macedonia. Poorly preserved rudists are discovered in them and based on that data the age of these limestones was determined as Sennonian. Because of the large fissure density and karsification they represent water collectors for the rich sources of the Rivers Stara and Zarnica. The limestones of the Dudica district are intensively hydrothermally altered and intruded by young subvolcanic rocks.

The complex of Upper Eocene sediments is present as basal conglomerates overlain by flysch sediments. The basal conglomerates near the villages of Kumanicevo, Dragozel, Gornikovo and Barovo are mainly built of marly and limestone pebbles. Gabbro pebbles, diabases and limestones predominate in the conglomerates between Krnjevo and Barovo. Conglomerates alternate limestones and marly limestones or

marls. The Upper Eocene sediments near the Barovo and Krnjevo villages are 800 m thick.
The complex of Pliocene sediments and pyroclasts is widespread in the Kozuf district. Essentially lacustrine sediments are built of coarse-clastic sediments that overlie the basement of various geologic formations. They overlie Upper Eocenic sediments between Barovo and Krnjevo. They are present as large-grained conglomerates and clayey sandstone sediments (between the villages of Dolna Bosava and Krnjevo).
Gravel sediments have been determined in the basement of the tuffs near the village of Gorna Bosava in the valley of the River Nistaica above the village of Cemersko. There are sands and clayey sands with intercalations of sand-clays or clayey sediments over the series of conglomerates near Krnjevo which itself is overlain by clayey carbonate rocks.
Marls overlain by clayey sand and clayey carbonate sediments with large amounts of fossil residues, bones and fauna (of mammals) occur near the village of Barovo. The last skeletons of this fauna were found in the topmost level of these clastic lacustrine sediments in diatomaceous earth beneath volcanic sediments - tuffs near Stukovi Orai in the vicinity of the village of Barovo (Garevski, 1960). The age of the sediments was determined as lower part of the Upper Pliocene based on the fauna (Izmailov, 1960). Radovanovic (1930) determined the age of these sediments as Pontian.
The Pliocene clastic sediments in the southern parts of the basin end with a travertine and lie immediately beneath the pyroclastic sediments (above the village of Boula).
Pyroclastic sedimentary rocks cover Pliocene lacustrine sediments in the south parts of the basin near Vitacevo and Gatenovo. In the southmost part they overlie the rocks of the northern slopes of Mount Kozuf and extend along the Macedonian - Greek border, south of the village of Mrezicko. In the north they extend close to the town of Kavardci and Dolni Disan (south of Negotino). The final tuffs and conglomerates can be seen in the vicinity of the village of Radnja. The volcanic sediments are from several meters up to several hundred meters thick.
A horizon of aglomerative tuffs overlain by a horizon of fine-grained volcanic ashes and glass occurs in close proximity to the Kokliski Monastery in the valley of the River Luda Mara over the clastic lacustrine sediments present as carbonate clayey material. The latest horizon of volcanic sediments consists of brecciated well banded volcanic tuffs - pyroclasts. The largest blocks of volcanic rocks were found in the north slopes of Mount Kozuf, beneath the volcanic craters and domes (above the village of Radnja and Bara, in the vicinity of Gladnica, Ametkova Glava and Konopiste).
The complex of Quaternary sediments: Large amounts of significant Quaternary terraces are found right of the River Konska. The layers are 20 to 30 m thick. They are large-grained sediments consisting of rounded fragments, built mainly of gneisses, marbles and quartz that formed from crystalline rocks from the vicinity of Mala Rupa and Keci Kaj. These terrace sediments were completely worked out - washed for gold during ancient period that is noticeable in the terrain.
Larger terrace sediments are not noticed along the valley of the River Dosnica because of the steep river sides. However, today's terrace layers can be found in the river bed. Traces of washed out river terraces can be seen in individual parts, particularly in the lower river course at the end of the cliff below the village of Dren.
Quaternary tuff sediments (20 meters thick) can be seen near the village of Sermenin in an area of approximately 200 to 300 meters in size.They are located in the mouth of the River Belica and the River Sermeninska. Similar tuffs can be seen in the River Boulska near Dina.
The River Bosava with its tributaries brings mainly volcanic material, because it passes through volcanic sedimentary seriez in its upper and middle courses.
Deluvial coarse-grained clastic sediments overlie the volcanic sediments near Vitacevo. Redeposited volcanic glass and ashes, known as pemza and pumice, as well as redeposited aglomerative tuffs can be noticed along the Mrezicko - Kavadarci road.
The complex of metamorphosed rhyolites and quartzporhyry is located in Paleozoic schists or Jurassic metasediments in Adzibarica and Gladnica (Mersier 1973). It is known that they are interstratified in phyllite horizon conditionally determined as Paleozoic without any stratigrafic data.

Quartzporphyry near Bel Kamen and Dve Usi in the vicinity of the villages Konsko and Dudica have also been identified.

Quartzporphyries are greyish-white to green rocks and represent metamorphosed magmatic rocks, or rhyolites and pyroclasts developed, most probably, at the same time period as the sedimentary rocks that formed the phyllites. Such rocks have also been established in the terrains of neighbouring Greece in Kastaneri, south of the village of Uma. Based on data reported by Mersier (1973) they are of Upper Jurassic age. Rakicevic and Pendzerkovski (1970) determined these rocks as early Paleozoic.

The complex of serpentinized ultramafic rocks is situated in the Studena Voda - Rzanovo - Kumanicevo zone. It represents a tectonic structure on which serpentinites along with Jurassic and Upper Cretaceous metasediments cover Paleozoic and Triassic metamorphic rocks.

Lateritic deposits of nickeliferous iron ore developed over the Rzanovo - Studena Voda zone and along with sediments of the top parts were dynamometamorphosed in conditions of prehnite pumpelite up to greenschist facies (Boev, 1982).

A large mass of serpentinized ultramafic rocks is located in the River Mrezicka above the village of Mrezicko. Serpentinized masses are also found near Alsar. The serpentinites near Mrezicko and wider are highly tectonized grading, in some parts, into serpentine and talcous schists. Smaal chromite pods are known in the ultramaphic rocks.

Large masses of serpentinized ultramafic rocks are also located along the Rzanovo - Studena Voda tectonic zone. Detailed petrologic investigations determined these rocks as dunites and harzburgites. They are almost completely altered to serpentinites and only in some places relicts of fresh ultramafic rocks can be seen. Gabbro pegmatites and rodingites have also been found in the zone.

The complex of mafic igneous rocks is present as gabbro diabase complex that occupies the eastern and north-eastern parts of Kozuf district. Gabbros, diabases and spilites predominate in the complex. Minor intrusions of leucocratic granitic rocks quartzmonzonitic in composition like those in Gornicet were determined in the bordering parts between intrusive mafic rocks - gabbros and effusive rocks - spilites. Granite porphyry dikes were also determined in the mafic rocks near Smokvica, Davidovo and Dren.

Quartzdiorites and granodiorites were identified in the north-west part of the gabbro diabase complex, near the village of Boula and Radnja as well as near Milovan and along the valley of the River Dosnica. Smaller pegmatitic lodes intersecting quartzdiorites or granodiorites were also found near Radnja.

Tajder (1939) carried out detailed petrologic investigations of the gabbros of this complex and determined the following major types: wehrlite, troctolite, olivine gabbro, gabbro-eucrite, uralite-gabbro, diorite and quartzdiorite, basalts and diabases.

The easternmost parts of the gabbro diabase complex on both sides of the River Vardar (from Demir Kapija to Udovo) and even further to Gevgelija are represented by diabases, spilites and keratophyre. Spilites are the most abundant among them.

Karamata (1973) gave the basic genetic assumptions related to this gabbro diabase complex. He reports that Dren - Boula gabbro diabase complex is a product of multi stage extrusions of large amounts of basaltic magma forming, first, the diabase spilite parties. Later, the prompted new masses intruded beneath the diabase crust (rarely intersecting it) forming new diabase spilite extrusions. The intruded igneous masses partiallly differentiated, but the tectonic processes and magma pulasations precluded magma differentiation.

STRUCTURAL AND VOLCANIC CHARACTERISTICS OF THE KOZUF DISTRICT

The Kozuf district is a large volcanic complex situated in the south of the Republic of Macedonia. It spreads in the area of Mount Kozuf. According to the regional geologic setting of the Balkans, it is part of the Vardar zone. In the east the Kozuf district is limited by a fault zone which is the west border of the Demir Kapija - Gevgelija gabbro diabase ophiolite massif. In the west it is bordered by a fault zone that separates the Pelagonian massif and the Vardar zone.

The location of this volcanic complex in the Kozuf - Kilkis transverse zone (Arsovski, Ivanov, 1977) and the intersection with the Vardar zone indicates a central type volcanism, activated on the tectonic intersection formed by the reactivated regional fault structures of Vardar strike (NW - SE to N - S) and the Kozuf - Kilkis (E - W) fault structure formed during the neotectonic period. This type of volcanism is characterized by ring-radial structures.

A schematic morphostructural map of the Kozuf district, was made using the anlaysis of satellite scanograms, aerophotos and geologic data obtained by field investigations (Fig.3). The neotectonic fault structures grouped into three systems.

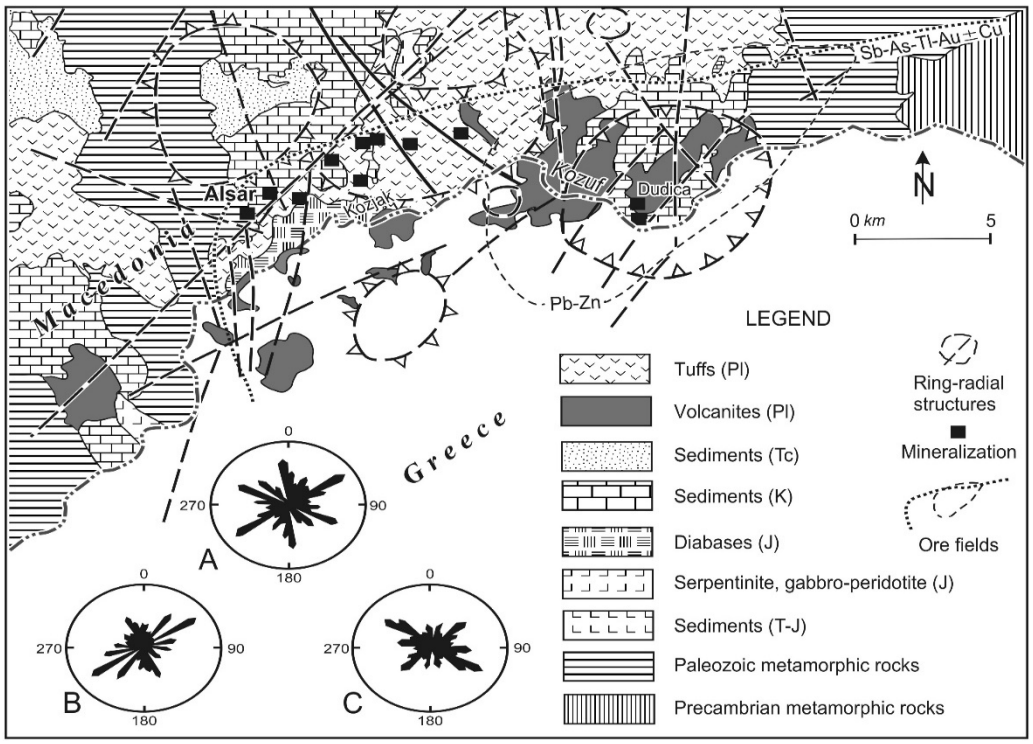


Fig. 3 *Morphostructural Map of the Kozuf district - Schematic (Boev, 1988)*

In the east the Kozuf district is limited by a fault zone which is the west border of the Demir Kapija - Gevgelija gabbro diabase ophiolite massif. In the west it is bordered by a fault zone that separates the Pelagonian massif and the Vardar zone.

The location of this volcanic complex in the Kozuf - Kilkis transverse zone (Arsovski, Ivanov, 1977) and the intersection with the Vardar zone indicates a central type volcanism, activated on the tectonic intersection formed by the reactivated regional fault structures of Vardar strike (NW - SE to N - S) and the Kozuf - Kilkis (E - W) fault structure formed during the neotectonic period. This type of volcanism is characterized by ring-radial structures.

A schematic morphostructural map of the Kozuf district, was made using the anlaysis of satellite scanograms, aerophotos and geologic data obtained by field investigations (Fig.3). The neotectonic fault structures grouped into three systems.

A fault system of Vardar strike are reactivated fault structures, the oldest being those of NW - SE and the youngest of N - S orientation. Products of both incipient and major phases of volcanic activity are located along these faults. Intensive hydrothermal activity (in the area of Dudica and Alsar) of N - S strike took place affecting the products of incipient volcanic activity.

A system of faults of NE - SW to E - W strike. This system is relatively younger than the Vardar system manifesting recent seismic activity. The intersection between this fault system and faults of Vardar strike points to the younger and final volcanic activity in the Kozuf district.

Ring structures are represented by several morphologically negative shapes (that can be seen in scanograms) and a positive structure in the area of Dudica. The area of the most striking negative ring structure (Vasov Grad-Mrezicko-Topli Dol-Rozden-Alsar) is built mainly of volcanic material but it also includes Pliocene as well as Triassic and Cretaceous sedimentary material. This composition, the concentric shape and radial pattern of internal rupture structures, the type of drainage indicate that this large ring structure is a collaps caldera.

The Dudica positive ring structure cannot be seen in scanograms, but it can clearly be defined by field investigations and analyses such as drainage system. Most probably the volcanic activity started in the area of this positive structure (Stara Mircevica). The products of initial volcanic activity are hydrothermally altered and covered by the products of later and final volcanic activity. The volcanic activity in the Kozuf district started in the Miocene and the isotopic age of rocks was determined as 12.1 m.y. (Troesch and Frantz, 1994).

The volcanic characteristics of the Kozuf district were determined by field investigations and analyses of plane photographs. The volcanic activities produced volcanic necks, frozen supply channels, large quantities of pyroclastitic material. Lava flows and development of typical volcanic domes have not been identified. This results from the nature of the magmatic activity and the composition of magma that gave the material for the rocks during the final phases of differentiation.

The magmatic activity included intermediary, occasionaly acidic, magma which was immobile and fairly rich in volatile components. This led to a rapid closure of supply channels resulting in a large explosive phase during volcanic activities. This is proved by the large presence of pyroclastic and epiclastic material such as lacustrine tuffs, conglomerates, volcanic glass and ashes. The large amounts of borone and fluorine in the volcanic rocks from Kozuf points to the existence of a long duration of emanation phase in the evolution of this volcanism.

A review of some specific geologic cross-sections through products of volcanic activity will be given for better interpertauion of the volcanologic characteristics of the volcanism.

The Katuniste geologic cross-section (Fig. 4) is most distant from the centres of volcanic activity and starts from the marginal parts of the Tikves valley (in the vicinity of Kavadarci) and extends to the Vitacevo plateau.

Lacustrine Neogene sediments with no volcanic materials in them, present as sands and sandy clays (with carbonate or limestone parties in the top parts) can be noticed along the Luda Mara River valley up to the Vitacevo plateau.

Neogene lacustrine sediments with no volcanic material disappear at peak of about 470 meters. They are overlain by epiclastic sediments and rocks present as conglomerates. Fragment in the conglomerates are rounded and partially sorted. They are present as volcanic rocks that correspond to latites and quartzlatites.

The series of epiclastic conglomerates is overlain by lacustrine deposited tuff with pemsa. Pronounced stratification can be noticed in the series. Pemsa is a redeposited material and epiclasts are rounded and partially sorted. They are overlain by a series of lacustrine deposited tuff with epiclasts of 2 mm to 64 mm in size and clearly pronounced stratification. Epiclasts are represented by fragments of volcanic rocks. This series underlies a lacustrine deposited white tuff of pronounced stratification.

A horizon of conglomerate tuffs with epiclasts present as large fragments of volcanic rocks occurs before reaching the Vitacevo plateau. Epiclasts are not rounded in shape and their size has not been sorted.

Based on general geologic characteristics it can be inferred that the material was deposited in water environmnet with pronounced redeposition due to the large distance of the profile from the centres of volcanic activity.

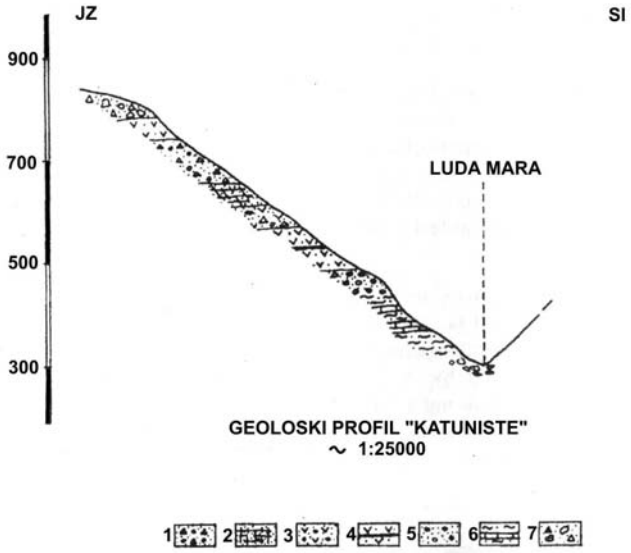


Fig. 4 *Geological cross-section of Katuniste (Boev, 1988)*
1.Conglomerate tuff; 2. Lacustrine deposited tuff; 3. Lacustrine deposited tuff with epiclaste larger than 2 mm but smaller than 64 mm in size; 4. Lacustrine deposite tuff with pemsa; 5. Epiclastic conglomerate; 6. Sands, clays and limestones; 7. Alluvium

The Parnapes - Vitacevo geologic cross-section, (Fig. 5) is located close to the centres of volcanic activities. From the River Parnapes valley further on to the Vitacevo plateau, Neogene lacustrine sediments with no volcanic material are identified. They are found as sands, sandy clays and limestones in the top parts.

Neogene sediments disapear at approximately 470 m sea level. They are overlain by lacustrine deposited tuff with epiclasts of 2 mm to 64 mm in size. Epiclasts are present as fragments of volcanic materials of clearly pronounced stratification. This series is ovrelain by white lacustrine deposited tuff overlain by a series of conglomerate tuff. The epiclasts vary in size and are mainly unrounded. Stratification is pronounced in the lower parts of the series, whereas in its upper parts (above the level of 900 meters) stratification cannot be noticed and the series has characteristics of pyroclastic breccia.

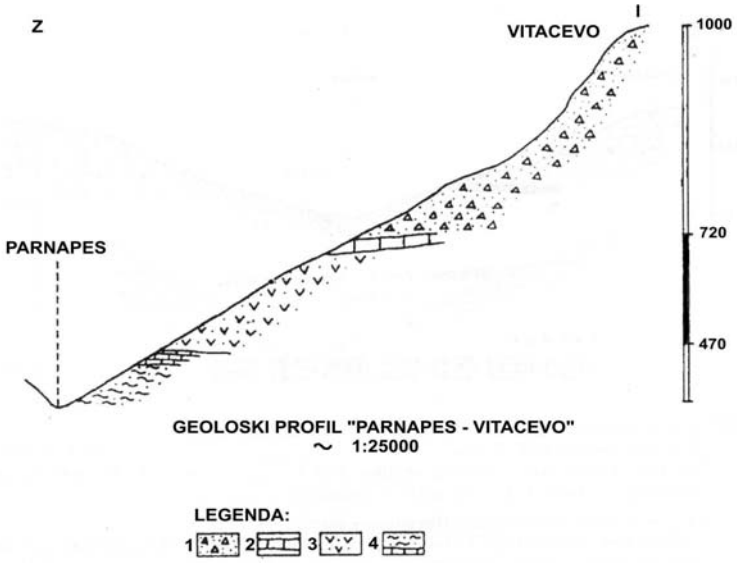


Fig. 5 *Geological cross-section of Parnapes-Vitacevo (Boev, 1988)*
1.Conglomerate tuff; 2. Lacustrine deposited tuff; 3. Lacustrine deposited tuff with epiclaste larger than 2 mm but smaller than 64 mm in size; 4. Sands, clays and sandy clays

The Barovo-Vitacevo geologic cross-section (Fig.6) is located near the village of Barovo. It is not close to the centres of volcanic activity. Neogene lacustrine sediments with no volcanic material can be seen in the area between the village of Barovo and the Vitacevo plateau. Sediments are found as clays, sands and sandy clays with carbonate sediments occurring in some of them. Sediments are overlain by a horizon of lacustrine tuff with epiclasts of over 2 mm to 64 mm in size. Stratification is distinctly pronounced and epiclasts are partially rounded. The horizon is overlain by a series of white lacustrine tuff with clearly expressed stratification that itself is overlain by a series of conglomerate tuff of unrounded and unsorted epiclasts. Presence of epiclastic breccias can be noticed in the top parts of the series.

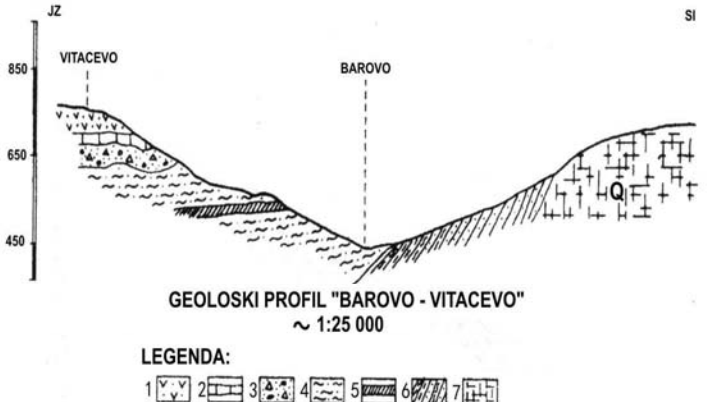


Fig. 6 *Geological cross-section of Barovo-Vitacevo (Boev, 1988)*
1.Conglomerate tuff; 2. Lacustrine deposited tuff; 3. Lacustrine deposited tuff with epiclaste larger than 2 mm but smaller than 64 mm in size; 4. Neogene lacustrine sediments; 5.Tuffs; 6.Eocene marls;7.Quartzites

The Bosava geologic cross-section (Fig. 7) is situated close to the centres of volcanic activities near the village of Bosava. A series of Neogene sediments with no volcanic material represented by sands, sandy clays and carbonate travertine on the top was established near the village of Bosava. The series is overlain by a deposited lacustrine tuff with epiclasts of various sizes. The stratification is clearly pronounced. There are horizons with pemsa intercalations of epiclastic provenance. It is overlain by a series of lacustrine tuff. The uppermost party of the cross-section consists of conglomerate tuffs without pronounced stratification that look like pyroclstic as breccia. The absence of stratification in the series is due to filling of the lacustrine basin and transportation of the material by the violent flows.

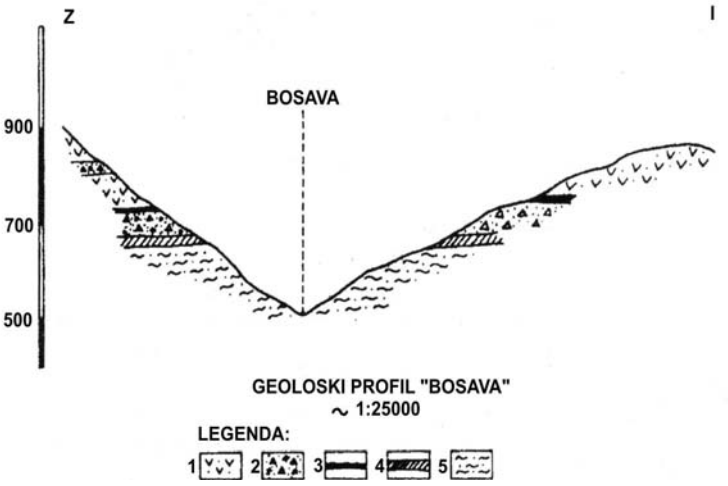


Fig. 7 *Geological cross-section of Bosava (Boev, 1988)*
1.Conglomerate tuff; 2. Lacustrine deposited tuff; 3. Lacustrine deposited tuff with epiclaste presence of various sizes; 4. Pemsa; 5.Tufas; 6.Neogene lacustrine sediments

The Studena Voda - Prasnik geologic cross-section is located close to the centres of volcanic activity and to the Prasnik volcanic neck (Fig.8).

The area of the Studena Voda deposit is composed of serpentinites overlain by a horizon of lacustrine tuff with unrounded epiclasts of 2 mm up to 64 mm in size, represented by fragments of volcanic rocks. The series is overlain by a horizon of white lacustrine tuff, which itself is overlain by a series of lacustrine tuff with epiclasts of various sizes. The epiclasts are unrounded and unsorted with clear stratification. The series is overlain by lacustrine tuff with presence of pemsa. The uppermost part of the cross-section consists of blocks of volcanic rocks formed as a result of weathering of volcanic necks or frozen supply channels.

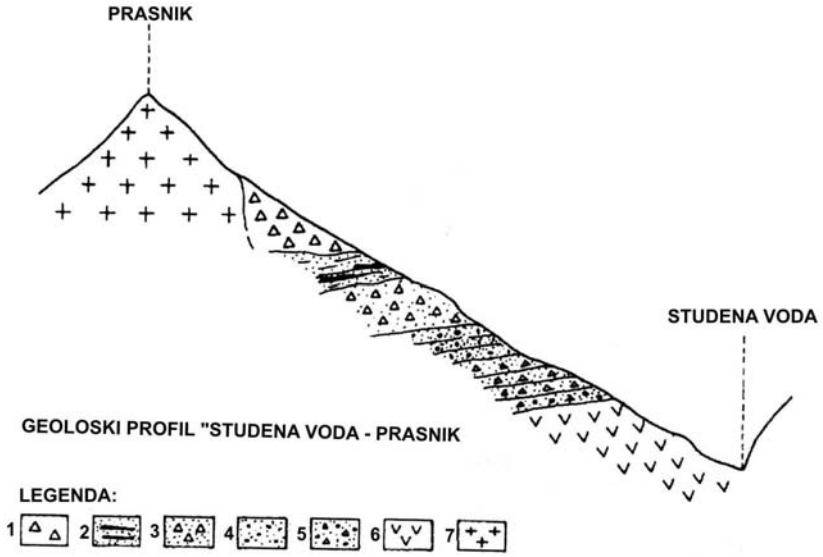


Fig. 8 *Geological cross-section of Studena Voda-_Prasnik (Boev, 1988)*
1.Epiclast blocks of volcanic rocks; 2. Lacustrine tuff with pemza; 3. Lacustrine deposited tuff with epiclaste presence of various sizes; 4.Lacustrine tuff; 5.Lacustrine tuff with epiclaste of 2 to 64 mm in size;6.Serpentinite; 7.Primary volcanic rocks

Based on the composition of the aforementioned geological cross-sections that pass through the volcanic-sedimentary materials the following conclusions can be drawn:

1. Recurrence of individual series of epiclastic and pyroclstic materials within the volcanogene sedimentary series in the Kozuf district indicates the polyphase or repetition volcanic activities.

2. Deposition of voluminous quatntities of volcanic material took place in water environment and successive filling of Tikves Lake.

3. The level of the Vitacevo peneplane or peak 900 meters, is the highest mark in the Neogene Tikves Lake within the vertical movements in the last 5 million years.

4. Based on analyses carried out of volcanic activities it can be inferred that these volcanoes had an increased explosive phase in their evolution.

CONCLUSIONS

The multistage activity of the volcanoes or the recurrence of volcanic activities is due to the nature of volcanoes and magma characteristics. Magma was intermediary to acid in nature and fairly immobile and rich in volatile components. The slight mobility resulted in very rapid closing of supply channels and in an increase of concentration of volatile components inside volcanic sources. When internal pressure due to increased amount of volatile components became very high, a phase of destruction of volcanic domes and increased volcanic activity followed as a result. Large amounts

of pyroclastic material came down the volcanic slopes as voluminous hot masses of broken material, hot gases and vapours. This volcanic material flowed into Lake Tikves and started its filling. The lack of typical volcanic bombs in the sedimentary series indicates that there was no lava throws in the air, nor catchment of molten lava along the volcanic slopes.

Volcanic destruction or the moment of volcanic opening is accompanied by an explosion of gases forming silicate foam that is more acid than the volcanic material. This foam or pemza along with the pyroclastic material erupted into the air and the surrounding slopes and deposited in the coastal portions of the lake.

When volatile components come out, the internal pressure decreases due to volcanic destruction. This will result in a decrease in the intensity of explosive activity and grade into poor emanation phase or a phase of eruption of gases, vapour and volcanic ashes and complete the volcanic activity due to a closure of supply channels.

The period of weak emanation phase and termination of volcanic activity is followed by erosion of volcanic shapes. Rapid flows entrained voluminous amounts of pyroclstic material from volcanic slopes and deposited it to neighbouring lake forming various kinds of epiclastic sediments.

The activity of lake erosion resulted in erosion of volcanoes and large cuts of volcanic necks in the marginal parts of the lake in the foot of the volcanoes. This slightly rounded material of various sizes deposited in the coastal part of the lake and mixed with materials brought from the slopes of neighbouring volcanoes.

Inside the lake, sedimentation processes gave the primary pyroclstic material characteristics of lacustrine deposited tuffs and epiclasts. The presence of pemza in individual epiclastic horizons points to the phenomenon of its resettling along with other primary pyroclstic material. The end of the volcanic activities is marked by the occurrences of diatoms in the formation of Lake Tikves. Today they can be found as a horizon of diatomaceous earth in the epiclastic materials.

REFERENCES

Arsovski, M. (1962): Nekoi karakteritiki na tektonskiot assembly od centralniot del na Pelagonian horst-antiklinorium i negovata povrzanost so Vardarskata zona [Some characteristics of the tectonic assembly of central part of Pelagonian horst-antiklinorium and its relations with Vardar zone – in Macedonian].– Geološki Zavod Skopje, Book of Papers, 7, 37–63.

Boev, B. (1988): Petroloski, geohemiski i vulkanski karakteristiki na vulkanskite karpi of planinata Kozuf [Petrological, geochemical and volcanological features of volcanic rocks of the Kozuf Mountain – in Macedonian]. PhD Thesis, Faculty of Mining and Geology, Štip, SS. Cyril and Methodius University, Skopje, 195 p.

Boev, B. (1990/1991): Petrological features of the volcanic rocks from the vicinity of Alshar. – Geol. Maced., 5, 15–30.

Boev, B., Stojanov, R., 1982 : Metamorphism of Ni-Fe ores from Rzanovo-Studena Voda (Yugoslavia) and the zone almopias (Greece), Macedonica Geologica, 1982

Ivanov, T (1963): Zonal Distribution of elements and minerals in the deposit Allchar.– Proceedings of the Symposium Problems of Postmagmatic Ore Deposition with Special Reference to the Geochemistry of Ore Veins, Prague, 2, 186–191.

Ivanov, T. (1986): Allshar the richest ore deposit of Tl in the world.– The Feasibility of the Solar Neutrino Detection with 205Pb by Geochemical and Accelerator Mass Spectroscopical Measurements, Proceedings. Munich, Report GSI, 86–89.

Jankovic, S., Boev, B., Serafimovski, T. (1997): Magnetism and tertiary mineralization of the Kozuf metalogenetic district, the Republic of Macedonia with particular reference to the Alsar Deposit.– University "St. Kiril and Metodij", Skopje, 262 p.

Jankovic, S., Jelenkovic, R. (1994): Thallium mineralization in the Allchar Sb–As–Tl–Au deposit.– Neues. Jahrb. Mineral., Abh., 167, 283–297.

Kochneva, N T., Volkov, A. V., Serafimovski, T., Tasev, G., Tomson, I. N. (2006): Tectonic position of the Alshar Au-As-Sb-Tl deposit, Macedonia.– Dokl. Earth Sci., 407, 175–178.

Kolios, N., Inocenti, F., Maneti, P., Pecerrillo, A., Giuliani, O. (1980): The Pliocene volcanism of the Voras Mts.– B. Volcanol., 43, 553–568.

Lepitkova, S. (1995): Petrološki karakteritiki na vulkanskite karpi vo okolinata na Alšar so poseben osvrt na izotopite na olovo [Petrologic features of the volcanic rock in the vicinity of the Allchar deposit with particular reference to lead isotopes – in Macedonian]. MSc Thesis, Faculty of Mining and Geology, Štip, SS. Cyril and Methodius University, Skopje, 139 p.

Troesch & Frantz (1992): 40Ar/39Ar Alter der Tl–As Mine von Crven Dol, Allchar (Macedonia). Eur J Mineral 4: 276.

Volkov, A. V., Serafomovski, T., Kochneva, N T., Tomson, I. N., Tasev, G. (2006): The Alshar Epithermal Au–As–Sb–Tl Deposit, Southern Macedonia.– Geol. Ore Deposits, 48, 175–192

SEDIMENTOLOGY AND BIOSTRATIGRAPHY OF THE CAMPANIAN-MAASTRICHTIAN CALCICLASTIC TURBIDITIES FROM THE LJIG AREA (CENTRAL PART OF THE VARDAR ZONE)

[1]Violeta Gajić, [2]Milena Dunčić, [1]Nebojśa Vasić, [2]Vladislav Gajić

[1]Faculty of Mining and geology, Djušina 7, 11000 Belgrade, University in Belgrade, Serbia; e-mail: violeta.gajic@rgf.bg.ac.rs, nebojsa.vasic@rgf.bg.rs
[2]NTC NIS-Naftagas Ltd , Put Šajkaškog odreda 9, 21000 Novi Sad, Serbia; e-mail: milena.duncic@nis.eu, vladislav.gajic@nis.eu

EXTENDED ABSTRACT

The youngest Upper Cretaceous rocks in the central part of the Vardar zone, in the bordering area between Šumadija and West Serbia, were deposited from turbidity currents or mud-flows at submarine slope. They represent a lateral transition into the chert bearing marly-limestone rocks from continental slope, i.e. Struganik limestone (Gajić, 2014). Sedimentological, micropaleontological and biostratigraphic studies of sedimentary rocks at two profiles, in Štavica and Građenik (Fig. 1a & 1b), enabled the Campanian-Maastrichtian and Maastrichtian age to be distinguished and subdivided in detail. Carbonate-clastic sedimentary rocks (limestone and marlstone) dominate in Štavica, whereas clastic rocks (sandstone, marlstone and siltstone) with variable content of carbonate component prevail in Građenik (Gajić, 2014). The most noteworthy structure of carbonate-clastic turbidities/flysch is horizontal bedding/lamination. Rare thick layers and banks represent classic turbidity deposits and display vertical succession of intervals from the Bouma sequence (Fig. 1c). The graded bedding from basal part (Ta) transits upward into the horizontally laminated beds (Tb), which are overlaid by wavy/cross laminated beds (Tc), and with horizontally laminated set (Td). The interval Te – pelagic once, represents the end of the Bouma sequence, which in this case includes fine-grained marlstones. However, only the two (Ta-b or Td-e) or three intervals (Ta-b-c) are commonly developed, being dependent from the size of particles and deposition velocity.

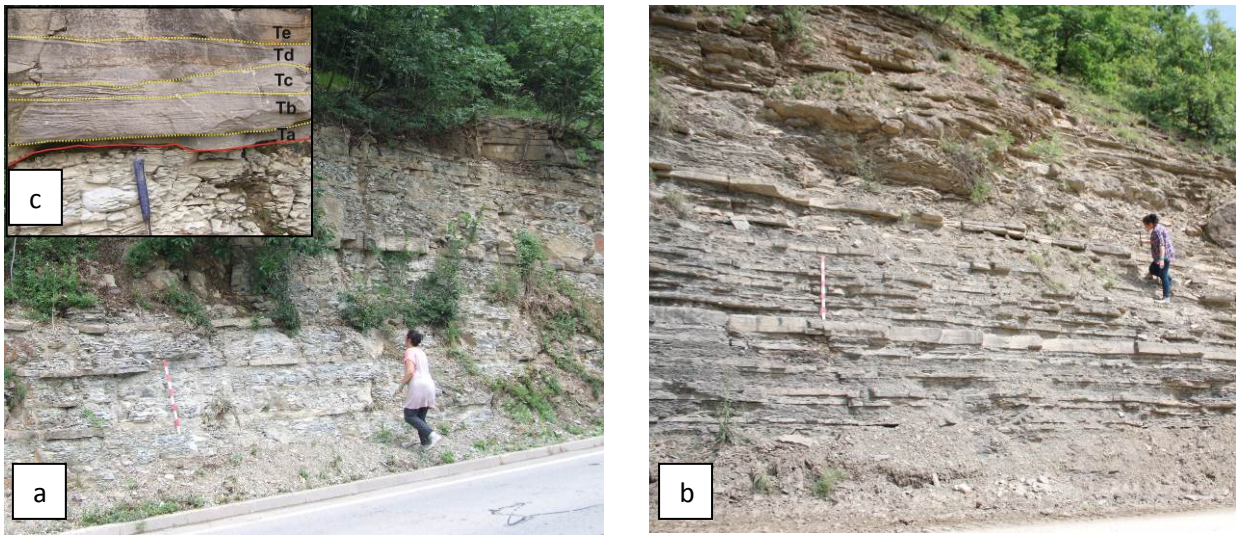


Fig. 1 *Ritmic alternation of a) limestone and marlstone in clastic-carbonate turbidities in Štavica and of b) medium-fine grained and fine grained carbonate-clastic turbidities in Građenik. c) Calcarenite with completely developed Bouma´s turbidity sequence comprising intervals from Ta to Te. Underlying rock is laminated marlstone.*

According to grain size the all studied turbidities generally consider calcarenites and calclutites, very rare calcrudites (Štavica). Such granulometry reflects on turbidity currents of low density. Carbonate turbidities with such characteristics of the Bouma sequences occur at slopes if turbidity currents move throughout submarine channels. Due to obtained shape of bodies the whole area with material that deposited from turbidity currents refers to turbidity fan (Piper, 1978; Stow, 1986). Layered and thick deep-marine products, mainly turbidities in Internal Dinarids overlap with the sedimentological definition for flysch (Obradović, 1987). Campanian-Maastrichtian flysch in this part of Serbia is known as the Ljig flysch.

Micropaleontological studies of carbonate-clastic turbidities reflected on rich microfossil association of variously shaped plankton and benthic foraminifers and of shallow-marine fossil's detritus. The determined foraminifer association suggests the Campanian-Maastrichtian (Štavica) and Maastrichtian age (Građenik).

Important globotruncanid species, regarding biostratigraphy, for Campanian-Maastrichtian are *Globotruncana mariei*, *G. rosetta*, *G. orientalis* and *Globotruncanita stuarti*. Significant benthic taxa are *Gavelinella voltziana*, as well as fragmented remains from orbitoidide. In determination of Maastrichtian age is particularly important benthic macro foraminifer species *Siderolites calcitrapoides*, *Orbitoides* sp. and *Lepidorbitoides* sp. Tiny benthic foraminifer *Reussella szajnochae* is important in zonation in the Upper Campanian and Maastrichtian (Friedrich and Hemleben, 2007).

Being the youngest products of the Upper Cretaceous basin in central part of the Vardar zone, the Campanian-Maastrichtian turbidities reflect on tectonic movements within the broader area and on the development of land environments. Tectonic uplift enabled the intensive physical and chemical weathering of rocks and the deposition of thick turbidity deposits. Turbidity currents at shelf and slope margins from different sources of dominantly clastic detritus supply, deposited turbidities as connected fans and derive a wide zone in a form of apron turbidite (Einsele, 2000).

The observed transition between pelagic micrites and biomicrites with sandy biomicrite and calcarenite at the studied profiles suggests on the proximity of land and shallow-water environments. The sea-level drop and shallowing that affected the sedimentation basin most probably at the end of Maastrichtian became particularly significant during Paleogene. Proofs for the continued sedimentation of turbidities from Maastrichtian into the Paleogene are lacking at the moment. According to the analyses of samples from the Ljig flysch (Di Staso & Giardino, 2002) the age of calcareous nannoplankton and cysts of dinoflagellates ranges from Coniacian to Rupelian (Oligocene).

The determined microfossil association considering paleoecology reflects on deep-water character of the studied sediments. This particularly concerns agglutinated benthic forms such as those from genus *Gaudryina*, which are common and typical in flysch environments (Kaminski et al., 1988). Transported shallow-water forms – macro foraminifers (commonly preserved as detritus) and fragments from other shallow-water fossils occur in association with the deep-water species.

The overall development of the studied sedimentary rocks coincides with the similar Upper Cretaceous rocks in Serbia. The on-going transgression most probably established the link between the West Serbia, Šumadija, Vojvodina and the East Serbia. The sedimentation conditions were almost uniform during Maastrichtian in all of the mentioned areas enabling the dominance of flysch sediments.

Key words: Vardar zone, calciclastic turbidites, horizontal lamination, Ljig flysch

REFERENCES

Gajić V. 2014: Sedimentologija gornje krede centralnog dela Vardarske zone. Doktorska disertacija, Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, 265p.

Di Staso A. & Giardino, S. 2002: Calcareous nannoplankton and dinoflagellate cyst integrated biostratigraphy in the Ljig area (Central Vardar Zone, Internal Dinarides).

Memorie della Societa Geologica Italiana, 57, 165-172.

Friedrich O. & Hemleben C. 2007: Early Maastrichtian benthic foraminiferal assemblages from the western North Atlantic (Blake Nose) and their relation to paleoenvironmental changes. *Marine Micropaleontology*, 62, 31–44

Kaminski M.A., Gradstein F.M., Berggen W.A., Geroch S. & Beckmann J.P. 1988: Flysch-type agglutinad foraminiferal assemblages from Trinidad: taxonomy, stratigraphy and paleobathymetry. *Abhandlungen der Geologischen Bundesantalt*, 41, 229-243.

Einsele, G. 2000. Sedimentary Basins. Evolution, Facies, and Sediment Budget, 2nd ed. Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong: Springer-Verlag, 792 pp.

Obradović J. 1987: The Ljig Flysch. *In* Dimitrijević M. D. & Dimitrijević M. N. (Eds.) *Turbiditic basins of Serbia*. Serbian Academy of Sciences and Arts. Monograph 61, 145-150.

Piper D. J. W. 1978: Turbidites, muds and silts on deep-sea fans and abyssal plains. *In* Stanley D.J. & Kelling G. (Eds.) *Sedimentation in Submarine Canyons, Fans and Trenches*. Dowden, Hutchinson and Ross, Stroudsburg, 163-175.

Stow D. A. V., Reading H. G. & Collinson J. D. 1996: Deep seas. *In*: Reading H.G. (Ed.) *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*. Blackwell Sci.Pub., Oxford-London-Edinburg-Boston-Palo Alto-Melbourne, 395-454.

RECONSTRUCTION OF PALAEOENVIRONMENT DURING QUATERNARY SEDIMENTATION IN THE VRGORAČKO POLJE

[1]Lidija Galović, [1]Hrvoje Posilović, [2]Petar Stejić, [2]Mihajlo Pandurov and [2]Rodoljub Gajić

[1]Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, Zagreb, Croatia
[2]Geological Survey of Serbia, Rovinjska 12, 11000 Belgrade, Serbia
lgalovic@hgi-cgs.hr; hposilovic@hgi-cgs.hr; petar.stejic@gzs.gov.rs; rodoljub.gajic@gzs.gov.rs; mihajlo.pandurov@gzs.gov.rs

EXTENDED ABSTRACT

One of aims of project Standardisation and Applied Investigation of Quaternary Sediments in Croatia (SAPIQ) is investigation of karst fields, including sedimentology and dynamics in the Vrgoračko polje area during the Pleistocene and Holocene.

The Vrgoračko polje is situated at the southern edge of the Dalmatian Zagora with Dinaric elongation, enclosing the area of 37 km^2, and elevation above the sea level is between 20 and 28 m. The most important water stream of this area is the Matica River. Its water originates from the springs in the north-west of Vrgoračko polje and flows into the Bačinska lake through swallow holes (Figure 1) and artificial Prigon channel. Before the digging of the additional drainage canals, it used to be a permanent lake. Data were collected from the drilling cores, outcrops and by geoelectric measurements.

Between older clays and younger lake lime is clear erosional border (Figure 2) or layer representing an archive of intensive dynamics of erosion and resedimentation as a consequence of periodical strong current flows. The older Pleistocene sediments are represented by clay silt and clay deposited in swamp, intensively coloured by iron and manganese oxide and hydroxide impregnations (Figure 3). Whitish Holocene lake lime is almost completely composed from charachean algae, ostracods and molluscs (Figures 2, 4).

Fig. 1 *Swallow holes on south-east part of the Vrgorac polje.*

Fig. 2 *Clear erosional border between clay silt and clay and lake lime.*

Carbonate intercalations in the clay sediments were deposited due to extensive erosion of the lake lime from the north-west. Quick deposition rates on the top of still unsolidified clay sediment are marked by Soft Sediment Deformations (SSD) (Figure 3). The lake was periodically partially dried up, giving the place for pedogenetic processes to appear. Recently, soil and older sediment erosion is still present, but in much smaller extent.

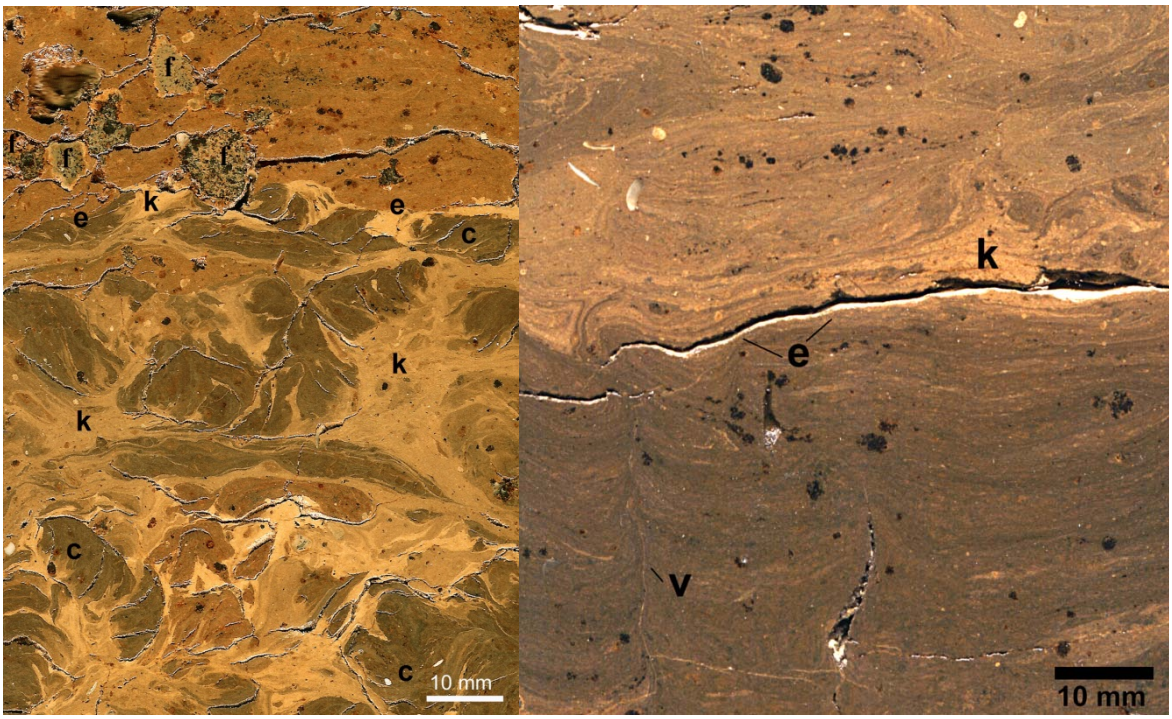


Fig. 3 *Cretaceous limestones rocks fragments from surrounding slopes in redeposited clays (**f**) and Soft Sediment Deformations in laminated lake sediment (layer between clays and lake lime): Convolution of laminas (**c**), erosional border (**e**), water escape (**v**), redeposited material of lake lime (**k**).*

Fig. 4 *Fossil remains of organisms that compose lake lime in the Vrgorac polje:Operculums, Ostracodes, Characean taluses and Gyrogonites.*

Geophisical investigations were performed by geolectrical sounding on three profiles. Twenty nine geoelectric sounds was measured in the length of about 4000 m. The position of profiles in the field is determined in order to define contacts between lithological unites: Holocene lake lime, Pleistocene clay and Cretaceous limestones, and to define possible presence of other lithological unit sedimented in paleokarst.

Quantitative interpretation of field measured diagrams of geoelectric sounding was based on determination of the value of electrical resistivity and thickness of the registered geoelectric units (Figures 5, 6). It came out that most of sediment that fills-in paleodepresion made of Cretaceous limestones is limestone breccia with clay matrix.

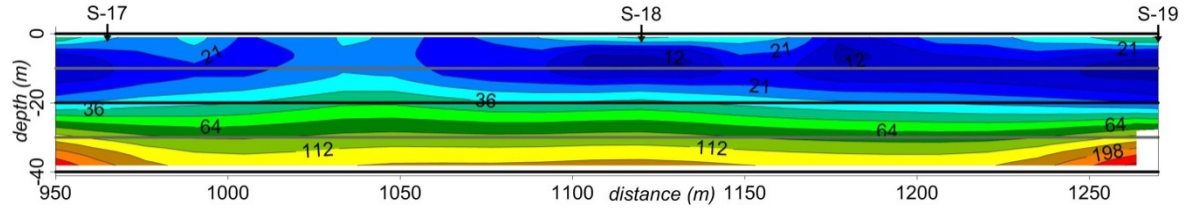


Fig. 5 *Field measured diagrams of geoelectric sounding*

Four lithologic members are separated: 1 lake lime; 2 clay; 3 limestone breccia with clay matrix; 4 limestones (Figure 6).

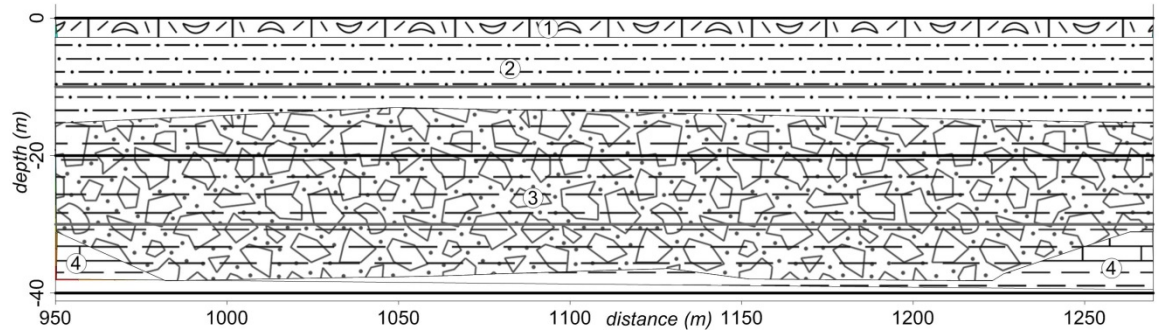


Fig. 6 *Quantitative interpretation of sedimentological profile in the Vrgoračko polje fileld.*

Key words: soft sediment deformations (SSD), lake lime, Quaternary, geoelectrical sounding, palaeoenvironment, Vrgoračko polje

ACKNOWLEDGMENT

This work has been supported in part by Croatian Science Foundation under the project 4425.

REFERENCES

Magaš, N., Marinčić, S. and Benček, Đ., 1972. Tumač OGK 1:100.000 list Bačka Palanka K 33–35 [*Basic Geological Map of SFRY 1:100000, Geology of the Ploče sheet* – in Croatian].– Geološki institut Beograd i Geološki zavod Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd, pp 46.

Štambuk-Giljanović, N., 1998. Vode Neretve i njezina porječja, Zavod za javno zdravstvo Županije Splitsko-dalmatinske, Hrvatske vode, Split, pp. 638.

Zhang, M. and Karathanasis, A.D., 1997. Characterization of iron-manganese concretions in Kentucky alfisols with perched water tables. Clays and Clay Minerals, 45(3): 428-439.

Трет Конгрес на Геолозите на Република Македонија
Third Congress of Geologists of Republic of Macedonia

A MONOSPECIFIC ASSEMBLAGE OF A NEW GIANT RHYNCHONELLIDE BRACHIOPOD FROM THE MIDDLE JURASSIC OF EASTERN SERBIA

[1]Barbara V. Radulović, [2]Michael R. Sandy, [3]Wagih Ayoub-Hannaa, [4]Peter Schaaf and [1]Vladan J. Radulović

[1)] Department of Palaeontology, Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade, Kamenička 6, 11000 Belgrade, Serbia, e-mail: barbara.r@eunet.rs, vrad@eunet.rs
[2)] Department of Geology, University of Dayton, Dayton, OH 45469-2364, USA, e-mail: msandy1@udayton.edu
[3)] Department of Geology, Faculty of Sciences, Minufiya University, El-Minufiya, Egypt GeoZentrum Nordbayern, Fachgruppe Paläoumwelt der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Loewenichstr. 28, D-91054 Erlangen, Germany, e-mail: wagih_hanna@yahoo.com
[4)] Laboratorio Universitario de Geoquimica Isotópica (LUGIS), Universidad Nacional Autonoma de Mexico, 04510 México, D.F., Mexico, e-mail: pschaaf@geofisica.unam.mx

Abstract
A new rhynchonellide brachiopod species, *Isjuminella* sp. nov., is described from the Upper Bathonian of Grnčar, Lužnica Zone, eastern Serbia. It occurs in relatively deep-water peloidal wackstones. This large-sized rhynchonellide is characterized by its subpentagonal and subsphaerical outline, fully ribbed shells with 18-22 strong angular ribs, narrow and thin hinge plates, subhorizontal to slightly ventrally inclined with very small crural bases, crescent-like and inwardly concave, raduliform to hamiform crura, and fine fibres of the secondary shell layer, predominantly anisometric anvil-like or subhexagonal-like in cross section, 35-45 μm wide and 10-15 μm thick. Stratigraphy is constrained by means of $^{87}Sr/^{86}Sr$ measurements indicating a late Bathonian age. The occurrence extends the palaeobiogeographic range of *Isjuminella* from western Europe to now include eastern Europe.

Key words: Brachiopoda, Rhynchonellida, new species *Isjuminella* sp. nov., Middle Jurassic, Lužnica Zone, eastern Serbia.

INTRODUCTION

The Middle Jurassic shallow−marine carbonate rocks, abounding with brachiopods, bivalves and echinoids, are widespread at many localities in the Carpatho−Balkanides of eastern Serbia. The brachiopods constitute the best represented group of fossils found in these strata. All found rhynchonellides have small to medium sized shells, and they show strong affinity to NW European ones. However, giant (more than 4 cm in length) rhynchonellides are very rare and we were surprised by their discovery in eastern Serbia.

RESULTS

This new giant-sized rhynchonellide species *Isjuminella* sp. nov. (Rhynchonellida, Brachiopoda) is described. It was found in peloidal wackstones (micritic limestones) at Grnčar in the Lužnica Zone of eastern Serbia. Based on $^{87}Sr/^{86}Sr$ measurements the rhyncho-nellide bearing strata are designated as Upper Bathonian and coincides well with the suggested age derived from present biostrati-graphic studies.

The main morphological features of the new species are its very large size (specimens up to over 4 cm in length), subpentagonal and subsphaerical shell, strongly dorsobiconvex valves, fully ribbed with 18-22 strong angular ribs, extensive and deeply concave planareas, strongly uniplicate trapezoidal or subtrigonal anterior commissure and very thick shell wall in adults (Figure 1). The internal characters display a relatively high pedicle collar in juvenile specimens, conjunct deltidial plates, slender and straight dental plates that are initially ventrally divergent and anteriorly becoming parallel, strong and globular hinge teeth, hinge plates that are narrow and thin, nearly subhorizontal to slightly dorsally inclined, well developed septalium, small crescent-like laterally convex crural bases, low and strong median eusepto-idum, and raduliform to hamiform crura.

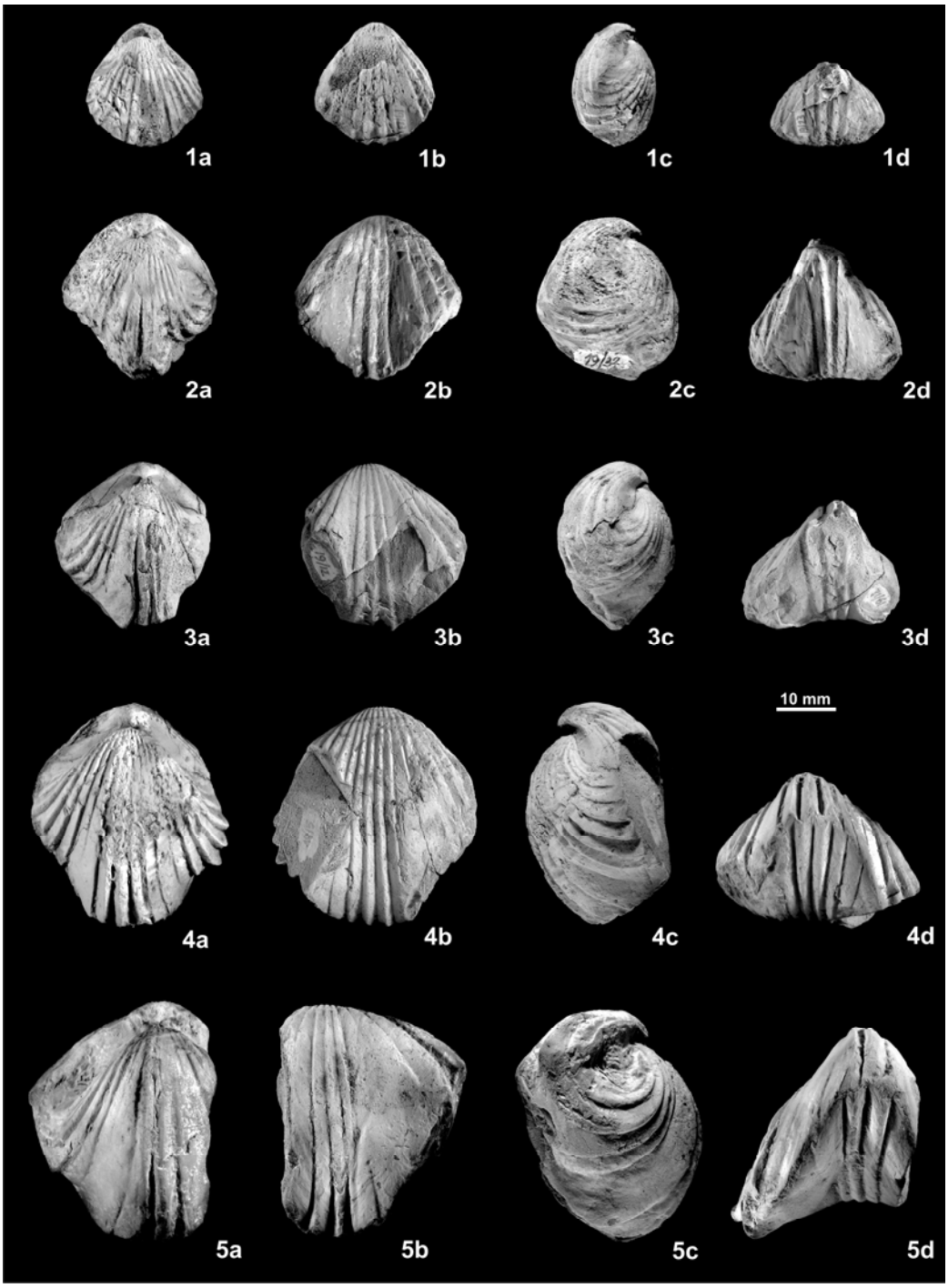


Fig. 1 *Isjuminella sp. nov., Upper Bathonian, Grnčar, Suva Planina Mt., eastern Serbia.* ***1 –*** *RGF VR 19/23, paratypes.* ***2*** *– RGF VR 19/12, paratype.* ***3*** *– RGF VR 19/32, paratype.* ***4 –*** *RGF VR 19/5, holotype.* ***5 –*** *RGF VR 19/1, paratype. Letters indicate view:* ***a****, dorsal;* ***b****, ventral;* ***c****, lateral;* ***d****, anterior. Shells were whitened with ammonium chloride for photography.*

The shell microstructure of the new species was investigated using acetate peels. *Isjuminella* sp. nov. reveals fine fibres of the secondary shell layer, predominantly anisometric anvil-like or

subhexagonal-like in cross section, 35-45 μm wide and 10-15 μm thick. As such it confirms the recent hypothesis of a correlation between shell ultrastructure and crural type in post-Palaeozoic rhynchonellides (Radulović et al., 2007; Manceñido & Motchurova-Dekova, 2010). The raduliform to hamiform crura of the new species are associated with fine fibrous (leptinoid) shell microstructure and confirm the attribution to the Hemithiridoidea.

The monospecific rhynchonellide assemblage is definitely autochthonous; practically all of the specimens have articulated valves without signs of transport and/or re-sedimentation. The abundance of rhynchonellides in this monospecific assemblage at Grnčar is considered to be related to favorable environmental conditions, characterized by relatively deep, low-energy water on an outer shelf, with lime-mud seafloor. This new record extends the palaeobiogeographic distribution of the genus *Isjuminella* from south-eastern France, Sardinia and southern England to eastern Serbia, along the north-western margin of the European Tethys during the Middle Jurassic.

CONCLUSIONS

A new rhynchonellide brachiopod species *Isjuminella* sp. nov. from the Upper Bathonian peloidal wackstones (micritic limestones) at Grnčar in the Lužnica Zone of eastern Serbia is described based on examination of the external and internal morphologies and shell ultrastructure. This age is determined by means of $^{87}Sr/^{86}Sr$ measurements.

The main morphological features that distinguish the new species from other representatives of *Isjuminella* are the very large size, subpentagonal and subsphaerical shell shape, fully ribbed ornament with 18-22 strong angular ribs, and very thick shell wall in adults. Internally it is characterized by having narrow and thin hinge plates, subhorizontal to slightly ventrally inclined with very small crural bases, crescent-like and inwardly concave, raduliform to hamiform crura.

The shell ultrastructure of *Isjuminella* sp. nov. reveals fine fibres of the secondary shell layer (i.e. leptinoid), predominantly anisometric anvil-like or subhexagonal-like in shape, 35-45 μm wide and 10-15 μm thick, which is compatible with its allocation in the Hemithiridoidea.

Palaeoecological, taphonomic, and sedimentological data suggest that the monospecific rhynchonellide assemblage lived in relatively deep, low-energy water on an outer shelf, with lime-mud seafloor. The presence of articulated valves, good preservation of the fauna, variously oriented specimens (no dominant direction was noted) indicate that the transport and reworking of the rhynchonellide assemblage were insignificant (e.g. autochthonous to parautochtonous).

The geographic range of *Isjuminella* is increased from western Europe to now include eastern Europe, along the north-western margin of the European Tethys during the Middle Jurassic.

ACKNOWLEDGEMENT

This research was supported by a grant from the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia, Project No. 176015 (grant to VR and BR). MRS acknowledges the Donors of the American Chemical Society Petroleum Research Fund for partial support of this research.

REFERENCES

Manceñido, M.O., Motchurova-Dekova, N. (2010): A review of the crural types, their relationships to shell microstructure, and significance among post-Palaeozoic Rhynchonellida. *Special Papers in Palaeontology*, 84: 203-224.

Radulović B., Motchurova-Dekova N., Radulović V. (2007): New Barremian rhynchonellide brachiopod genus from Serbia and the shell microstructure of Tetrarhynchiidae. *Acta Palaeontologica Polonica*, 52 (4): 761-782.

Трет Конгрес на Геолозите на Република Македонија
Third Congress of Geologists of Republic of Macedonia

PALEOECOLOGICAL CHARACTER OF ASIAN CLAMS IN ESTIMATES OF THE ANTHROPOGENOUS EFFECT ON RECENT ECOSYSTEMS

[1]Barbara Radulović, [2]Draženko Nenadić, [2]Slobodan Knežević, [3]Momir Paunović, [1]Katarina Bogićević

[1)] Department of Palaeontology, Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade, Kamenička 6, 11000 Belgrade, Serbia, e-mail: barbara.r@eunet.rs; katarina.bogicevic@rgf.bg.ac.rs
[2)] Department of Historical and Dynamic Geology, Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade, Kamenička 6, 11000 Belgrade, Serbia, e-mail: drazenko.nenadic@rgf.bg.ac.rs; slobodan.knezevic@rgf.bg.ac.rs
[3)] Institute for Biological Research, 142 despota Stefana Blvd, 11060 Belgrade, Serbia, e-mail: mpaunovi@ibiss.bg.ac.rs

Abstract
Fossil remains of freshwater *Corbicula fluminalis* are most abundant in Pleistocene fluvial deposits of Serbia. The species has been investigated primarily for biostratigraphic classification of Quaternary deposits and for the climate prevailing during its existence, almost disregarding the paleoecological aspect. The species populated eastern, central and northwestern Europe through the geological history before it migrated during the cooling Pleistocene episodes into the warmer European regions. *Corbicula* species introduced freshwater ecosystems of Europe in the last few decades. The recipients are two species, *C. fluminea* and *C. fluminalis* (Asian clams). The former is invasive with offensive effects on the native biological diversity, and on economy. Paleoecological interpretation of the Pleistocene containing *C. fluminalis* is intended to compare abundance and expansion, and difference in morphology of the fossil and the recent representatives of the species. Importance is highlighted of the anthropogenous factor in the expansion of invasive species and of the effects of their introduction.

Key words: *Corbicula fluminalis*, Pleistocene, paleoecology, invasive species, anthropogenous factor.

INTRODUCTION

One of the greatest threats to recent ecosystems and biodiversity are invasive species. Invasive species are introduced to an ecosystem to which they are not native and their introduction causes harm to environment or human health (http://www.invasivespeciesinfo.gov). The introduction of such species into modern ecosystems is one of the primary contributors to biodiversity loss (Enserink, 1999).

According to data documented by DAISIE (Delivering Alien Invasive Species Inventories Europe, 2009) one of the most invasive species in European freshwaters is Asian clams (*Corbicula fluminea* and *Corbicula fluminalis*) which can cause great damage to aquatic ecosystems. Also, mass occurrence of Asian clams can have significant impact on economy by causing troubles in irrigation canals and pipes (Prokopovich and Hebert, 1965; Devick, 1991), as well as in drinking water supply facilities (Ingram, 1959; Smith et al., 1979; Clarke, 1981), human health and impeding recreation and tourism at infested water bodies.

Asian clams are native in tropical and subtropical regions of Africa, Asia, the Malaysian Archipelago, the Philippines, New Guinea and Eastern Australia (Morton, 1986). With the beginning of the 20th century the Asian clams is dispersed worldwide and at the beginning of the 1980's its appearance is recorded for the first time in Europe. Numerous investigations indicate that *Corbicula* is rapidly spreading along the Danube River (Paunović et al., 2007). Representatives of the genus *Corbicula* have been found in Serbian waters since the year 1998 with frequently recorded mass occurence (Paunović et al., 2007, 2012), (Figures 1, 2).

The Asian clams are one of the most characteristic fossil taxa of European Quaternary interglacial deposits. Paleoecological analysis of the fossil Asian clams and its comparison in the

Fig. 1. *Accumulation of Corbicula shells at the beach Lido in the summer 2012 (Danube River, Belgrade).*

Fig. 2. *Accumulation of Corbicula shells under the water body at the Danube River in the summer 2015 (Lido beach, Belgrade).*

abundance and expansion with the recent representatives could answer the questions related to the influence of anthropogenous factor in its expansion and invasive character.

DISCUSSION

Importance of paleoecological research has been acknowledged as crucial for conservation planning related to invasion of species, climate changes, biodiversity crisis and natural variability etc. (Willis and Birks, 2006). Long-term ecological information should be incorporate in conservation management (Willis et al., 2005; Willis and Birks, 2006) as they can clarify difference between "natural" colonization of species and those induced by human activities. Information related to paleoecological character of Quaternary deposits can provide data important to conservation ecologists and land management organizations (Froyd and Willis, 2008).

Clams that have been usually identified as *Corbicula fluminalis* are widely distributed in the Quaternary (Pleistocene) interglacial fluvial deposits of Pannonian Plain of Serbia (Nenadić and Gaudenyi, 2013). During the Pleistocene cooling episodes this taxon migrated into the warmer European regions, but as it is mentioned above, in the last few decades *Corbicula* is introduced in freshwater ecosystems of Europe.

Since the beginning of investigation of the mentioned Pleistocene deposits in Serbia, Asian clams and associated fauna were cited only through lists of species while the number of individual shells were presented only as remarks such as "rare" or "abundant" (Gaudenyi et al., 2015). The *Corbicula* shells were predominantly used for biostratigraphical subdivision neglecting the importance of paleoecological analysis and precise data related to statistic of fossil assemblages. The only data which documented the correct number of *Corbicula* specimens as well as the associated fauna in Serbian Pleistocene fluvial deposits are analyzed by the authors of the present paper. The investigated material consisting of the rich and various fresh-water mollusks fauna (bivalves and gastropods) originate from the drill hole RB 53/P-1 (left bank of the Sava River, Belgrade, Serbia) with the total depth of 28.20 m. Beside the *Corbicula* specimens (Figures 3), the following species are identified: *Theodoxus danubialis* (Pfeiffer), *Fagotia acicularis* (Férrusac), *Dreissena polymorpha* (Pallas), *Unio crassus* (Philipsson) etc. Considering the data from the engineering work for the water supply (Knežević, pers. comm.) as well as precise data given by drill hole RB 53/P-1 it is concluded that number of fossil *Corbicula* specimens in most cases is very low. There are only few exceptions where the number of *Corbicula* shells is slightly bigger. Also, comparing with the representatives of other species, *Corbicula* is represented with the smaller number of individuals. The exact data related to number of *Corbicula* specimens as well as other determined species and their interrelation will be given in a separate paper. Additionally, the comparison of size between fossil and recent Asian clams is observed and it

is concluded that fossil *Corbicula* is smaller in size than its modern representatives. Also, in order to create more complete and documented picture about the number of fossil *Corbicula* and associated fauna, the data from the new drill holes will be incorporated. The further multi-disciplinary investigation is necessary in order to give precise answer related to causes and impact of invasion of the modern *Corbicula*.

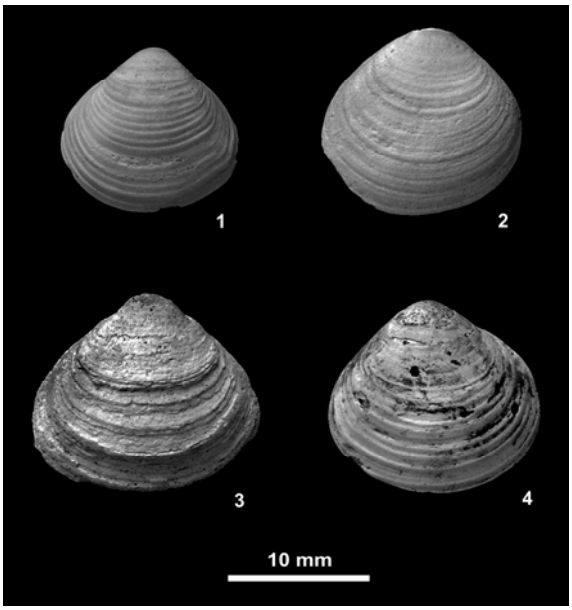


Fig. 3. *Corbicula specimens from the drill hole RB 53/P-1(left bank of the Sava River, Belgrade, Serbia). 1. Specimen from 20.0-20.2 m; 2, 3. Specimens from 19.8-20.0 m; 4. 17.0-18.0 m.*

CONCLUSIONS

Considering the presented data the invasive character of recent Asian clams seems to be related to anthropogenous factor (ballast water transport, utilization of specimens as fish bait, aquarium releases, juvenile byssal attachment to boat hulls, modified water bodies of the Danube River in Serbian part after the construction of hydroelectric power, etc.). Although it is difficult to assess the future impacts of modern species invasions the fossil record could provide useful analogues (Stigall, 2010, 2012). Fossil invasions can be identified by mapping species ranges in place and time; species that expand their geographic range during their lifetime or in relation to their ancestral species may be considered invasive (Rode and Lieberman, 2004). With this paper we would like to to point out the importance of merging paleoecology and ecology. The recomendation recognized among the scientific community is to develop joint projects between ecologists and paleoecologists as well as increasing the participation of paleoecologists in ecological papers, meetings and projects (Rull, 2010; Seddon et al., 2014).

ACKNOWLEDGEMENT

This research was supported by a grant from the Ministry of Education, Science and Technological Development of the Republic of Serbia, Project No. 176015.

REFERENCES

Clarke, A. H., 1981: *Corbicula fluminea* in Lake Erie. Nautilus, 95(2): 83-84.

DAISIE 2009: Handbook of Alien Species in Europe. Invading nature–Springer Series in invasion Ecology, 3: 1-381. Springer, Dordrecht.

Devick, W. S., 1991: Patterns of introductions of aquatic organisms to Hawaiian freshwater habitats. Pages 189-213 in New Directions in Research, Management and Conservation of Hawaiian Freshwater Stream Ecosystem. Proceedings Freshwater Stream Biology and Fisheries Management Symposium. Department of Land and Natural Resources, Division of Aquatic Resources, Honolulu, HI.

Enserink, M., 1999: Biological invaders sweep in. Science, 285: 1834-1836.

Froyd, C. A., Willis, K. J., 2008: Emerging issues in biodiversity & conservation management: The need for a palaeoecological perspective. Quaternary Science Reviews, 27: 1723–1732.

Gaudenyi, T., Nenadić, D., Stejić, P., Jovanović, M., Bogićević, K., 2015: The stratigraphy of the Serbian Pleistocene *Corbicula* beds. Quarterny International, 357: 4-21.

Ingram, W. M., 1959: Asiatic clams as potential pests in California water supplies. Journal of American Water Works Association, 51(3): 363- 370.

Morton, B., 1986: *Corbicula* in Asia – an updated synthesis. American Malacological Bulletin, Special Ed.: 113-124 pp.

Nenadić, D**.**, Gaudenyi, T., 2013: Stratigraphical position of Pleistocene fluvial polycyclic deposits of Serbia. Neogene and Quaternary stratigraphy, actual terminology and nomenclature, Serbian Geological Society, Beograd, 44-46 pp.

Paunović, M., Csányi, B., Knežević, S., Simić, V., Nenadić, D., Jakovčev-Todorović, D., Stojanović, B., Cakić, P., 2007**:** Distribution of Asian clams *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) and *C. fluminalis* (Müller, 1774) in Serbia. Aquatic Invasion, 2 (2): 99-106.

Paunović, M., Tomović, J., Kovačević, S., Zorić, K., Žganec, K., Simić, V., Atanacković, A., Marković, V., Kračun, M., Hudina, S., Lajtner, J., Gottstein S., Lucić A., 2012: Macro-invertebrates of the Natural Substrate of the Sava River – Preliminary Results. Water Research and Management, 2 (4): 33-39.

Prokopovich, N. P., Hebert, D. J., 1965: Sedimentation in the Delta-Mendota Canal. Journal of the American Water Works Association, 57: 375-382.

Rode, A. L., Lieberman, B. S., 2004: Using GIS to unlock the interactions between biogeography, environment, and evolution in Middle and Late Devonian brachiopods and bivalves. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeo-geography, 211: 345–59.

Rull, V., 2010: Ecology and Palaeoecology: Two Approaches, One Objective. The Open Ecology Journal, 3: 1-5.

Seddon, A. W. R., Mackay, A. W., Baker, A. G., Birks, H. J. B., Breman, E., Buck, C. E., Ellis, E. C., Froyd, C. A., Gill, J. L., Gillson, L., Johnson, E. A., Jones, V. J., Juggins, S., Macias-Fauria, M., Mills, K., Morris, J. L., Nogués-Bravo, D., Punyasena, S. W., Roland, T. P., Tanentzap, A. J., Willis, K. J., Aberhan, M., van Asperen, E. N., Austin, W. E. N., Battarbee, R. W., Bhagwat, S., Belanger, C. L., Bennett, K. D., Birks, H. H., Bronk Ramsey, C., Brooks, S. J., de Bruyn, M., Butler, P. G., Chambers, F. M., Clarke, S. J., Davies, A. L., Dearing, J. A., Ezard, T. H. G., Feurdean, A., Flower, R. J., Gell, P., Hausmann, S., Hogan, E. J., Hopkins, M. J., Jeffers, E. S., Korhola, A. A., Marchant, R., Kiefer, T., Lamentowicz, M., Larocque-Tobler, I., López-Merino, L., Liow, L. H., McGowan, S., Miller, J. H., Montoya, E., Morton, O., Nogué, S., Onoufriou, C., Boush, L. P., Rodriguez-Sanchez, F., Rose, N. L., Sayer, C. D., Shaw, H. E., Payne, R., Simpson, G., Sohar, K., Whitehouse, N. J., Williams, J. W. and Witkowski, A., 2014: Looking forward through the past: identification of 50 priority research questions in palaeoecology. Journal of Ecology, 102: 256–267.

Smith, A. L., Mula, A., Farkas, J. P., Bassett D. O., 1979: Clams -a growing threat to inplant water systems. Plant Engineering, 165-167 pp.

Stigall, A. L., 2010: Invasive Species and Biodiversity Crises: Testing the Link in the Late Devonian. PLoS ONE 5(12): e15584. doi:10.1371/journal.pone.0015584.

Stigall, A. L., 2012: Invasive Species and Evolution. Evolution Education and Outreach, 5: 526-533.

Willis, K. J., Gillson, L., Brncic, T. M., Figueroa-Rangel, B. L., 2005: Providing baselines for biodiversity measurement. Trends in Ecology and Evolution, 20: 107–108.

Willis, K. J., Birks, H. J. B., 2006: What is natural? The need for a long-term perspective in biodiversity and conservation. Science, 314: 1261–1265.

Трет Конгрес на Геолозите на Република Македонија
Third Congress of Geologists of Republic of Macedonia

SQUAMATE REMAINS FROM THE EARLY AND MIDDLE PLEISTOCENE SREM SERIES IN THE MUTALJ QUARRY (BEOČIN, NORTHERN SERBIA)

[1] Dragana Đurić, [2] Katarina Bogićević & [2]Draženko Nenadić

[1]Natural History Museum, Belgrade; dragana.djuric@nhmbeo.rs
[2]University of Belgrade-Faculty of Mining and Geology; katarina.bogicevic@rgf.bg.ac.rs
drazenko.nenadic@rgf.bg.ac.rs

Abstract
In the Mutalj quarry (northern slopes of the Fruška gora Mountain) in the sediments of Miocene age, fissures have been developed and filled with sediments of the Srem Series. Reddish proluvial and deluvial sediments of this series cover northern and southern slopes of the Fruška gora massive, with an average thickness of 40-70 meters. Based on its faunistic contents (land and aquatic molluscs) and stratigraphic relationship with underlying deposits of Neogene age and overlying loess, an Early and Middle Pleistocene age has been earlier proposed for this series.
From one of these fissures a small quantity of sediments (about 1 kg) has been taken. In it, beside numerous redeposited marine forms of Miocene and some land snails of Pleistocene age, remains of vertebrates have been found for the first time. Vertebrates are represented by 3 osteoderms which belong to the genus *Pseudopus* sp., a legless lizard which today inhabits open steppe from the southern Europe to the central Asia (but not Serbia).
Osteoderms are bony structures coated with keratine, that cover bodies of many reptiles. In Pleistocene fossil record the most common are osteoderms of the representatives of family Anguidae - genera *Anguis* and *Pseudopus*. Osteoderms of these two genera are relatively easily discernible: while in *Anguis* they are oval-shaped, osteoderms of *Pseudopus* have a roughly rectangular outline. In relation to the position on the body and its longitudinal axis they could be elongated (on lateral sides) or shorter, almost trapezoid (along the central line of a body).
Fissure fillings are the source of numerous remains of small vertebrates of Neogene and Quaternary age in Europe, while in Serbia they are virtually unexplored, so the intention of this work is to point to great possibilities of the investigation of such type of sedimentary deposits.

Key words: osteoderms, squamates, reptiles, Pseudopus, Srem series, Beočin, Pleistocene.

INTRODUCTION

Sediments of fissure (karst) fillings are poorly known in Serbia, although they are rather abundant and well investigated in surrounding countries (especially Hungary; Janossy, 1986) and they represent an important source of small vertebrate remains of Neogene and Quaternary age. This article represents an effort to launch such research in the territory of Serbia.
The site in which remains described in this work have been found is the Mutalj quarry, Beočin cement plant Lafarge, in the northern slopes of Fruška gora near Bešenovo (Vojvodina; Fig.1a), in which Lajtovac limestones of Miocene (Badenian) age are quarried. Reptile remains (osteoderms) have been found in reddish sediments that belong to the so-called Srem series, which is made of proluvial-deluvial sediments of Early and Middle Pleistocene age, genetically connected to the Fruška gora slopes (Nenadić, 2003, Nenadić et al., 2010).

In the old quarry PK "Beli kamen" Badenian Lajtovac limestone are overlied by a thick package (several tens of meters) of proluvial deposits of agglomerates of redeposited Lajtovac limestones which alternate with lenses of sandy, loosely cemented conglomerates and gravelly sands. In the southern part of the recent quarry Mutalj, sediments of Srem Series are visible in the outcrops, underlying loess (Fig.1b). They are built here mostly of rusty-red gravelly clays with lenses of sandy gravels. They uncomfortably overlie Badenian Lajtovac limestones, and in some parts Lower Miocene layers of lacustrine Vrdnik Formation. Limestone fissures are filled with Srem series sediments (reddish gravelly

clays and gravels with quartz grains, Palaeozoic-Triassic slates and Badenian Lajtovac limestone). By investigation of many boreholes it has been confirmed that thickness of Srem Series is small on the northern edge of the quarry, or that series is not present at all; while in the southern part its thickness rises up to 40 m (Nenadić et al., 2010, 2011).

Fig. 1*a – Geographical position of the site.* ***1****b – Photograph of the fissure filling.*

MATERIALS AND METHODS

From a fissure filling in the Mutalj quarry (Fig.1b) a small quantity of reddish sediment (about 1 kg) was taken during 2010 field excursion to show it to the students of the course Quaternary geology. This sample was wet sieved in the Laboratory at the Department of Regional Geology and Palaeontology (Faculty of Mining and Geology, Belgrade) and then all fossil remains were picked out from the dry residue, under the binocular microscope (stereo-microscope STM-8T).

Fossil remains found in this sample are not autochtonous – they were eroded from Badenian Lajtovac limestone and were then redeposited into Srem series. These remains include foraminiferans, sea urchins, crabs… and also three osteoderms of lizards that immediately drove the attention of the authors, since remains of Neogene/Quaternary reptiles are rather poorly known in Serbia and the remains of terrestrial fauna was not found in the Srem series sediments till now.

Osteoderms are dermal bony structures, coated with keratine. They strengthen the skin and serve as protection in many vertebrates. Their shape and size are different in different groups of lizards, but best known are those from family Anguidae, in which subfamilies could be differentiated after morphology of osteoderms (Klembara and Green, 2010).

An osteoderm has two sides. Outer side is ornamented with different tubercles and grooves and at the edges it has smooth gliding surfaces. Based on the size and position of these smooth surfaces, we could determine from what part of a body they come. (Rauscher, 1992; Miklas-Tempffer, 2003). Inner surface is smooth, sometimes slightly curved and with two holes in the central part for the blood vessels.

PALEONTOLOGICAL DESCRIPTION
***Pseudopus* Merrem, 1820**
***Pseudopus* sp.**

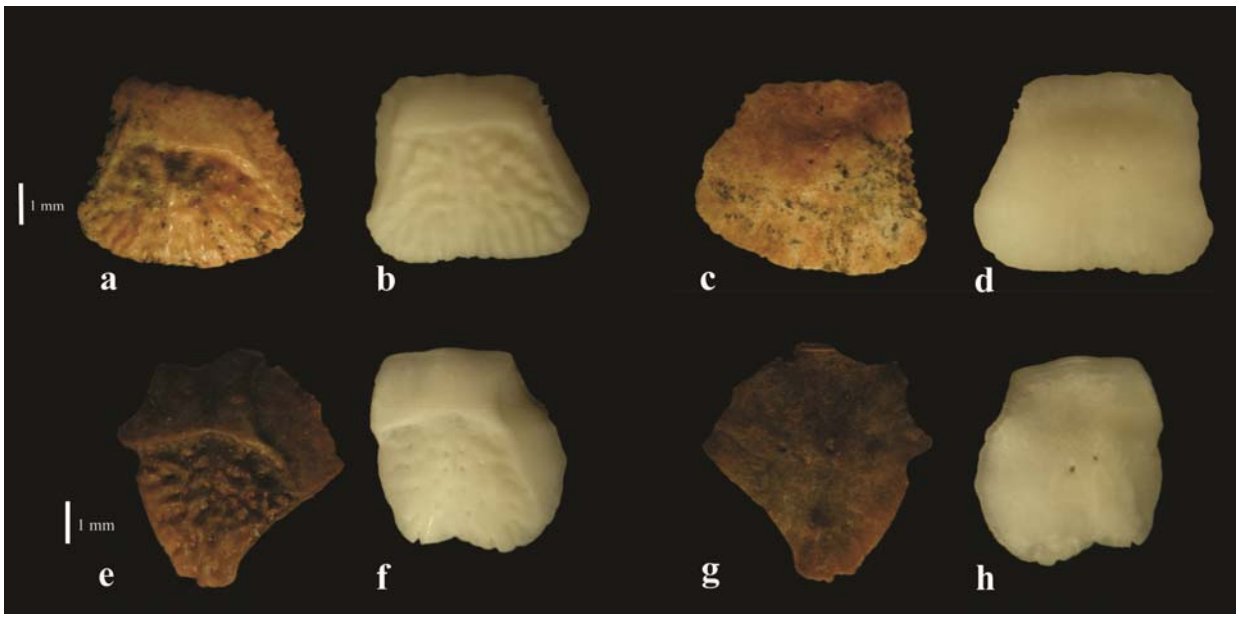


Fig.2 -*Pseudopus sp. Ossiculum dermale caudale dorsale mediale. a, c – fossil specimens, a - outer surface (BČ-1); c – inner surface (BČ-1), b, d – recent. b – outer surface; d – inner surface.*
Ossiculum dermale caudale laterale (dext.). e, g – fossil specimen. e – outer surface (BČ-2), g – inner surface (BČ-2), f, h – recent specimens: f - outer surface; h – inner surface.

Material : 3 osteoderms (BČ-1-3)

One of three osteoderms is completely preserved (Fig.2a,c). Its shape is nearly trapezoid, which means it belongs to the region close to the caudal midline (after Rausher, 1992). The anterior dorsal surface is characterised by a smooth gliding surface extended laterally. The sculptured region possesses mostly ridges and occasionally single tubercles that are separated from the smooth area by a straight line.

Second osteoderm (Fig.2e,g) is preserved only partially. Its gliding (smooth) surface is clearly visible and it continues just to the right edge. The sculpture is very similar to that in the previous specimen.
The ventral surface of these two osteoderms is slightly concave dorsally, with two small foramina in its centre.
For the third fragment we could only say that it has the same type of sculpture but it is too small for more precise determination.

DISCUSSION
First question that we have to answer is: do these osteoderms belong to Pleistocene deposits or are they redeposited, as most of other fossils found in the Srem Series?
It is more probable that they belong to Pleistocene deposits. First of all, they belong to terrestrial forms, opposite to the redeposited fossils that were marine organisms. They look different and are of different colour. For the *Pseudopus* it is characteristic to live on karst plateaus where terra rosa is dominant soil type (Rifai et al., 2005) and to hide in fissures, and it is just how the surroundings looked like in the time of formation of the Srem Series. Also, this lizard feeds on land snails (Tempfer, 2009), and

land snails of Pleistocene age have been found in the same sample.

Remains of terrestrial reptiles, of course, could be found in marine deposits, after some transport, but they would be scattered, and it would be highly improbable to find three osteoderms in such a small sample of sediments (about 1 kilogram). This genus remains are, however, rather common element of "fissure fillings faunas" (for example in Venčac near Aranđelovac; Jovanović et al., 2002).

Osteoderm fragments are pretty common in fossil associations of vertebrates. The most remains belong to family Anguidae, but they are usually not characteristic enough for the species identification, unless they are accompanied by skull bones.

From the family Anguidae, two genera were widespread in the territory of southeastern Europe during late Neogene and Quaternary – *Anguis* Linnaeus, 1758 (slow worm, "slepić" in Serbian) and *Pseudopus* Merrem, 1820 (glass worm, "blavor" in Serbian). They have distinctly different structure of osteoderms. *Pseudopus* has large, subangular, more or less rhomboidal and thick osteoderms, while osteoderms of *Anguis* are much smaller, thin and almost oval, with an arc-shaped gliding surface (Miklas-Tempfer, 2003). According to the shape, size and thickness, osteoderms from Mutalj undoubtedly belong to genus *Pseudopus* (in Fig. 2 they are shown side-by-side to the recent osteoderms of this genus from the Comparative collection of the Natural History Museum, Belgrade).

This genus in earlier European literature was often cited as *Ophisaurus* Daudin, 1803, but Klembara (1979) points out that genera *Ophisaurus* and *Pseudopus* existed in nearly the same area (Western and Central Europe) during the Lower Miocene, and afterwards (Late Miocene) they spread from Europe to Asia, where *Pseudopus* stayed while *Ophisaurus* crossed the Bering Strait and reached America. At the other hand, Sullivan et al. (1999) thought that *Ophisaurus* and *Parophisaurus* (s. str.) were geographically restricted to the New World and differed from fossil and recent taxa assigned to *Ophisaurus* from various regions of the Old World.

The species *Pseudopus apodus* (Pallas, 1775) today inhabits southern and south-eastern Europe (but not Serbia) (Gasc et al., 1997). It is a legless lizard which lives in open, steppe landscapes of Croatia, FYR Macedonia, Bulgaria, Greece, Ukraine and SW Asia. Karst regions with its numerous fissures, caverns and various sinks are the favourite habitats of Glass lizards (Mlynarski, 1956).

Two species of this genus have been described in Late Neogene and Quaternary: *P. apodus*, and *P. pannonicus* (Kormos, 1911). *P. larillardi* (Lartet, 1851) and *P. ahnikoviensis* Klembara, 2012 lived only in Miocene (Klembara, 2012).

Some authors, for example Holman (1998) treated *P. pannonicus* as a synonym for *P. apodus.* According to this author, *P. apodus* remains have been found in Late Pliocene (Hungary), Early Pleistocene and also in Late Pleistocene – Smolućka pećina (Serbia). After Klembara et al. (2010) *P. pannonicus* lived from Late Miocene to Middle Pleistocene, and *P. apodus* from Late Pleistocene until today. The presence of *P. pannonicus* indicates dense, half-high vegetation, possibly with woodland and a shallow water area (Tempfer, 2009).

The youngest of the extinct forms, *P. pannonicus*, progressively retreated from the north during the late Neogene, and became extinct during the early Pleistocene. On the other hand, it should be mentioned that *P . pannonicus*, by its morphology, was rather similar to the living *P. apodus*, differing mainly from the latter by its larger dimensions (Venczel and Sen, 1994).

Remains of anguine lizards have been found only in two Pleistocene localities in Serbia till now - in the Smolućka cave, where a list of species and parts of skeletons were published, but without descriptions. It has been specified that vertebra of this species have been found (Paunović and Dimitrijević, 1990). There are also some remains of *Pseudopus* sp. in the Kamenjak fissure filling on Venčac near Aranđelovac (Jovanović et al., 2002).

CONCLUSIONS

In this paper first remains of vertebrate fauna from the Srem Series have been described. It is very important, because till now, mainly redeposited fossils of marine origin have been known from this series, and among autochtonous fossils – only invertebrates (terrestrial gastropods). Since a detailed research of the Srem Series in Serbia is ongoing, this finding give us hope that we will find more remains of the terrestrial vertebrate fauna from the Older Pleistocene period, which is poorly known in the territory of Serbia.

This is only the third find of this genus in Pleistocene deposits of Serbia. Another goal of this paper is to draw attention to the possibilities which investigation of fissure fillings offers, because these deposits can be very rich in faunal remains. That material usually stays unnoticed and rejected in quarries, because it mainly contains remains of small vertebrates and not conspicuous and "glamorous" bones of large mammals, such as mammoth, rhinoceros or cave bear.

REFERENCES

Gasc, J.P., Cabela, A., Crnobrnja-Isailovic, J., Dolmen, D., Grossenbacher, K., Haffner, P., Lescure, J., Martens, H., Martínez Rica, J.P., Maurin, H., Oliveira, M.E., Sofianidou, T.S., Veith, M. & Zuiderwijk, A., 1997: Atlas of amphibians and reptiles in Europe. Collection Patrimoines Naturels, 29, Societas Europaea Herpetologica, Muséum National d'Histoire Naturelle & Service du Patrimoine Naturel, Paris, 496 pp.

Holman, J.A., 1998: Pleistocene amphibians and reptiles in Britain and Europe. Oxford University Press, New York, 254 pp.

Janossy, D., 1986: Pleistocene vertebrate faunas of Hungary. Akadémiai Kiadó, Budapest, 208 pp.

Jovanović, M., Đurić, D., Marković, Z., 2002: Tertiary reptiles of the central part of the Balkan Peninsula. Biota, 3(1/2): 67-75.

Klembara, J., 1979: Neue Funde der Gattungen Ophisaurus und Anguis (Squamata, Reptilia) aus dem Untermiozän Westböhmen (ČSSR). Věstník Ústředního ústavu geologického (Praha), 52(3): 163-169.

Klembara, J., Böhme, M., Rummel, M., 2010: Revision of the anguine lizard Pseudopus laurillardi (Squamata, Anguidae) from the Miocene of Europe, with comments on palaeoecology. Journal of Paleontology, 84(2): 159-196.

Klembara, J. , Green, B., 2010: Anguimorph lizards (Squamata, Anguimorpha) from the Middle and Upper Eocene of the Hampshire Basin of Southern England. Journal of Systematic Palaeontology, 8(1): 97-129.

Klembara, J., 2012: A new species of Pseudopus (Squamata, Anguidae) from the Early Miocene from northwest Bohemia (Czech Republic). Journal of Vertebrate Paleontology, 32(4): 854-866.

Miklas-Tempfer, P.M., 2003: The Miocene herpetofaunas of Grund (Caudata; Chelonii; Sauria; Serpentes) and Mühlbach am Manhartsberg (Chelonii; Sauria; Amphisbaenia; Serpentes), Lower Austria. Ann. Naturhist. Mus. Wien, 104 A: 195–235.

Mlynarski, M., 1956: Lizards from the Pliocene of Poland. Study on the Tertriary bone-breccia fauna from Weze near Dzialoszyn in Poland. Part VI. Acta Paleont. Polonica, 1(2): 136-152.

Nenadić, D., 2003: Pleistocenske naslage istočnog Srema. Univerzitet u Beogradu-Rudarsko-geološki fakultet (nepublikovana doktorska disertacija), Beograd, 224 str.

Nenadić, D., Bogićević, K., Lazarević, Z., Milivojević, J., 2010: Lower and Middle Pleistocene sediments of Eastern Srem (northern Serbia), Paleogeographical Reconstruction. Bulletin of the Natural History Museum, 3: 7-25.

Nenadić, D., Gaudenyi, T., Bogićević K., Gulan, Z., 2011: The lower boundary of Quaternary in the area of the southeastern Srem (north Serbia). Bulletin of the Natural History Museum, 4: 23-36.

Paunović, M., Dimitrijević, V., 1990: Gornjopleistocenska fauna nižih vertebrata iz Smolućke pećine u jugozapadnoj Srbiji. Rad Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti. Razred za prirodne znanosti, 449: 77-87.

Rauscher, K.L., 1992: Die Echsen (Lacertilia, Reptilia) aus dem Plio-Pleistozän von Bad Deutsch-Altenburg, Niederösterreich. Beitr. Paläont. Öster., 17: 81-177.

Rifai, L., Abu Baker, M., Al Shafei, D., Disi, A., Mahasneh, A., Amr, Z., 2005: Pseudopus apodus (Pallas, 1775) from Jordan, with notes on its ecology. Herpetozoa, 18(3/4): 133-140.

Sullivan, R.M., Keller, T., Habersetzer, J., 1999: Middle Eocene (Geiseltalian) anguid lizard from Geiseltal and Messel, Germany. – I. Ophisauriscus quadrupes KUHN 1940. Courier Forsch. Inst. Senckenberg, 216: 97-129.

Tempfer, P.M., 2009: The early Vallesian vertebrates of Atzelsdorf (Late Miocene, Austria). 3. Squamata, Scleroglossa. Ann. Naturh-ist Mus. Wien, 111A: 489–498.

Venczel, M., Sen, S., 1994: Pleistocene amphibians and reptiles from Emirkaya-2, Turkey. Herpetological Journal, 4: 159-165.

Трет Конгрес на Геолозите на Република Македонија
Third Congress of Geologists of Republic of Macedonia

SMALL MAMMALS FROM THE VELIKA AND MALA BALANICA CAVES (NIŠ, SOUTHERN SERBIA)

[1] Katarina Bogićević, [1] Draženko Nenadić, [2] Dušan Mihailović

[1]University of Belgrade-Faculty of Mining and Geology; katarina.bogicevic@rgf.bg.ac.rs
drazenko.nenadic@rgf.bg.ac.rs
[2]Faculty of Philosophy, University of Belgrade; dmihailo@f.bg.ac.rs

Abstract
Quaternary sediments of the Velika and Mala Balanica caves (village Sićevo near Niš, southeastern Serbia) are developed in 3 geological layers, the second and third of which are of Pleistocene age. In Layer 3b in Mala Balanica a mandible of *Homo erectus* s.l. has been found, with minimum age estimates of 397,000-525,000 years.
During the analysis of the material from 2004-2005. field campaigns some remains of small mammals have been found, of which only 59 could be identified to the level of species or genus.
Although the number of specimens is small, the number of identified species is rather high, which certainly points to an environment with mild climate, because in cold climate associations of small mammals are poor (with small number of species among which one or two species largely outnumber others in number of individuals).
Based on small mammal fauna, Layer 3 of Mala Balanica could be of Early-Middle Pleistocene age, while Layer 2 is somewhat younger and was probably formed in Middle Pleistocene.

Key words: Pleistocene, Palaeolithic, small mammals, Serbia

INTRODUCTION

The territory of the central Balkans is significant for the research of Palaeolithic of Europe because this region represented a migration corridor which, during Pleistocene, connected southwestern Asia with central and western Europe (Mihailović, 2014). Investigation of Palaeolithic in Serbia has lasted for more than a century (Cvijić, 1891). During that time, numerous sites were discovered with artifacts and remains of Pleistocene fauna. Although the remains of humans appeared rather early in this research (Jovanović, 1892), fossil record of hominins in Serbia remains poor, and scarce remains are often lost and their descriptions is all that remained (Roksandić et al., 2014; Mihailović, 2014).

In 2004 remains of the species *Homo erectus* s.l. were found in the cave Mala Balanica near Niš (eastern Serbia). This finding has a great importance for research of evolution and migrations of hominins in Europe, so multidisciplinary investigation of this and nearby cave Velika Balanica have been carried out in the last decade. In this work a preliminary review of fauna of small mammals found in these two caves is presented.

GEOGRAPHICAL POSITION OF THE SITE

Balanica caves are situated in the village Sićevo, 17 kilometers to the north from Niš (southeastern Serbia) (Fig.1). The cave complex consists of two caves – smaller (Mala Balanica) and bigger (Velika Balanica) connected by a narrow cave canal. The caves are located in the exit from the Sićevo gorge, at the altitude of 338 m, and their entrances face south. Velika Balanica consists of entrance, which looks like a rock shelter (dimensions - 10x8 m) and inner part (dimensions: 36x25 m). Mala Balanica has a spacious inner hall (29x5 m) and a smaller inner chamber (Mihailović, 2014).

Fig. 1 *Geographical position of the caves*

STRATIGRAPHY

Quaternary sediments in those caves are developed in 3 geological layers, the second and third of which are of Pleistocene age. In Velika Balanica, they have been excavated to the 1.2 m depth. Overall six levels have been singled out in Pleistocene layers (2a-2c, 3a-3c). Lower layers (3a-3c) contain Charentian artifacts while the upper ones (2a-2c) are characterized by typical Mousterian tool kit (Mihailović, 2009).

In the adjoining Mala Balanica cave, with an excavated surface more than 18 m^2, the Charentian artifacts are confirmed in the upper levels (2a-2c). In layer 3 no artifacts have been found, but in the lowermost layer so far (3b), a mandible of *Homo erectus* s.l. has been found, with minimum age estimates of 397,000-525,000 years. It represents the oldest hominine find in the Balkans (Roksandic et al 2011). After a detailed analysis and dating, it is ascribed to the species *Homo erectus* s.l. (Rink et al., 2013).The mandible has been accompanied by remains of large mammals – *Canis* sp., *Ursus* sp., *Crocuta spelaea, Cervus elaphus*, *Capra ibex*.

According to character of artifacts, it has been concluded (Mihailović, 2014) that layers 2a-2c in Mala Balanica and 3a-3c in Velika Balanica are of similar age (Middle Pleistocene; MIS 9-7), and layers 2a-2c in Velika Balanica are somewhat younger (MIS 7/beginning of MIS 6).

MATERIAL AND METHODS

From six levels (2a, 2b, 2d/3a, 3a, $3a_3$, 3b) in Mala Balanica, and six in Velika Balanica (2a-2c, 3a-3c), 12 samples of sediments have been taken (10 kg of sediment each). These samples were wet-sieved in the Laboratory of Department of Regional Geology and Palaeontology. Several hundreds of bone and teeth fragments have been picked up under binocular microscope, but only 59 teeth could be determined to the level of genus or species.

Following species of small mammals have been found in Mala Balanica (Fig.2):

In Layer 2: *Apodemus epimelas, Apodemus sylvaticus/flavicollis, Apodemus* sp. (small species), *Arvicola* sp., *Microtus* ex gr. *arvalidens-subterraneus, Microtus* ex gr. *nivaloides-arvalis, Lagurus* sp., *Clethrionomys*

sp., *Mesocricetus newtoni, Allocricetus bursae, Muscardinus avellanarius, Dryomys nitedula, Sorex minutus, Rhinolophus ferrumequinum.*
In Layer 3: *Apodemus epimelas, Apodemus sylvaticus/flavicollis, Apodemus* sp. (small species), *Microtus* ex gr. *arvalidens-subterraneus, Lagurus* cf. *transylvanicus, Clethrionomys* sp., *Allocricetus bursae, Spalax* sp.
From six levels in V. Balanica, only two samples yielded very scarce remains of rodents:
Layer 2b: *Mesocricetus newtoni.*
Layer 3c: *Apodemus epimelas.*
First results of dating by Uranium-series, combined with gamma-spectrometry gave the age of at least 113+72/-43 kya (thousands of years) for layer 3b in Mala Balanica (Roksandić et al. 2011). Later, by dating by ESR method, with U-series and infrared luminiscence, it was established that the minimum age of layer 3b, in which human mandible was found is 397-525 kya (Rink et al., 2013).

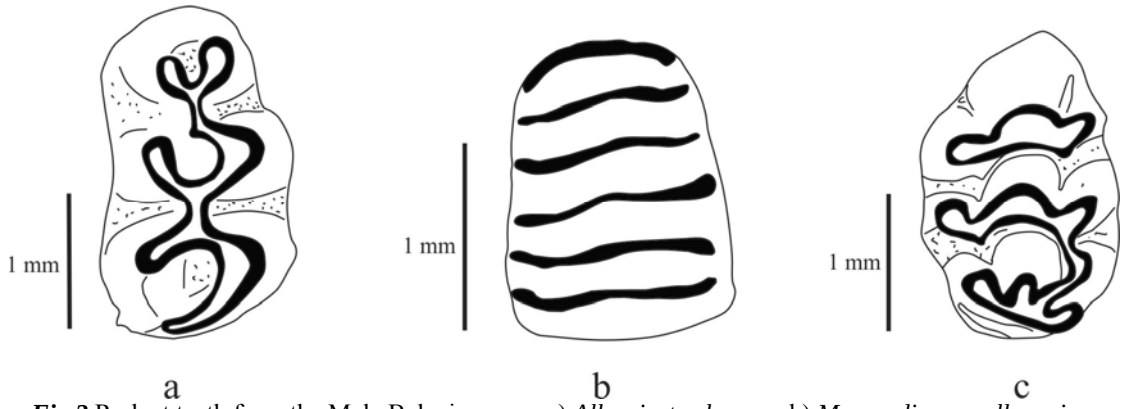


Fig.2 Rodent teeth from the Mala Balanica cave: a) *Allocricetus bursae*; b) *Muscardinus avellanarius*; c) *Apodemus epimelas*.

CONCLUSIONS ON AGE AND ECOLOGICAL FEATURES OF FAUNA

Remains of small mammals in Velika Balanica are extremely rare, as is expected, since this cave was a permanent living site (base camp) (Mihailović, 2014), so conclusions are based solely on remains from Mala Balanica.
The associations of small mammals from upper and lower layers in Mala Balanica show some similarities and differences in their composition, based on which some conclusions on their age and palaeoecological characteristics could be drawn.
The species *Apodemus epimelas* is present both in the upper and lower part of the profile. This species was widespread in southern and southeastern Europe in Early Pleistocene (Kowalski, 2001). It reaches its peak approximately 1-0.8 mya (millions of years ago), when it come up to northern Romania (Terzea, 1992), while in Middle Pleistocene its areal was very reduced. In Late Pleistocene it was connected only to coastal parts of the Balkan Peninsula, which was then under influence of mild Mediterranean climate. It seems that its retreat was caused by cooling during penultimate glaciation (Middle Pleistocene), because after that period, it could not be found in the territory of the central Balkans (Kowalski, 2001). After Late Pleistocene this species populates Balkan again, with northern boundary of areal going through the southernmost parts of Serbia, about hundred kilometres to the south of the site (Amori et al., 2008).
According to this, it could be concluded that all deposits in Mala Balanica were formed *before* Late Pleistocene. This conclusion is also supported by the presence of *Allocricetus bursae*, which died out in Last Interglacial, and was very numerous in Early and Middle Pleistocene of the neighbouring countries (Kowalski, 2001).
Upper part of deposits (layer 2) contains remains of species *Mesocricetus newtoni*, *Arvicola* sp. and *Dryomys nitedula* that appeared from later part of Middle Pleistocene, which implies that Layer 2 was probably formed in that period,

which is confirmed by palaeoecological characteristics of the fauna.

There are no such young forms in Layer 3. Overall outlook of the association is rather primitive. Especially noteworthy is finding of a molar of a primitive lagurid, which belongs to the so-called „posterius“ or „transylvanicus“ morphotype, which is characteristic for Early Pleistocene and becomes very rare already in the lower part of Middle Pleistocene. This morphotype is characteristic for *Lagurus transylvanicus,* which in Bulgaria occurs on transition from Lower to Middle Pleistocene (Popov and Marinska, 2007).

According to the overall composition of fauna, association from Layer 3 of Mala Balanica resembles very much to a much more rich association from Varbeshnitsa Cave (Bulgaria) (Popov, 1988). Since the age of this fauna is considered to be the lowerest part of Middle Pleistocene, it is possible that such age should be ascribed to Layer 3 from M. Balanica, but it is difficult to confirm it without characteristic fossils (such as *Mimomys/Arvicola*).

Although the number of specimens is rather small, number of species is rather high, which certainly speaks of favorable and variable environment, with mild climate, because in environment with cold and extreme climate fauna is poor, with small number of species among which one or two predominate in number of individuals.

Associations from both layers are of mixed type – there are representatives of warm and cold climate. In total, fauna from Layer 2 is more „warm-loving“, and it could be connected to the beginning or the end of an interglacial period, when mixing of „warm“ and „cold“ elements took place. Fauna from Layer 3 is also „warm-loving“, but the frequency of cold elements is higher and it rises in upper levels, which could imply a gradual worsening of climate.

REFERENCES

Amori, G., Hutterer, R., Kryštufek, B., Yigit, N., Mitsain, G., Muñoz, L.J.P., 2008: *Apodemus mystacinus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2008. e.T1898A8770676. http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2008.RLTS.T1898A8770676.en. Downloaded on 28 June 2016.

Cvijić, J., 1891: Prekonoška pećina. Geološki anali Balkanskog poluostrva, 3: 272-299.

Jovanović, Đ., 1892: Prilozi za antropologiju srpskih zemalja. Starinar, 9(1): 24-34.

Kowalski, K., 2001: Pleistocene rodents of Europe. Folia quaternaria, 1972: 389 pp.

Mihailović, D., 2009: Pećinski kompleks Balanica i paleolit Niške kotline u regionalnom kontekstu. Arhaika, 2: 1-26.

Mihailović, D., 2014: Paleolit na centralnom Balkanu, kulturne promene i populaciona kretanja. Srpsko arheološko društvo, Posebna izdanja, Beograd.

Popov, V.V., 1988: Middle Pleistocene small mammals (Mammalia: Insectivora, Lagomorpha, Rodentia) from Varbeshnitsa (Bulgaria). Acta Zoologica Cracoviensia, 31(5): 193-234.

Popov, V.V., Marinska, M., 2007: An almost one million year long (Early to Late Pleistocene) small mammal succession from the archaeological layers of Kozarnika Cave in Northern Bulgaria. Courier Forschungs-Institut Senckenberg, 259: 79-92.

Rink, W.J., Mercier, N., Mihailović, D., Morley, M.W., Thompson, J.W., Roksandić, M., 2013: New Radiometric Ages for the BH-1 Hominin from Balanica (Serbia): Implications for Understanding the Role of the Balkans in Middle Pleistocene Human Evolution. PloS ONE,8(2):e54608:doi:10.1371/journal.pone.00546082484.

Roksandić, M., Mihailović, D., Mercier, N., Dimitrijević, V., Morley, M.W., Rakočević, Z., Mihailović, B., Guibert, P., Babb, J., 2011: A human mandible (BH-1) from the Pleistocene deposits of the Mala Balanica cave (Sićevo gorge, Niš, Serbia). Journal of Human Evolution, 61: 186-196.

Roksandić, M., Radović, P., Alex, B.A., Pavić, S., Paunović, M., Marković, Z., 2014: Looking for hominins in Museum drawers – possible Upper Pleistocene specimens from Serbia: morphological descriptions and radiocarbon dating. In: D Mihailovic (Ed). Palaeolithic and Mesolithic Research in the Central Balkans. SAD, Belgrade, 7-20.

Terzea, E., 1992: *Apodemus mystacinus* (Danford & Alston) (Rodentia, Mammalia) dans le Pleistocene inferieur final de Betfia -Vll (Bihor, Roumanie). Travaux de l' Institut de Speolologie ”Emile Racovitza”, 31: 83-94.

ФОРАМИНИФЕРНА ФАУНА ОД ПАЛЕОГЕНИТЕ СЕДИМЕНТИ НА ТЕРИТОРИЈАТА НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

[1]Виолета Стојанова, [1]Гоше Петров, [2]Крсто Блажев

[1]Универзитет "Гоце Делчев", Факултет за природни и технички науки, violeta.stojanova@ugd.edu.mk //gose.petrov@ugd.edu.mk
[2]Универзитет "Гоце Делчев", Технолошко-технички факултет, krsto.blazev @ugd.edu.mk

Абстракт
Во трудот се презентирани резултатите од микропалеонтолошките истражувања на фораминиферна фауна пронајдени во седиментите на горната флишна литозона во тринаесет откриени палеогенски профили и две дупчотини ОП-1 (Овчеполски басен) и КР-1 (Тиквешки басен) на територијата на Р. Македонија. Колекцијата на пронајдената и определена фораминиферна фауна во палеогените басени е претставена со 86 вида, кои се однесуваат на 48 родови и 34 фамилии.

Клучни зборови: бентосна и планктонска фораминиферна фауна, палеоген, басени.

ВОВЕД

За време на горна креда–палеоцен, после затварањето на Вардарскиот океан и колизните процеси (Ларамиска фаза), на просторот на Вардарската зона и Српско-Македонскиот масив, во услови на екстензија, се создадени континентални трогови во кои се таложеле палеогени моласни седименти.

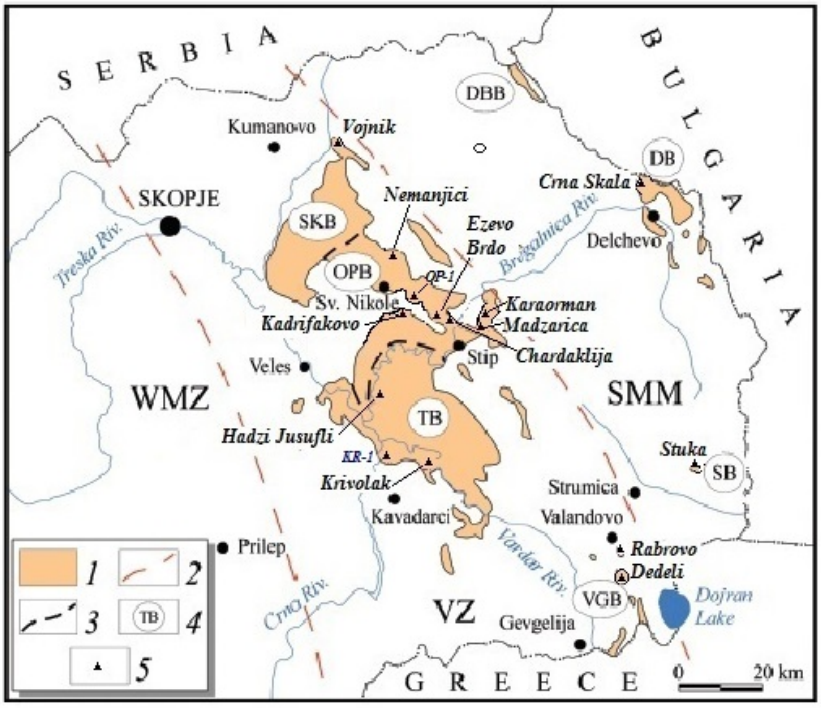
Во почетокот акумулацијата на палеогените седименти почнала со бракички контенентални теригени седименти и со постепеното продлабочување на средината седиментацијата се претварала во морска седиментација. По формирањето на еоценско-олигоценската седиментна маса, за време на горен олигоцен-миоцен, истата била зафатена со Пиринејската и Савската компресија, каде палеогената маса била дислоцирана, издигната, набрана, раседнувана и изложена на интезивна ерозија.

Палеогените седименти се широко распространети на територијата на Република Македонија, посебно во централниот и источниот дел, односно во Вардарската зона и Српско - Македонскиот масив, и покажуваат одредена литофацијална разновидност, како резултат на различни услови на седиментација во седиментационите басени (сл. 1).

Палеогените седименти се расчленети на горноеоценски-приабонски и долноолигоценски врз основа на бројни фосилни остатоци на гастроподи, ламелибранхиати, нумулити и корали (Maksimovič et al., 1954, Temkova, 1958; Mitrovič-Petrovič et al., 1990). Првите фораминиферни таксономски истражувања на палеогените седименти во Република Македонија се направени на крајот од 20-тиот век (Džuranov et al. 1999). Подоцна Стојанова врз основа на микрофосили (планктонски и бентосни фораминифери), ја потврдува горноеоценска – долноолигоценска старост на седиментите (Stojanova, 2008; Stojanova et al., 2011; Stojanova et al., 2012, Valchev et al, 2013) во басените на Македонија.

МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДИКА

Со микропалеонтолошко истражување на фораминиферната фауна на палеогените седименти се опфатени 13 карактеристични палеогенски профили на басените во Македонија, и две дупчотини ОП-1 (Овчеполски басен) и КР-1 (Тиквешки басен) (сл.1). 218 проби се анализирани и се добиени позитивни резултати за фораминиферна фауна Техничката обработка на материјалот од пробите е извршена по класичните методи на микропалеонтолошка анализа (распаѓање, промивање, сушење, одбирање и определување). Таксономските определувања се извршени со микроскоп-бинокулар Zeiss, со зголемување од 50-80 пати. Микрофотографиите на одбрани фораминиферни куќички се направени со електронски микроскоп JMS- 5510 – JEOL.



Слика 1. Распространение на палеогените седименти на територијата на Македонија

1- палеогени седименти, 2- тектонска граница: Српско-Македонски масив (SMM), Вардарска Зона (VZ), Западна Македонска Зона (WMZ), 3 - граница помеѓу басени, 4 - палеогени басени, 5 – профил

ЛИТОСТРАТИГРАФИЈА НА ПАЛЕОГЕНИТЕ БАСЕНИ ВО Р. МАКЕДОНИЈА

Според распространението, палеогенот во Р. Македонија може да се подели на 4 главни (покрупни) басени и неколку изолирани маси, најчесто сместени вдолж лушпи и навлаки со ориентација СЗ-ЈИ. Тоа се: Тиквешкиот, Овчеполскиот, Скопско-Кумановскиот и Делчевскиот басен, како главни басени, и неколку изолирани маси Деве Баирска, Валандово-Гевгелиска и Струмичка, сместени вдолж лушпи и навлаки со ориентација СЗ-ЈИ (сл. 1).

Општа карактеристика на палеогените наслаги е дека тие лежат трансгресивно преку сите постари формации, од прекамбриум до мезозоик, кои вдолж ободите на басените се претставени со конгломерати и песочници, додека во внатрешните делови се претставени со финозрнести седименти, лапорци и глини.

Литостратиграфската градба на палеогените седименти во поедините басени може да се анализира на голем број откриени профили. Извршено е и длабинско дупчење во Тиквешкиот и Овчеполскиот басен (до 2703 m).

Со литостратиграфски проучувања на палеогените седименти во басените на Р. Македонија се издвоени 5 суперпозициони литостратиграфски единици (литозони): базална литозона ($^1E_3$), долна флишна литозона ($^2E_3$), литозона на жолти песочници ($^3E_3$), горна флишна литозона ($^4E_3$) и карбонатно-песоклива литозона (Ol_1).

Литолошкиот состав, дебелината и просторните односи на овие литостратиграфски единици се дискутирани во неколку работи (Максимовиќ et al., 1954; Stojanova, 2008; Stojanova et al., 2011; Stojanova et al, 2012; Stojanova et al., 2013).

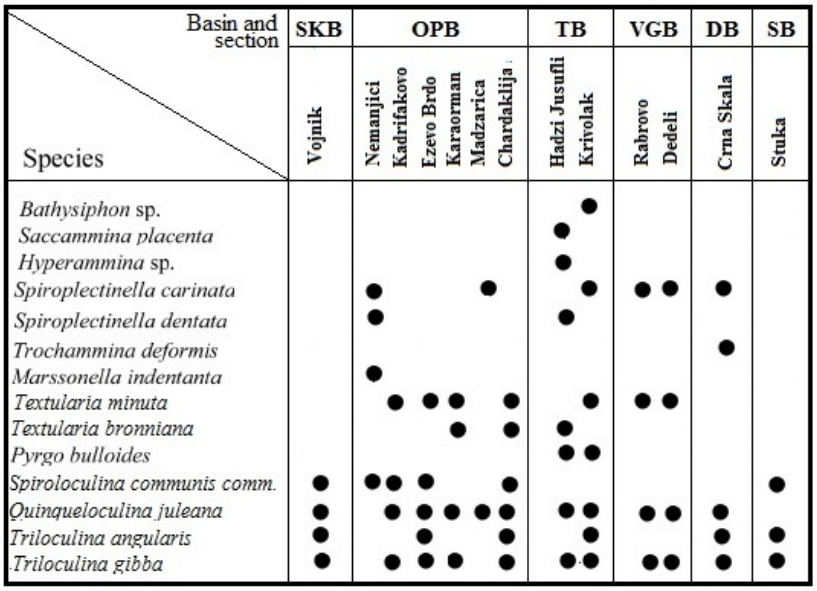
Вкупната дебелина на палеогените седименти (горен еоцен – олигоценот) се цени на околу 3 000 – 3 500 m (според некои сознанија дебелината достигнува до 4 000 m).

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Со микропалеонтолошко истражување се опфатени 13 откриени палеогенски профили: Војник (Скопско-Кумановски басен), Криволак и Хаџи Јусуфли (Тиквешки басен), Немањици, Кадрифаково, Ежево Брдо, Караорман, Мацарица и Чардаклија (Овчеполски басен), Раброво, и Дедели (Валандово-Гевгелиски басен), Црна Скала (Делчевски басен), Штука (Струмички басен) и две дупчотини ОП-1 (Овчеполски басен) и КР-1 (Тиквешки басен), при што се земени 218 примероци и добиени позитивни резултати за фораминиферната фауна (сл. 1). Примероците се земени од седиментите на горната флишна литозона, со исклучок на профилот Војник (Скопско-Кумановски басен) каде примероците се од седиментите на литозоната на жолти песочници.

Палеогените седименти во басените се развиени во флишна фација. Литолошките членови на истражуваните профили се претставени со седименти од горната флишна литозона и литозоната на жолтите песочници: глиновито-песокливи слоеви кои ритмично се сменуваат со песочници, алевролити, глини, лапорци и варовници. Со микропалеонтолошко истражување на палеогените седименти од басените е пронајдена богата и разновидна фораминиферна фауна претставена од бентосни и планктонски фораминифери.

Колекцијата на пронајдената и определена фораминиферна фауна во палеогенските басени е претставена со 86 вида, кои се однесуваат на 48 родови и 33 фамилии: Textulariidae Ehrenberg – 2 вида, Bathysiphonidae Avnimelech – 1 вид, Saccamminidae Brady -1 вид, Hippocrepinidae Rhumbler -1 вид**,** Spiroplectamminidae Cushman, – 3 вида**,** Trochamminidae Schwager - 1 вид, Eggerellidae Cushman **–** 1 вид**,** Hauerinidae Schwager – 4 вида, Spiroloculinidae Wiesner – 1 вид, Nodosariidae Ehrehberg – 2 вида, Vaginulinidae Reuss – 5 вида, Lagenidae Reuss – 2 вида, Polymorphinidae d'Orbigny – 2 вида, Ellipsolagenidae A. Silvestri – 1 вид, Glandulinidae Reuss – 1 вид, Bolivinidae Glaessner – 7 вида, Buliminidae Jones - 3 вида, Fursenkoinidae Loeblich and Tappan – 1 вид, Caucasinidae N. K. Bykova – 2 вида, Stilostomellidae Finlay – 1 вид, Bagginidae Cushman – 2 вида, Eponididae Hofker – 4 вида, Cibicididae Cushman – 6 вида, Nonionidae Schultze – 4 вида, Chilostomellidae Brady – 1 вид, Heterolepidae Gonzales–Donoso – 5 вида, Gavelinellidae Hofker – 1 вид, Rotaliidae Ehrenberg - 2 вида, Globigerinidae Carpenter, Parker, and Jones – 15 вида, Globorotaliidae Toumarkine and Bolli – 1 вид, Catapsydracidae Löeblich and Tappan – 1 вид.



Слика 2. Распространетост на аглутинирани и порцелановидни фораминиферни видови во палеогенските профили на Македонија

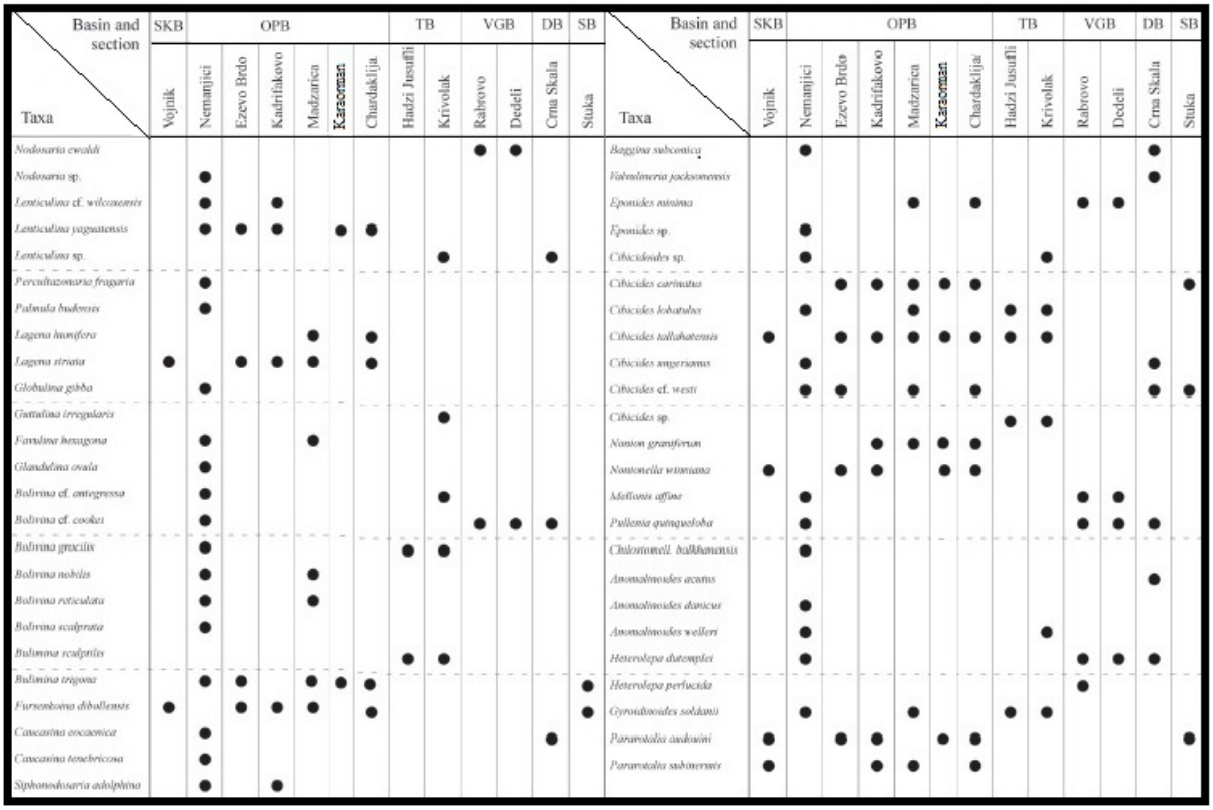
Систематската класификација на фораминиферната фауна во басените е направена по Loeblich & Tappan, 1988.

Пронајдените бентосни фораминифери се поразновидни, количински се доминантно застапени, и се претставени со голем број на родови и видови, кои имаат широко распространение во басените.

Бентосната фораминиферна асоцијација е претставена од типот на аглутинирани, поцелановидни и хиалилни видови, кои имаат истакнато висока таксономска разновидност, и застапеност во сите профили на басените.

Аглутинираните бентосни фораминиферни видови: *Bathysiphon sp.*, *Saccammina placenta* (Grzybowski), *Hyperammina sp*., *Spiroplectinella carinata* (d'Orbigny), *Spiroplectinella dentata* (Alth), *Trochammina deformis* Grzybowski, *Marssonella indentanta* (Cushman et Jarvis), *Textularia bronniana* (d'Orbigny), *Textularia minuta* Terquem, се застапени во Овчеполскиот, Тиквешкиот, Валандовско-Гевгелискиот и Делчевскиот басен (сл. 2).

Порцелановидните фораминиферни видови: *Pyrgo bulloides* (d'Orbigny), *Quinqueloculina juleana* d'Orbigny, *Triloculina angularis* d'Orbigny, *Triloculina gibba* d'Orbigny, се пронајдени во сите истражувани профили (сл. 2).



Слика 3. Распространетост на хиалилни фораминиферни видови во палеогенските профили на Македонија

Хиалилните фораминиферни видови: *Nodosaria ewaldi* Reuss, *Nodosaria* sp., *Lenticulina* cf. *wilcoxensis* (Cushman, Ponton), *Lenticulina yaguatensis* (Bermudez), *Lenticulina* sp., *Percultazonaria fragaria* (Gümbel), *Palmula budensis* (Hantken), *Lagena humifera* Bandy, *Lagena striata* (d'Orbigny), *Globulina gibba* d'Orbigny, *Guttulina irregularis* (d'Orbigny), *Favulina hexagona* (Williamson), *Glandulina ovula* d'Orbigny, *Bolivina* cf. *antegressa* Subbotina, *Bolivina* cf. *cookei* Cushman, *Bolivina gracilis* Cushman and Applin, *Bolivina nobilis* Hantken, *Bolivina reticulata* Hantken, *Bolivina scalprata* Schwager, *Bulimina sculptilis* Cushman, *Bulimina trigona* Terquem, *Fursenkoina dibollensis* (Cushman et Applin), *Caucasina eocaenica* Chalilov, *Caucasina tenebricosa* Pishvanova, *Siphonodosaria adolphina* (d'Orbigny), *Baggina subconica* (Terquem), *Valvulineria jacksonensis* Cushman, *Eponides minima*

Cushman, *Eponides* sp., *Cibicidoides* sp., *Cibicides carinatus* (Terquem), *Cibicides lobatulus* (Walker and Jakobs), *Cibicides tallahatensis* Bandy, *Cibicides ungerianus* (d'Orbigny), *Cibicides* cf. *westi* Howe, *Cibicides* sp., *Nonion graniferum* (Terquem), *Nonionella winniana* Howe, *Mellonis affine* (Reuss), *Pullenia quinqueloba* (Reuss), *Chilostomelloides balkhanensis* (Dain et Chalilov), *Anomalinoides acutus* (Plummer), *Anomalinoides danicus* (Brotzen), *Anomalinoides welleri* (Plummer), *Heterolepa dutemplei* (d'Orbigny), *Heterolepa perlucida* (Nuttall), *Gyroidinoides soldanii* (d'Orbigny), *Pararotalia audouini* (d'Orbigny), *Pararotalia subinermis* Bhatia имаат широко распространение во сите басени (сл. 3).

Присутните стратиграфски видови во опишаните профили на басените можат да се класифицираат на: видови распространети само во горниот еоцен, видови кои доаѓаат од пониските нивоа и се распространети до E_3, видови кои се појавуваат во E_3 и живеат подоцна до Ol, N. видови кои живееле порано од E_3 , неколку присутни видови кои живеат подоцна од еоценот.

Со анализа на стратиграфската положба на одделните таксони на бентосната фораминиферна фауна во басените може да се заклучи дека:

Хиалилните бентосни фораминифери во палеогенските профили имаат широко стратиграфско распространение (горна креда-миоцен) и стратиграфски значајни видови се оние кои имаат распространение само во горен еоцен. Додека аглутинираните и поцелановидните бентосни фораминиферни видови немат стратиграфско значење.

Појавата на *Bolivina cf. antegressa* Subbotina од бентосната фораминиферна асоцијација (тип-хиалилна) во профилите Немањици (Овчеполски басен) и Криволак (Тиквешки басен) овозможи да се идентификира една биостратиграфска подзона Bolivina antegressa која припаѓа на зоната Planulina costata зона (Bugrova, 1988), и се однесува на геолошка старост горен еоцен – приабонски кат (Stojanova et al., 2012).

Планктонската фораминиферна асоцијација количински е помалку застапена во однос на бентосната и е застапена со пет вида: *Globigerina officinalis* Subbotina, *Globoturborotalia ouachitaensis* (Howe and Wallace), *Globoturborotalia angulioffcinalis* (Blow), *Globoturborotalia gnaucki* (Blow and Banner) и *G. angulisuturalis* (Bolli) кои имаат распространение во басените (Овчеполски, Тиквешки, Скопско-Кумановски, Делчевски, Валандово-Гевгелиски). Од стратиграфската распространетост на планктонски видови од фораминиферната асоцијација: *Globigerina officinalis* Subb., *Globoturborotalia ouachitaensis* (Howe and Wallace), *Globoturborotalia angulioffcinalis* (Blow) и *Globoturborotalia gnaucki* (Blow et Banner) (зона P 16 до зона P 22) утврдена е долно олигоценска старост за горните нивоа на горната флишна литозона за профилот Немањици од Овчеполскиот басен (Stojanova et al., 2013).

Планктоските видови: *Globorotalia pseudoscitula* (Glaes) *Globigerina bulloides* d'Orbigny, *Globigerina corpulenta* Subbotina, *Globigerina eocaenica* Terquem, *Globigerina sp., Globigerina venezuelana* Hedberg, *Globigerina triloculinoides* Plummer, *Globigerina eocaena* Gümbel, *Turborotalia pomeroli* (Toumarkine & Bolli), *Globigerina officinalis* Subbotina, *Catapsydrax dissimilis* (Cushman & Bermudez), *Globigerinatheka tropicalis* (Blow & Banner), *Globigerina triloculinoides* Plummer and *Globigerinatheka index rubriformis* Subbotina се пронајдени во ОП-1 (Овчеполски басен) и КР-1 (Тиквешки басен) (сл. 4).

Податоците од дупчотините ОП-1 (Овчеполски басен) и КР-1 (Тиквешки басен), добиени со испитувања во периодот 1968-1970 година, поради новите сознанија беше неопходно, кај некои од определените планктонски фораминиферни видови да биде извршена реинтерпретација.

Врз основа на резултатите од стратиграфското распространение на планктонските фораминиферни видови во дупчотините ОП-1 (Овчеполски басен) и КР-1 (Тиквешки басен), е идентификирана една конкурентна биостратиграфска зона *Catapsydrax dissimilis* - *Globigerinatheka tropicalis* (Toumarkine & Bolli, 1985).

Биостратиграфската зона *Catapsydrax dissimilis – Globigerinatheka tropicalis* се карактеризира со вид – конкурентна зона, односно зона на вертикално распространение на истовремено среќавање на првото појавување на видот *Catapsydrax dissimilis*, до последното исчезнување на

видот *Globigerinatheka tropicalis,* (припаѓа на зоната P 15 до P 17) и се однесува за геолошка старост горен еоцен-приабонски кат (Stojanova, 2008).

Species \ Basin and section	SKB	OPB				TB			VGB		DB
	Vojnik	Nemanjici	Kadrifakovo	Karaorman	OP-1	Hadzi Jusufli	Krivolak	KR-1	Rabrovo	Dedeli	Crna Skala
Globigerina officinalis		●	●	●	●			●			
Globigerina triloculinoides					●			●			
Globigerina sp.					●			●			
Globigerina venezuelana					●			●			
Globigerina bulloides					●			●			
Globigerina corpulenta					●			●			
Globigerina eocaena					●			●			
Globigerina eocaenica								●			
Globorotalia pseudoscitula					●			●			
Globoturborotalia anguliofficinalis	●	●				●	●		●	●	●
Globoturborotalia angulisuturalis		●									
Globoturborotalia gnaucki		●									
Globoturborotalia ouachitaensis		●							●	●	
Globigerinatheka tropicalis					●			●			
Globigerinatheka index rubriformis					●			●			
Turborotalia pomeroli					●			●			
Catapsydrax dissimilis					●			●			

Слика 4. Распространетост на планктонски фораминиферни видови во палеогенските профили на Македонија

Period	Epoch	Standard Stages		Ovče Pole Paleogene basin / Tikveš Paleogene basin: Planktonic foraminiferal zones (Toumarkine Bolli, 1985)		Benthic foraminiferal zones (Bugrova, 1988)	
PALEOGENE	OLIGOCENE	LOWER	RUPELIAN	P 20			
				P 19			
				P 18			
	EOCENE	UPPER	PRIABONIAN	P 17	*Catapsydrax dissimilis - Globigerinatheka tropicalis concurrent zone*	*Planulina costata*	*Bolivina antegressa Subzone*
				P 16			
				P 15			
		MIDDLE	BARTONIAN	P 14			
				P 13			

Слика 5. Корелација на бентосни фораминифери зони (B) со планктонски фораминифери зони (P) во Овчеполскиот и Тиквешкиот басен

Ако се корелираат зоните издвоени врз основа на бентосни фораминифери *Planulina costata* (Бургова, 1988) и зоната по планктонски фораминифери *Catapsydrax dissimilis – Globigerinitatheka tropicalis* (Toumarkine & Bolli, 1985) која припаѓа на P 15 до P17 за Овчеполскиот и Тиквешкиот басен, може да се заклучи дека резултатите според зоналноста по бентосни и планктонски фораминифери се совпаѓаат, и седиментите од горната флишна литозона припаѓаат на горен еоцен – приабонски кат (сл. 5).

ЗАКЛУЧОК

Асоцијацијата на бентосни и планктонски фораминифери пронајдени во одделни (Овчеполски и Тиквешки) басени овозможи да се идентификира една биостратиграфска зони *Catapsydrax dissimilis – Globigerinatheka tropicalis* (Toumarkine & Bolli,1985) и една биостратиграфска подзона *Bolivina antegressa* од зоната *Planulina costata* (Bugrova, 1988) значајни за геолошката старост на овие басени.

Големиот број од определената фораминиферна фауна се одликува со заеднички форми во одделните палеогени басени. Заедничката фораминиферна фауна во палеогените басени на Македонија укажува на сличните биономски услови и постоење на врски помеѓу овие басени за време на таложењето на седиментите.

ЛИТЕРАТУРА

Bugrova E.M., 1988: Zonal subdivision of the south USSR on benthic foraminifers. Acad. Sci. of the USSR, 300, 1, 169-171 (in Russian).

Dumurdzanov, N., T. Serafimovski, B. C. Burchfiel, 2005: Cenozoic tectonics of Macedonia and its relation to the South Balkan extensional regime. – Geosphere, 1, 1, 1–22.

Džuranov, S., V. Tuneva, N. Dumurdžanov, 1999: Microforaminifera findings near the village of Čardaklija in the Ovče Pole Paleogene basin, Republic of Macedonia. – Geologica Macedonica, 13, 55–68.

Grünig, A., 1985: Systematical description of Eocene benthic foraminifera of Possagno (Northern Italy), Sansoain (Northern Spain) and Biarritz (Aquitaine, France). – Mém.Sci. Géol., 37, 251–302.

Kaasschieter, J., Foraminifera of the Eocene of Belgium.. Inst. Royal Sc. Nat. Belg., Mem. 1961, 47, 271 p.

Löeblich A., Tappan H., 1988: Foraminiferal genera and their Classification: plates New York, Van Nostrand Reingold, 900 p.

Maksimovič, B., B. Sikošek, O. Markovič, M. Veselinovič, 1954: Geološki sastav i tektonska struktura jednog dela Ovceg Polja i Tikveša sa paleontološkom dokumentacijom.– Trudovi na Geološki Zavod na NRM, 4, Skopje, 1–177 (in Macedonian).

Mitrovič-Petrovič, J., T. Ljubotenski, M. Pavlovič. 1990: Paleogeni ehinidi Istočne Makedonje.– In: XII Kongresna geolozi na Jugoslavija, Ohrid, kn. 1, 369–377 (in Macedonian).

Stojanova, V., 2008: Evolution and stratigraphy of the Paleogene in the territory of the Republic of Macedonia. PhD Thesis, Štip, 196 pp. (in Macedonian).

Stojanova, V., Petrov G., Stefanova V. 2011: Small foraminifers from the Paleogene basins in the Republic of Macedonia. *Proc. Nat. Sci. Conf. "Geosciences 2011"*, Bulg. Geol. Soc., Sofia, 93–94.

Stojanova, V., G. Petrov, V. Stefanova, 2012: Biostratigraphy of the Ovce Pole Paleogene basin, R. Makedonija. – Geologica Macedonica, 26, 2, 53–63.

Stojanova, V., B. Valchev, S. Juranov, 2013: Paleogene planktonic foraminifera of the Republic of Macedonia. – C. R. Acad. Bulg. Sci., 66, 5, 717–724.

Temkova V., 1958. Paleontološka obrabotka na faunata vo Tikveškiot basen i okolinata. Trudovi na Geološki zavod na NRM, 6, p. 93 - 123, Skopje.

Toumarkine M., Luterbacher H., 1985: Paleocene and Eocene planktic foraminifera. In: Bolli, H.& (Eds.) "Plankton stratigraphy", Cambridge Univ. Press, 87-154.

Valchev, B., V. Stojanova, S. Juranov, 2013: Paleogene hyaline benthic foraminifera (LAGENINA and ROTALIINA) from the Republic of Macedonia. – Rev. Bulg. Geol. Soc., 74, 1-3, 81–110.

Čanovič M. 1969: Rezultati od mikropaleontoloških ispitivanja sedimentne serije u bušotini Ovče Polje-1 (Makedonija). Nafta Gas. Novi Sad.

Čanovič M., 1969: Mikrobiostratigrafsko proučavanje sedimentne serije u profilu bušotini Kurjačka reka - 1 (Makedonija). Nafta Gas. Novi Sad.

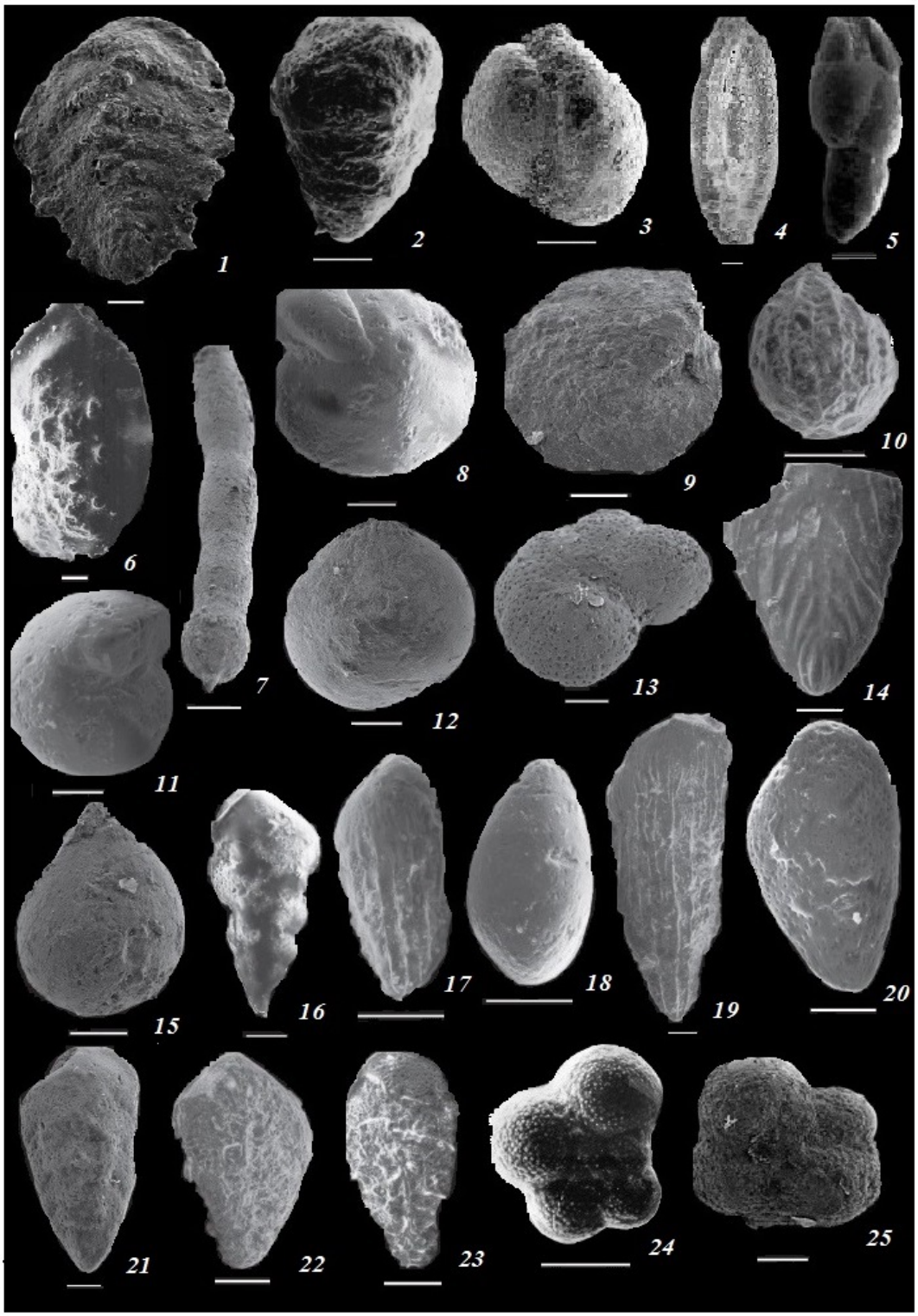


ТАБЛИЦА 1. *Spiroplectinella carinata* SEMx120; **2.** *Marssonella indentanta* SEM×200; **3.** *Triloculina angularis* SEMx180**; 4.** *Quinqueloculina juleana* SEMx137; **5.** *Caucasina eocenica* SEMx240; **6.** *Percultazonaria fragaria* SEMx110; **7.** *Nodosaria ewaldi* SEMx65; **8.** *Lenticulina cf. wilcoxensis* SEMx340; **9.** *Lenticulina* sp. SEMx180; **10.** *Favulina hexagona* SEMx340; **11.** *Cibicides ungerianus* SEMx160**; 12.** *Globulina gibba* SEMx170; **13.** *Anomalinoides welleri* SEMx190; **14.** *Palmula budensis* SEMx180; **15.** *Guttulina irregularis* SEMx200; **16.** *Bolivina gracilis* SEMx185**; 17.** *Bolivina nobilis* SEMx325; **18.** *Glandulina ovula* SEMx400; **19.** *Bolivina cf. antegressa* SEMx140; **20, 21.** *Bolivina cf. cookie* 20 - SEMx130, 21- SEMx250; **22.** *Bolivina reticulata* SEMx250; **23.** *Bolivina scalprata* SEMx250; **24.** *Globoturborotalia gnaucki* SEM×325; **25.** *Globoturborotalia angulioffcinalis* SEMx 220; Scale bar-100 μm.

Посебно издание на
Geologica Macedonica, No.4

МАКЕДОНСКО ГЕОЛОШКО ДРУШТВО

ТРЕТ КОНГРЕС
на
Геолозите на Република Македонија

ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ
-КНИГА 2-

Уредници:
Лепиткова, С. & Боев, Б.

Струга, 2016

Посебно издание на
Geologica Macedonica,№ 4

МАКЕДОНСКО ГЕОЛОШКО ДРУШТВО

ТРЕТ КОНГРЕС
на
Геолозите на Република Македонија

ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ

-КНИГА 2-

Уредници:
Лепиткова, С. & Боев, Б.

Струга, 2016

Издавач: Македонско геолошко друштво

Главни и одговорни уредници: Проф. д-р Соња Лепиткова и
Проф. д-р Блажо Боев

Уреднички одбор: Проф. д-р Тодор Серафимовски (Р.Македонија), Проф. д-р Блажо Боев (Р.Македонија), Acad. Prof. Vladimir Bermanec PhD (Croatia), Акад. проф д-р Владица Цветковиќ (Србија), Acad. prof. Ivan Zagorchev PhD (Bulgaria), Prof. Tadej Dolenec PhD (Slovenia), Prof. David Alderton PhD (Great Britain), Prof. Wolfgang Todt PhD (Germany), Акад. проф. д-р Николај С. Бортников (Русија), Prof. Clark Burchfield PhD (USA), Prof. Thierry Auge PhD (France), Проф. д-р Тодор Делипетров (Р.Македонија), Проф. д-р Милорад Јовановски (Р.Македонија), Проф. д-р Споменко Михајловиќ (Србија), Проф. д-р Драган Миловановиќ (Србија), Проф. д-р Дејан Прелевиќ (Germany), Prof. Albrecht von Quadt (Switzerland) PhD.

Технички уредник: Доц. д-р Игор Пешевски

Печати: Печатница "2-ри Август С"-Штип

Тираж: 300 примероци

Организационен одбор на Третиот Конгрес на Геолозите на Република Македонија

Претседател: Проф. д-р Соња Лепиткова
Секретар: д-р Златко Илијовски

Технички секретар: Доц. д-р Игор Пешевски

Членови: Проф. д-р Блажо Боев
Проф. д-р Тодор Серафимовски
Проф. д-р Милорад Јовановски
Проф. д-р Орце Спасовски
Проф. д-р Војо Мирчовски
д-р Коста Јованов
м-р Флорент Чиче
Кирил Филев

Финансиска подршка:

ДПТУ „Бучим“ ДОО-Радовиш
АДОРА ИНЖЕНЕРИНГ ДООЕЛ – Скопје
Рудник “САСА” ДООЕЛ – Македонска Каменица
Градежен Институт „Македонија“ АД – Скопје
ГЕИНГ Кребс унд Кифер Интернешнл и др. ДОО – Скопје
„Мермерен комбинат“ АД – Прилеп
Простор ДОО – Куманово
„Геохидроконсалтинг“ ДООЕЛ – Скопје
„Геохидроинженеринг“ ДООЕЛ – Скопје
Хидроинженеринг ДООЕЛ– Битола
Градежен факултет – Скопје, Катедра за геотехника
„ГЕОМАП“ ДОО – Скопје
БУЛМАК ГРУП ДООЕЛ – Скопје
ЕУРОМАКС РЕСОУРЦЕС ДОО – Скопје
САРДИЧ МЦ ДООЕЛ – Скопје
МАРКОВСКИ КОМПАНИ БОРЧЕ ДООЕЛ – Битола
DIWI Македонија ДООЕЛ – Скопје
ВАРДАРГРАДБА ДОО – Скопје

ПРЕДГОВОР

Геологијата како природна фундаментална наука има незаменливо значење за општеството и е оној камен темелник на кој се засновани голем број гранки од инженерството и индустријата.

Нејзиното значењето кај нас е многу јасно препознаено уште во далечната 1944 година, кога со одлука на Президиумот на АСНОМ е формиран Геолошкиот институт на НРМ, прва македонска геолошка институција.

Денес Македонското геолошко друштво како еден од главните промотори на геолошката наука во нашата земја, е пред нов предизвик, организирањето на Третиот Конгрес на геолозите на Република Македонија.

Организациониот и Научниот одбор на Третиот Конгрес, имајќи ја предвид долгата традиција на геолошката наука, но истовремено согледувајќи го актуелниот момент, одлучија носечките теми на Конгресот да бидат поврзани со:

- Геологијата и општеството,
- Фундаменталната геологија и
- Геологијата и економијата.

За овие теми во овој Зборник се публикувани вкупно 105 оригинални научни трудови, кои се подготвени од преку 350 автори и коавтори од поголем број на земји. Низ трудовите се елаборирани резултати од вредни и долготрајни истражувања на нашите и странските инженери и научни работници.

Од пристигнатите трудови може да се забележи поврзаноста на традиционалните истражни методи и примената на нови современи технологии и алатки при геолошките проучувања, вклучувајќи најсовремени теренски и лабораториски инструментални методи, системи за обработка, чување на податоци и следење на параметрите на животната средина. Се надеваме, дека прикажани ставови, размислувања и резултати ќе ги зацврстат досегашните знаења, и ќе се поттикнат идеи за значајни нови истражувања.

Затоа, Организациониот одбор искрено им се заблагодарува на сите автори, учесници и помагачи на Конгресот, кои сите заедно со пожртвуваноста овозможија овој Зборник да биде нешто со кое сите ќе се гордееме.

PREFACE

Geology as a natural and fundamental science is of great importance for the society and it is the foundation of many engineering and industry branches.

Its' importance in our country was clearly recognized in 1994, when the presidium of ASNOM reached a decision to establish a Geological institute of NRM, the first Macedonian geological institution.

Nowadays, the Macedonian geological society as one of the main promoters of the geological science in our country, has accepted a new challenge, the organization of the Third Congress of Geologists of Republic of Macedonia.

The Organizing and scientific committees of the Third congress, given the long tradition of the geological science, at the same time looking at its' current state, has decided that the main topics of the Congress are related to:

- Geology and society
- Fundamental geology and
- Geology and economy

There is a total of 105 original scientific papers published in these Proceedings, prepared by over 350 authors and coauthors from number of countries for these proceedings. Results from valuable and long investigations of our and the foreign engineers and scientific workers have been elaborated through the papers.

From the papers, it could be noted that there is a strong connection between the traditional investigation methods and the new contemporary technologies and tools in geological explorations, including the latest field and laboratory instrumental methods, systems for processing and data storage, and monitoring environmental parameters. We hope that, the presented views, considerations and results will strengthen the existing knowledge, and will encourage ideas for new significant research.

Therefore, the Organizing Committee would like to sincerely thank all the authors, participants and supporters of the Congress, who along with their devotion helped making us all proud of this Proceedings book.

Претседател на Организационен Одбор	**President of Organizing Committee**

Проф. д-р Соња Лепиткова

КНИГА 1
СОДРЖИНА
CONTENTS

1. Геологијата и Општеството

КЛИМАТСКИТЕ ПРОМЕНИ И ДОКАЗИТЕ ВО ГЕОЛОШКИТЕ ЗАПИСИ НА ПРИМЕРИТЕ НА НАЈГОЛЕМИТЕ МАСОВНИ УНИШТУВАЊА НА ВРСТИТЕ (P-T ГРАНИЦА, K-T ГРАНИЦА)
Блажо Боев *1*

ГЕОЛОШКИ ЗАВОД НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА
Костадин Јованов *17*

СОСТОЈБА И НАТАМОШЕН РАЗВОЈ НА ОСНОВНИТЕ ГЕОЛОШКИ ИСТРАЖУВАЊА ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА
Новица Столиќ *23*

РЕАЛИЗАЦИЈА НА ГЕОПРОСТОРНИ МРЕЖНИ УСЛУГИ ВО РАМКИТЕ НА ГЕОИНФОРМАЦИОНИОТ СИСТЕМ НА ГЕОЛОШКИОТ ЗАВОД НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА
Лука Јовичиќ *33*

THE METHODOLOGY AND CONCEPTION OF DEVELOPING GEOLOGICAL MAP (GK-50) OF REPUBLIC SERBIA AND SYNTHESIS OF GEOLOGICAL FORMATIONS AFTER FINISHED SHEETS
Rodoljub Gajić, Divna Jovanović, Dejan Barjaktarović, Petar Stejić, Mihailo Pandurov *43*

ПОДЕЛБА И НОМЕНКЛАТУРА НА ОСНОВНИТЕ ГЕОЛОШКИ КАРТИ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА
Новица Столиќ *47*

ТРАНСФОРМАЦИЈА НА ОДНОСОТ ПОМЕЃУ ГЕОИНЖЕНЕРИТЕ И ДОНОСИТЕЛИТЕ НА ОДЛУКИ ПРИ УРБАНОТО ПЛАНИРАЊЕ (COST ACTION TU1206 SUB-URBAN)
Игор Пешевски, Diarmad Campbell, Милорад Јовановски *55*

INTERPRETING GROUNDWATER CHARACTER FROM FLOOD PULSES AND ARTIFICIAL TRACER TEST-A CASE STUDY OF THE SLATINSKI IZVOR SPRING (REPUBLIC OF MACEDONIA)
Biljana Gičevski, Metka Petrič, Janja Kogovšek *67*

CROSS-CORRELATION ANALYSES OF KARST SPRING DISCHARGES
Marina Čokorilo Ilić, Vesna Ristić Vakanjac, Saša Milanović, Ljiljana Vasić, Kostadin Jovanov, Radisav Golubović *77*

AUTOCORRELATION ANALYSES OF KARST SPRING DISCHARGE REGIMES
Vesna Ristić Vakanjac, Saša Milanović, Marina Čokorilo Ilić, Kostadin Jovanov, Ljiljana Vasić *85*

ИЗРАБОТКА НА АЖУРИРАНА ХИДРОГЕОЛОШКА КАРТА НА МАКЕДОНИЈА 1 : 300 000
Златко Илијовски *93*

DETERMINATION OF SUBSURFACE THERMAL PROPERTIES FOR HEAT PUMP UTILIZATION IN CROATIA
Staša Borović, Kosta Urumović, Josip Terzić *105*

ХИДРОГЕОЛОШКИ ИСТРАЖНИ РАБОТИ НА ПОДЗЕМНА ВОДА И ИЗВЕДБА НА БУНАРСКИ СИСТЕМ ЗА ПОТРЕБИ НА СИСТЕМОТ ЗА КЛИМАТИЗАЦИЈА НА ОБЈЕКТОТ „НОВА БОЛНИЦА ФИЛИП ВТОРИ“ – СКОПЈЕ
Стојан Михаиловски, Златко Илијовски *111*

ХИДРОГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ И ПРОГНОЗА НА ПРИЛИВ НА ВОДИ ВО РУДНИК ЗА ЈАГЛЕН „СУВОДОЛ“-БИТОЛА
Костадин Јованов, Весна Ристиќ Вакањац *121*

ЗАШТИТА НА РУДНИКОТ ЗА ПОВРШИНСКА ЕКСПЛОАТАЦИЈА „БРОД - ГНЕОТИНО“ ОД ПОДЗЕМНИ ВОДИ
Розета Јанкова, Сандо Донев, Александар Мурџовски *127*

ХИДРОГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ПОЛИМЕТАЛИЧНОТО НАОЃАЛИШТЕ ЛУКЕ - КРИВА ПАЛАНКА
Ласте Ивановски, Војо Мирчовски, Ѓорѓи Димов, Виолета Стефанова, Силвана Пешовска *135*

ИСТРАЖУВАЊА НА ПЕТРОТЕРМАЛНА ЕНЕРГИЈА НА ЛОКАЛИТЕТОТ КРАТОВСКО ЗЛЕТОВСКА ОБЛАСТ
Силвана Пешовска, Новица Столиќ, Димитар Петров, Маринко Ефтимов *145*

СЛЕДЕЊЕ НА КВАЛИТЕТОТ НА ПОВРШИНСКИТЕ ВОДИ ВО ОКОЛИНАТА НА ИДНИОТ РУДНИК „ИЛОВИЦА-ШТУКА“
Драги Пелтечки, Вера Ѓоргиева, Теодора Стојанова, Љубица Панова *155*

ХИДРОГЕОЛОШКИ ИСТРАЖУВАЊА ЗА ОБЕЗБЕДУВАЊЕ НА ПОТРЕБНИТЕ КОЛИЧИНИ НА ПОДЗЕМНА ВОДА ЗА ВОДОСНАБДУВАЊЕ НА СЕЛО ОРЕЛ, ОПШТИНА СВЕТИ НИКОЛЕ
Орџе Спасовски, Даниел Спасовски *163*

SAMPLING AND CHARACTERIZATION OF RIVERINE SUSPENDED PARTICULATE MATERIAL (SPM): THE SAVA RIVER (CROATIA)
Neda Vdović, Mavro Lučić, Niko Bačić, Nevenka Mikac *169*

BIOACCESSIBILITY AND BIOAVAILABILITY OF POTENTIALLY TOXIC ELEMENTS IN HEALING MUD
Hana Fajković, Esad Prohić, Ivan Nemet, Sanda Rončević, Dražen Kurtanjek, Ana Rosandić *171*

МОНИТОРИНГ НА ПОДЗЕМНИТЕ ВОДНИ ТЕЛА ВО РЕЧНИОТ СЛИВ НА РЕКА БРЕГАЛНИЦА
Розета Јанкова, Сандо Донев *173*

ХИДРОГЕОЛОШКИ ИСТРАЖУВАЊА ЗА ОБЕЗБЕДУВАЊЕ НА ПОДЗЕМНА ВОДА ЗА ПОТРЕБИТЕ НА „СКИ ЦЕНТАР ВОДНО“
Никола Димов, Марко Марков, Владимир Костовски *183*

LEVEL CHANGE IN VRGORAC LAKE - RESULT OF NEOTECTONIC SUBSIDENCE AND INTENSIVE SEDIMENT EROSION
Hrvoje Posilović, Lidija Galović *189*

VERIFICATION OF CATCHMENT SIZE USING THE WATER BALANCE EQUATION
Vesna Ristić Vakanjac, Veljko Marinović, Zoran Nikić, Dušan Polomčić, Marina Čokorilo Ilić, Dragoljub Bajić *191*

FROM LANDSLIDE INVENTORY TO LANDSLIDE RISK ASSESSMENT: METHODOLOGY, CURRENT PRACTICE AND CHALLENGES
Miloš Marjanović, Uroš Đurić *199*

ВЛИЈАНИЕТО НА СВЛЕЧИШТАТА ВО ПК “СУВОДОЛ”- МИКРОЛОКАЦИЈА 7 НА КВАЛИТАТИВНИТЕ ПАРАМЕТРИ НА ПРЕОСТАНАТИОТ ЈАГЛЕН ВО ИСТОИМЕНАТА МИКРОЛОКАЦИЈА
Љупчо Петрески, Анита Мартиновиќ, Елизабета Митревска *209*

DATA ABOUT LANDSLIDES: ACQUISITION, EDITING, USABILITY AT GEOLOGICAL SURVEY OF SLOVENIA
Špela Kumelj *217*

THE PREVENTIVE AND URGENT ACTIVITIES TO AVOID LANDSLIDE CONSEQUENCES - CASE STUDYOF VOGOSCA MUNICIPALITY DURING THE PERIOD OF FLOODS IN BOSNIA AND HERZEGOVINA IN MAY 2014-
Toni Nikolić, JasminkaNikolić *223*

ENGINEERING GEOLOGICAL MODEL OF LANSLIDE DRAGODAN
Željko Miklin, Kosta Urumović, Josip Terzić, Josip Halamić, Tomislav Novosel *229*

REMEDIATION OF SMALL LANDSLIDES AS EMERGENCY MEASURES FOR THE PRESERVATION OF STABILITY OF THE TERRAIN
Nedjo Djuric, Dijana Djuric *237*

POTOŠKA PLANINA LANDSLIDE (NW SLOVENIA)
Tina Peternel, Marko Komac *243*

САНАЦИЈА НА ОДРОНЕТ ДЕЛ ОД ТУНЕЛ„ПРЕСЕКА“ НА СТАЦ. КМ 20+250, ДЕЛ ОД АВТОПАТ КИЧЕВО-ОХРИД
Моме Милановски, Стојанче Николов, Антонио Костов, Бојан Јаневски *249*

ОСИГУРУВАЊЕ НА НЕСТАБИЛЕН БЛОК НАД ЗАТВАРАЧНИЦА НА ХЕЦ „СВЕТА ПЕТКА“
Моме Милановски, Бојан Јаневски, Аџо Велевски *259*

ЗНАЧЕЊЕ НА ИНЖЕНЕРСКОГЕОЛОШКИТЕ КАРАКТЕРИСТИКИ И ГЕОТЕХНИЧКИ УСЛОВИ ЗА ИЗВЕДБА НА КОСИНИ
Орце Петковски, Ванчо Ангелов, Ласте Ивановски *265*

ИНЖЕНЕРСКО-ГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НАТЕРЕНОТ НА ВОДОЗАФАТОТ ЗА ИЗГРАДБА НА МАЛАХИДРОЕЛЕКТИРЧНА ЦЕНТРАЛА НА КЛЕПАЛСКА РЕКА – БЕРОВО
Соња Паунова, Војо Мирчовски, Ѓорги Димов *273*

ФИЗИЧКО - МЕХАНИЧКИ КАРАКТЕРИСТИКИ КАЈ ПОЗНАЧАЈНИ НАОЃАЛИШТА НА ГРАДЕЖНО - ТЕХНИЧКИ КАМЕН ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА
Љупче Ефнушев, Зоран Панов, Ѓорѓи Димов *283*

СТЕРЕОГРАФСКА АНАЛИЗА НА ПЛАНАРНИТЕ И РУПТУРНИТЕ СТРУКТУРИ НА ИСТОЧНОТО КРИЛО НА БРЖДАНСКАТА АНТИКЛИНАЛА ВРЗ ОСНОВА НА ГЕОТЕХНИЧКИТЕ ИСТРАЖУВАЊА ЗА ЖЕЛЕЗНИЧКА ПРУГА, КОРИДОР VIII, ДЕЛНИЦА КИЧЕВО – ЛИН (Р. АЛБАНИЈА)
Игор Митев, Александар Мурџовски, Сашо Георгиевски *289*

2. Фундаментална Геологија

GEOCHRONOLOGICAL DATA FROM SOME CAVES IN MACEDONIA AND THEIR CONTRIBUTION TO THE UNDERSTANDING OF THE REGIONAL GEOLOGICAL EVOLUTION
Marjan Temovski *297*

ОДРЕДУВАЊЕ НА АПСОЛУТНАТА СТАРОСТ НА МАГМАТСКИТЕ КАРПИ ОД ОГРАЖДЕНСКИОТ МАСИВ
Емил Петрушев, Новица Столиќ *307*

LITHO-, BIO- AND CHEMOSTRATIGRAPHIC METHODS IN STRATIGRAPHY: SOME EXAMPLES FROM THE DINARIDES (CROATIA AND SLOVENIA)
Dunja Aljinović, Tea Kolar-Jurkovšek, Bogdan Jurkovšek, Duje Smirčić *313*

POSTOROGENIC INTERPLAY OF TECTONIC AND MAGMATIC PROCESSES WITHIN THE INTERNAL DINARIDES
Ana Mladenović, Vladica Cvetković, Branislav Trivić *317*

CHARACTERISTICS OF MIDDLE TRIASSIC VOLCANICLASTIC DEPOSITS IN THE EXTERNAL DINARIDES (CROATIA AND BOSNIA AND HERZEGOVINA)
Duje Smirčić, Dunja Aljinović, Vesnica Garašić, Tea Kolar-Jurkovšek, Uroš Barudžija, Hazim Hrvatović, Bogdan Jurkovšek *319*

VOLCANOLOGY OF KOZUF MOUNTAIN IN THE REPUBLIC OF MACEDONIA
Blazo Boev, Ivan Boev, Sonja Lepitkova *323*

SEDIMENTOLOGY AND BIOSTRATIGRAPHY OF THE CAMPANIAN-MAASTRICHTIAN CALCICLASTIC TURBIDITIES FROM THE LJIG AREA (CENTRAL PART OF THE VARDAR ZONE)
Violeta Gajić, Milena Dunčić, Nebojša Vasić, Vladislav Gajić *335*

RECONSTRUCTION OF PALAEOENVIRONMENT DURING QUATERNARY SEDIMENTATION IN THE VRGORAČKO POLJE
Lidija Galović, Hrvoje Posilović, Petar Stejić, Mihajlo Pandurov, Rodoljub Gajić *339*

A MONOSPECIFIC ASSEMBLAGE OF A NEW GIANT RHYNCHONELLIDE BRACHIOPOD FROM THE MIDDLE JURASSIC OF EASTERN SERBIA
Barbara V. Radulović, Michael R. Sandy, Wagih Ayoub-Hannaa, Peter Schaaf, Vladan J. Radulović *343*

PALEOECOLOGICAL CHARACTER OF ASIAN CLAMS IN ESTIMATES OF THE ANTHROPOGENOUS EFFECT ON RECENT ECOSYSTEMS
Barbara Radulović, Draženko Nenadić, Slobodan Knežević, Momir Paunović, Katarina Bogićević *347*

SQUAMATE REMAINS FROM THE EARLY AND MIDDLE PLEISTOCENE SREM SERIES IN THE MUTALJ QUARRY (BEOČIN, NORTHERN SERBIA)
Dragana Đurić, Katarina Bogićević, Draženko Nenadić *351*

SMALL MAMMALS FROM THE VELIKA AND MALA BALANICA CAVES (NIŠ, SOUTHERN SERBIA)
Katarina Bogićević, Draženko Nenadić, Dušan Mihailović *357*

ФОРАМИНИФЕРНА ФАУНА ОД ПАЛЕОГЕНИТЕ СЕДИМЕНТИ НА ТЕРИТОРИЈАТА НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА
Виолета Стојанова, Гоше Петров, Крсто Блажев *361*

КНИГА 2
СОДРЖИНА
CONTENTS

2. Фундаментална Геологија

PETROLOGICAL CHARACTERISTICS OF CLASTIC SEDIMENTARY ROCKS IN SV. BARBARA MINE IN RUDE NEAR SAMOBOR, SAMOBORSKA GORA MT.
Šime Bilić, Vesnica Garašić *369*

PETROLOGY OF GNEISSES FROM THE VRŠAC MOUNTAINS
Dragan Milovanović, Danica Srećković-Batoćanin, Emin Memović *371*

МИНЕРАЛОШКО – ПЕТРОГРАФСКИ И ХЕМИСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ГРАНИТОИДНИТЕ КАРПИ ОД ЛОКАЛИТЕТОТ ПЕШТАНИ, ЗАПАДНА МАКЕДОНИЈА
Сашо Стојков, Даниел Спасовски, Орце Спасовски *373*

МИНЕРАЛОШКО-ПЕТРОГРАФСКИ И ГЕОХЕМИСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА СКАРНОВИТЕ ОД НАОЃАЛИШТЕТО ИБЕРЛИ
Кика Шпритова *379*

GARNET-ANDALUSITE/SILLIMANITE-BIOTITE XENOLITHS FROM THE DACITE OF SLAVKOVICA (LJIG, SW SERBIA)
Nada Vasković, Danica Srećković – Batoćanin, Suzana Erić, Vesna Matović *389*

BLADED QUARTZ TEXTURE AND ITS RELATIONSHIP TO ELECTRUM MINERALIZATION IN THE EOCENE, LOW-SULFIDATION KUKLITSA GOLD DEPOSIT, SE BULGARIA PRELIMINARY DATA
Irina Marinova, Elena Tacheva *393*

ASSOCIATION OF OXIDE MINERALS – CONCENTRATORS OF CHALCOPHILE ELEMENTS (Pb, Zn, Sb) FROM THE "MIXED SERIES" NEAR NEŽILOVO VILLAGE, MACEDONIA
Simeon Jancev, Nikita V. Chukanov, Vera N. Ermolaeva *401*

LORANDITE AND ORPIMENTE FROM EDIT-25 NORTH PART OF ALSHAR DEPOSIT
Ivan Boev, Blazo Boev *405*

NEW INVESTIGATIONS ON DUNJE PEGMATITE, MACEDONIA I: THE CONTRIBUTION TO THE KNOWLEDGE ABOUT ALKALI FELDSPARS AND ITS MINERAL PARAGENESIS
Vladimir Zebec, Snježana Mikulčić Pavlaković, Marin Šoufek, Blažo Boev, Ivan Boev, Vladimir Bermanec *413*

NEW INVESTIGATIONS ON DUNJE PEGMATITE, MACEDONIA II: RELATION TO HOST METAMORPHIC ROCKS AND ADJACENT GRANITE INTRUSIONS
Nenad Tomašić, Andrea Čobić, Blažo Boev, Ivan Boev, Vladimir Bermanec *417*

MOISSANITE METEORITE IN TERITORY OF THE REPUBLIC OF MACEDONIA
Blazo Boev, Velo Markovski, Ivan Boev *421*

МИНЕРАЛОШКО-ПЕТРОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА МИКАШИСТИТЕ ОД ОКОЛИНАТА НА С.БОНЧЕ, ПРИЛЕП
Филип Јованоски, Тена Шијакова-Иванова, Блажо Боев, Виолета Стефанова *425*

ИДЕНТИФИКАЦИЈА НА МИНЕРАЛИТЕ ОД НАОЃАЛИШТЕТО ЗА ОЛОВО И ЦИНК "ЗЛЕТОВО" СО ПРИМЕНА НА РЕНДГЕНСКО ДИФРАКЦИОНА МЕТОДА
Елена Наунова, Тена Шијакова-Иванова, Блажо Боев *431*

GEOCHEMICAL FEATURES OF SILURIAN - DEVONIANSECTION OF PELAGONIANE ZONE IN ALBANIA
Irakli Prifti, IlirAlliu, AgimYmeri *437*

GEOMICROBIOLOGICAL OBSERVATION IN MAJDANSKA REKA, ALLCHAR, MACEDONIA
Vladimir Bermanec,Jasna Hrenović, Željka Fiket, LadislavPalinkaš, Ivan Boev, Blažo Boev *447*

RADIONUCLIDES IN SOIL, MOSSES, AND MUSHROOM OF THE PRAŠNIK RAINFOREST (CROATIA)
Gordana Mednuić, Gordana Marović, Jasminka Senčar *451*

SCANNING ELECTRON MICROSCOPY STUDIES OF PARTICLES (PM-10) FROM THE TOWN OF KAVADARCI AND VILAGE VOZARCI , REPUBLIC OF MACEDONIA
Ivan Boev, Sonja Lepitkova, Blazo Boev *453*

КВАЛИТЕТ НА АМБИЕНТАЛЕН ВОЗДУХ-СУСПЕНДИРАНИ ЧЕСТИЧКИ (ПМ-10) ВО ОБЛАСТА ТИКВЕШ
Иван Боев, Дејан Мираковски, Марија Хаџи Николова, Блажо Боев *459*

GEOTHERMOBAROMETRIC INVESTIGATIONS OF HERCYNIAN GRANITOIDS OF EAST SERBIA
Dragana Bosić, Suzana Erić, Kristina Šarić, Bojan Kostić, Vladica Cvetković, Dragan Jovanović *467*

MIGRATION OF MICROELEMENTS B, NI, MO, AS, V IN COAL FORMATION SIBOVC FIELD OF KOSOVO BASIN
Agim Ymeri, Çerçiz Durmishi, Irakli Prifti, Adil Januzi *469*

СЕИЗМОТЕКТОНСКИ ЗОНИ И СЕИЗМИЧКИ ХАЗАРД ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА
Никола Думурџанов, Зоран Милутиновиќ, Радмила Шаликѓ *477*

MAP OF THE MOHO DISCONTINUITY OF THE REPUBLIC OF MACEDONIA
Todor Delipetrov, Krsto Blazev, Blagica Doneva, Risto Popovski *493*

ТЕКТОНСКА РЕОНИЗАЦИЈА И СЕИЗМИЧНОСТ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА
Благица Донева, Тодор Делипетров, Ѓорги Димов, Зоран Панов, Радмила К. Стефановска *497*

ПРОЕКТ ЗА ИЗРАБОТКА НА ДИГИТАЛНИ ГЕОФИЗИЧКИ КАРТИ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА ВО ГИС ТЕХНОЛОГИЈА СО ТОЛКУВАЧИ
Новица Столиќ, Ивица Андов *503*

НОВИ СОЗНАНИЈА ЗА ГЕОМАГНЕТНОТО ПОЛЕ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА
Марјан Делипетрев, Владимир Маневски, Крсто Блажев *513*

МЕТОД НА КОМБИНАЦИЈА НА ГЕО – ЕЛЕКТРИЧНО СОНДИРАЊЕ И КАРТИРАЊЕ
Владимир Маневски, Марјан Делипетрев, Ивица Коцев, Благој Делипетрев *521*

KOENIGSBERGER RATIO AND TOTAL MAGNETIC FIELD ANOMALY REDUCTION TO THE POLE FOR THE AREA OF MACEDONIA
Vesna Cvetkov, Dragana Đurić, Vesna Lesić, Miroslav Starčević, Mirko Petković, Snežana Petrović *529*

2D GEOPHYSICAL MODELS OF DEMIR KAPIJA OPHIOLITE COMPLEX
Dragana Đurić, Vesna Cvetkov, Ivana Vasiljević, Spomenko Mihajlović, Vladica Cvetković *535*

ГРАВИМЕТРИСКИ МРЕЖИ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА
Новица Столиќ, Мирослав Старчевиќ, Сашо Димески *539*

COMPARING GEOMAGNETIC FIELD DAILY ANOMALIES AND GEOSPATIAL SEISMICITY AND ATMOSPHERE DATA IN BALKAN COUNTRIES DURING THE *BLACKSEAHAZNET PROJECT*
Milena Cukavac, Strachimir Cht. Mavrodiev, Lazo Pekevski, Spomenko J. Mihajlovic *547*

APPLICATION OF IP/RESISTIVITY "REAL SECTION" TECHNIQUE IN SEARCH FOR SULPHIDE MINERALIZATION IN SERBO – MACEDONIAN MASSIF, KOSOVO
Përparim Alikaj, Altin Karriqi, Erjon Çollaku *553*

ORE MINERALIZATION AT STUDIED GEOMAGNETIC ANOMALIES ON MT. GOLIJA
Jovan Kovačević, Boris Vakanjac, Nikolić Dušan, Mihajlo Pandurov *559*

РЕГИСТРАЦИЈА НА ШУМАНОВ РЕЗОНАНС (ПЛ. ПЛАЧКОВИЦА)
Лазо Пекевски, Ристо Поповски, Зоран Панов, Страшимир Мавродиев *569*

3. Геологија и Економија

STRUCTURAL-METALLOGENIC MAP OF THE REPUBLIC OF MACEDONIA: PRINCIPLES AND CRITERIA
Todor Serafimovski, Alexandr Volkov, Goran Tasev *573*

THE AU/AG RATIO IN EPITHERMAL DEPOSITS
Alexander Volkov, Irina Chizhova, Anatoly Sidorov *581*

NEW DATA ON THE CENOZOIC VOLCANISM AND ORE MINERALIZATIONS IN THE PETROSHNITSA RIVER VALLEY, NW PART OF THE KRATOVO-ZLETOVO VOLCANIC AREA, REPUBLIC OF MACEDONIA
Slavcho Ivanov Mankov, Manol Stoyanov Antonov, Dmytro Rostislavovich Siroshtan,Valentin Yordanov Grozdev *589*

CHARACTERISTICS OF CHROMITE MINERALIZATION ON MT. JELICA
Predrag Mijatović, Boris Vakanjac, Dragan Jovanović, Božidar Luković *597*

3D MODELING OF SOME COPPER DEPOSITS IN THE REPUBLIC OF MACEDONIA
Todor Serafimovski, Christos Christidis, Dalibor Serafimovski, Goran Tasev,Mitko Ligovski, Igor Ivanovski, Lazar Gjorgjiev *605*

THE VRSHNIK ORE BODY A POSSITIVE EXAMPLE FOR EXPLORATION, EXPLOITATION AND FILLING IN THE BUCHIM COPPER MINE, EASTERN MACEDONIA
Kiril Filev, Todor Serafimovski, Lazar Gjorgjiev, Goran Tasev, Mite Mitev, Metodi Stojanov *613*

THE OCCURRENCE OF IRON MINERALIZATION IN VICINITY OF OSTENJAK (ARANĐELOVAC), SERBIA
Nemanja Pantelić, Bojan Kostić, Predrag Vulić *619*

OVERVIEW OF THE NATURAL PARAMETERS FROM THE GEOLOGICAL-ECONOMICAL EVALUATION OF THE BOROV DOL ORE DEPOSIT, REPUBLIC OF MACEDONIA
Lazar Gjorgjiev, Todor Serafimovski, Kiril Filev, Goran Tasev *621*

COPPER ORECLASTS OF OLISTOSTROME ORIGIN AT BOR, SERBIA
Ivan Antonijević *629*

РЕЗУЛТАТИ ОД ПРЕЛИМИНАРНИТЕ ПРОСПЕКЦИСКИ ИСПИТУВАЊА НА ЗЛАТО ВО АЛУВИОНОТ НА ПЕКЉАНСКА РЕКА, ВИНИЦА
Виолета Стефанова, Марин Александров, Тодор Серафимовски, Горан Тасев, Војо Мирчовски *635*

SUPERGENE PROCESSES IN THE COPPER MINERALISATION AT THE KRALJIČIN ZDENAC ON THE MEDVEDNICA MT.
Ladislav A. Palinkaš, Danijela Šmajgl, Andreja Čobić, Vladimir Bermanec *643*

THE CRVEN DOL ARSENIC-THALIUM MINERALIZATION IN ALSAR DEPOST IN THE REPUBLIC OF MACEDONIA
Ivan Boev, Blazo Boev, Sonja Lepitkova *649*

PREBAIKAL FORMATION ON THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF MACEDONIA AS SIGNIFICANT BEARERS OF QUARTZ RAW MATERIALS
KrstoBlazev, Gorgi Dimov, Blagica Doneva, Marjan Delipetrov *659*

GENESIS OF OIL IN THE DEEPEST MIOCENE SOURCE ROCKS IN THE NORTH-WEST PART OF SAVA DEPRESSION
Snježana Blažeković Smojić, Vesna Hrženjak, Darko Tomašić, Tamara Troskot-Čorbić, Marina Mužina *665*

КВАЛИТАТИВНИ КАРАКТЕРИСТКИ НА АМФИБОЛСКИТЕ ШКРИЛЦИ ОД ЛОКАЛИТЕТОТ “ПОЧИВАЛО“ ИСТОЧНА МАКЕДОНИЈА КАКО ОСНОВА ЗА НИВНА УПОТРЕБА КАКО АРХИТЕКТОНСКО – ГРАДЕЖЕН КАМЕН
Орце Спасовски, Даниел Спасовски *675*

DIMENSIONAL STONE DEPOSITS IN WESTERN MACEDONIA
Ljupche Kulakov *681*

МОЖНОСТИ ЗА КОРИСТЕЊЕ НА ОНИКСОТ И ТРАВЕРТИНОТ ОД ЛОКАЛИТЕТОТ ДЕКОВА ДАБИЦА КАКО АРХИТЕКТОНСКИ КАМЕН
Орце Спасовски, Даниел Спасовски *689*

ТЕКТОНСКАТА ПОВРЗАНОСТ НА РАСЕДНАТА ЗОНА ЖИВОЈНО -БРОД ГНЕОТИНО- СУВОДОЛ
Љупчо Петрески, Марија Манева, Анита Мартиновиќ *695*

ГЕОЛОШКИ РЕЗЕРВИ НА ЈАГЛЕН ВО ПЕ "РУДНИЦИ"- РЕК БИТОЛА
Љупчо Петрески, Елизабета Митревска, Марија Манева *701*

ЕНЕРГЕТСКА ПОТЕНЦИЈАЛНОСТ НА БИТОЛСКИОТ ДЕЛ ОД ПЕЛАГОНИСКАТА КОТЛИНА НА ПРОСТОРОТ ПОМЕЃУ СЕЛАТА ЛОЗНАНИ И КАНАТЛАРЦИ НА СЕВЕР И ОРИЗАРИ И НОВАЦИ НА ЈУГ
Никола Богатиновски, Стојанче Николов, Петре Пасков *709*

MINING / MINERAL SUPPORT SERVICES PROJECT
Duška Rokavec, Tina Benda *719*

PETROLOGICAL CHARACTERISTICS OF CLASTIC SEDIMENTARY ROCKS IN SV. BARBARA MINE IN RUDE NEAR SAMOBOR, SAMOBORSKA GORA MT.

[1]Šime Bilić & [1]Vesnica Garašić

[1] *Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb, Pierottijeva 6, HR-10000 Zagreb, Croatia; e-mail: sime.bilic@rgn.hr*

Abstract
In the scope of this work, petrographical and geochemical analyses of sedimentary clastic rocks from St. Barbara copper and iron mine in Rude near Samobor, Samoborska gora Mt. have been made. The main goal is to a) properly classify, b) determine origin and paleo-environment of clastic rocks, and c) determine influence of hydrothermal fluid on rock properties. Results have shown that there is a structural and geochemical variability, and also uneven intensity of hydrothermal alteration in the samples. Based on petrographical analysis, samples are classified as sublithoarenite, quartz arenite and quartz greywacke. Three samples are classified as ore breccia, ore sandstone and ore silt-sandstone. Geochemical analysis indicates that these clastic rocks have a felsic parent rock, most probably sedimentary rock, possibly reworked and redeposited more than once. Weathering of parent rock has been intensive (CIA: 68,6-81,3), and most probably sedimentary basin was geotectonically positionated on the passive margin.

Key words: Rude copper-iron mine, St. Barbara, petrography, geochemistry, clastic rocks

INTRODUCTION

In St. Barbara copper and iron mine in Rude near Samobor, Samoborska gora Mt. petrographical and geochemical analyses of sedimentary clastic rocks have been made. Samoborsko gorje Mts. is located in the contiguous zone of the influence of Alpine, Dinaridic and Pannonian tectonic processes. Therefore, its tectonics is very complicated, and faults are characterized by different directions, intensities and ages. In the structural sense, Samoborsko gorje Mts. represents the westernmost part of the Zagorje Mid-Transdanubian shear zone (ZTSZ) (Tomljenović, 2002), which is bounded by Periadriatic- (PAL) and Balaton (BL) lineaments and Zagreb-Zemplin lineament respectively (Fig. 1).

Ore deposit in Rude is hosted in the Upper Paleozoic sediments. In their lower part predominate dark grey Upper Carboniferous schists and in the upper part Permian sandstones containing lenses and layers of shale, conglomerate and dolomite. In the upper part of sandstone series occurs siderite ore layer and hematite ore bodies respectively. The sandstones, about 5 m thick, appear above ore bodies and are overlain by the gypsum/anhydrite layer having an average thickness of 45 m (Šinkovec, 1971). The zone of copper ore occurrence is situated immediately beneath the siderite ore body.

The main goal of this work is to properly classify sedimentary clastic rock from St. Barbara copper and iron mine, determine their origin and paleo-environment and determine influence of hydrothermal fluid on rock properties.

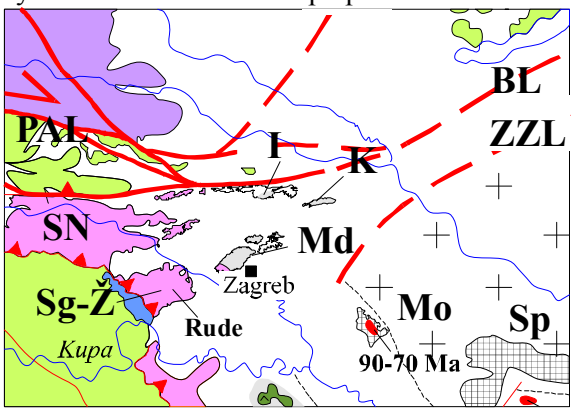


Fig. 1 *Descriptive map of regional tectonic units and zones in the Alpine-Dinaridic- Carpathian orogen and Pannonian basin system. Abbreviations: Faults (PAL Periadriatic lineament; BL Balaton lineament; ZZL Zagreb-Zemplin lineament; SPL Skadar-Peć lineament), mountains (Tr Transdanubian mountains; I Ivanščica Mt.; K Kalnik Mt.; Md Medvednica Mt; Sg-Ž Samoborsko gorje-Žumberak Mts; Mo Moslavačka gora Mt; Sp Slavonian mountains).According to the dissertation Tomljenović, 2002.*

PETROGRAPHY

Based on petrographical analysis, studied samples are classified as sublithoarenite, quartz arenite and quartz greywacke. Three samples are classified as ore breccia, ore sandstone and ore silt-sandstone. The sediment particles are mostly monocrystalline and polycrystalline quartz grains, muscovite and fragments of chert and quartzite. The feldspar is not found. The cement in sublithoarenite is barite and subordinately siderite, quartz arenite have quartz-sericite matrix and quartz greywacke is cemented with quartz-sericite mostly and sporadically siderite. The cement in ore breccia is hematite, ore sandstone have hematite, barite and siderite cement while silt-sandstone contain siderite cement which is altered in hematite.

Results have shown that there is a textural variability and different intensity of hydrothermal alteration in the samples.

ROCK CHEMISTRY

In the comparation with the average upper continental crust composition (McLennan 2001) of the most oxides of main elements are slightly depleted in studied samples (Fig. 2). However, the SiO_2 content represents the exception in the samples of quartz arenite (96,35 wt.%) and quartz greywacke (80,67 wt.%). Additionally, inasmuch as the sample are from the iron mine, the contents of Fe_2O_3 are higher in comparation to the average upper continental crust in the samples of sublithoarenite (6,31 wt.%), ore breccia (38,12 wt. %), ore sandstone (48,25 wt.%) and ore silt-sandstone (38,54 wt%). The total concentrations of rare earth elements vary between 13,45 to 98,91 ppm. The lowest REE concentrations occur in the samples having low SiO_2, Al_2O_3 and K_2O contents, whereas the highest REE concentration occur in samples with opposite trend. Sublithoarenite, ore sandstone and ore breccia has lower REE concentration and positive Eu-anomaly, while quartz-arenite, quartz greywacke and silt-sandstone has negative Eu anomaly.

Chemical index of alteration (CIA) in all samples have range from 68,6-81,3 suggesting that parent rock was intensively weathered.

According to $K_2O/N2O$-SiO_2 diagram after (Roser & Korsch 1986) hydrothermally unaltered samples (quartz arenite and quartz greywacke) plot in the area of passive margin.

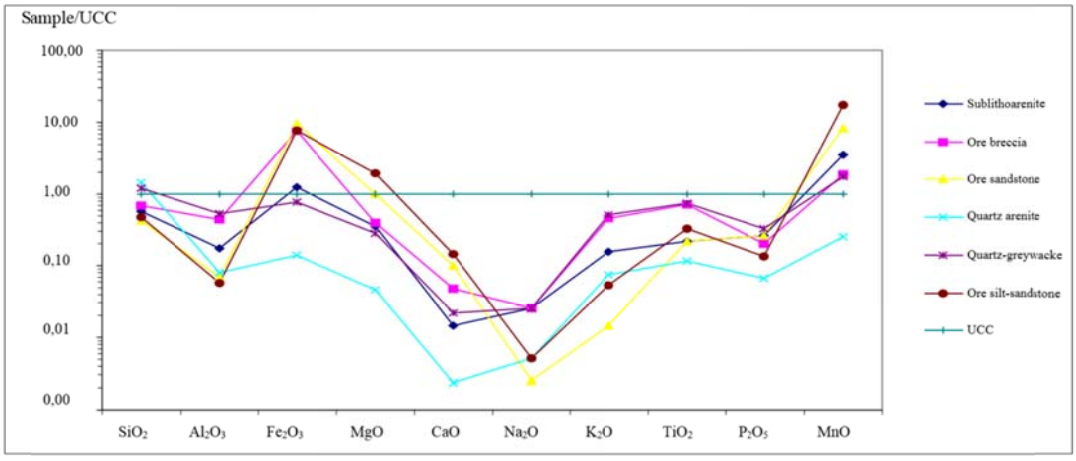


Fig. 2 *Comparation of main elements with UCC after McLennan, 2001.*

CONCLUSION

The studied clastic rocks have a felsic parent rock, most probably sedimentary rock, possibly reworked and redeposited more than once. Weathering of parent rock has been intensive and most probably sedimentary basin was geotectonically positionated on the passive margin.

REFERENCES

Mclennan, S. M. (2001): Relationships between the trace element composition of sedimentary rocks and upper continental crust. Geochemistry, Geophysics, Geosystems, 2, 2000GC000109 (electronic publication)

Roser, B. P., Korsch, R. J. (1986): Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO_2 content and K_2O/Na_2O ratio. Journal of Geology, 94, 635-650.

Šinkovec, B.(1971): Ležišta željezne i bakarne rude u Rudama. Geološki vjesnik, 24, 165-181.

Tomljenović, B. (2002): Strukturne značajke Medvednice i Samoborskog gorja. Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, 208 str.

PETROLOGY OF GNEISSES FROM THE VRŠAC MOUNTAINS

[1] Dragan Milovanović, [1] Danica Srećković-Batoćanin & [2] Emin Memović

[1]University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Djušina 7, 11000 Belgrade, Serbia
milovdr@beotel.net; danica.sreckovic@rgf.bg.ac.rs;
[2]University of Pistina, Faculty of Technical Sciences, Knjaza Milosa 7, Kosovska Mitrovica;
emin.memovic@hotmail.com

EXTENDED ABSTRACT

The Vršac Mountains are the most prominent relief form in the southeastern Banat occupying the area of approximately 170 km^2. The most abundant rocks are crystalline schists, dominantly gneisses and granites. The former was discovered by deep exploration boreholes at depths of 890 to 1.100 m, representing the basement of Neogene sediments (Vukovič *et al*., 1970). Crystalline schists comprise very heterogenous series derived from psammitic-pelitic sediments, approximatelly 6.000 m thick. According to Romanian authors (Naumova et al., 1962) metamorphic rocks are of Precambrium and Lower Paleozoic (Lower Cambrium) age.

The largest exposures of grayish gneisses up to few tens of meters high and 100 m long as well as varieties with reddish iron-rich orthoclase, aventurine, outcrop at western slopes. Gneisses are weathered, particularly mica-rich varieties, and commonly impregnated by limonite. Eroded masses reveal typical rounded morphological forms (Fig. 1) whereas accumulations of such derived mica and quartz occur in streambeds.

Gneisses consist of orthoclase, microcline, albite, biotite, muscovite, garnet and quartz. Accessories are zircon, sphene and apatite, whereas chlorite, dusty magnetite, limonite and sericite are secondary minerals. Enclaves of acid rocks, granites are frequent. Augen structure being determined by euhedral orthoclase porphyroblasts that exceed 8 cm in size is common (Fig. 2).

Sporadically occurring veinlets and lenses of feldspar and quartz, up to few cm thick, reflect on the beginning of their partial melting (anatexis).

Fig. 1 *Rounded relief forms derived under erosion.*

Fig. 2 *Porphyroblast of orthoclase.*

Exsolutions of quartz derived either metamorphic, throughout leaching from the host rock or under silica migration from the nearby granite mass of Hercynian age (Vukovič *et al*., 1970).

Texture is various: lepidoblastic, granoblastic, porphyroblastic, and poikiloblastic, as well as perthitic and mirmeckitic. Frequently deformed, broken, and weakly sericitized orthoclase grains enclosing micas, rarely quartz are 20 – 30 vol. % abundant. Reddish, iron-rich orthoclase, aventurine, is the most probably primary mineral, and could suggest on, at least a part of gneisses being orto-gneisses.

Porphyroblasts of less abundant microcline are lacking. Tiny grains of microcline build "nests" and irregular accumulations with quartz and orthoclase, which alternate with bands of biotite and muscovite producing banded structure (Fig.3). Due to lack of deformations at microcline grains its postkinematic or late-stage metamorphic origin could be deduce. The possibility of its contribution from the nearby granite, along with a part of orthoclase, should not be excluded.

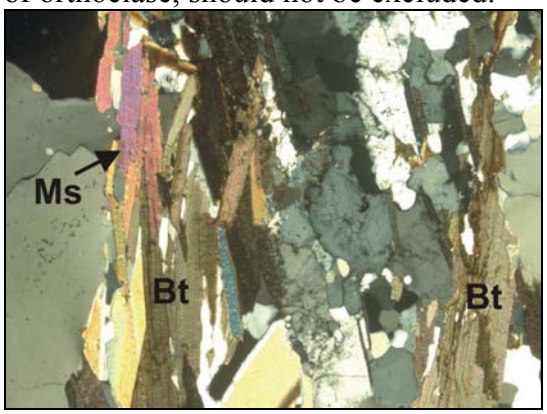


Fig. 3 *Microphotograph in plane polarized light of banded gneiss from the Vršac Mts. Mineral abbreviations are according to Kretz (1983)*

Orientation of mica reveals foliation and lineation. Post-kinematic laths occur also. Weakly chloritized and limonitized biotite makes about 30 vol. %. Coarse quartz grains, up to 5 mm, are 10 – 20 vol. % abundant.

Muscovite corresponds to phengite and displays uniform composition with about 2 % FeO, ~ 1.5% TiO_2, and ~ 1.5% MgO. Biotite is also compositionally uniform with about 22 % of FeO, and 8 % of MgO, considering siderophyllite. A number of laths displays elevated barium content (0.1 - 0.15 %). K-feldspar contains less than 0.1% of Na_2O; wheras the anorthite component exceeds 30% in plagioclase. Garnets of 64 - 75% Alm. and 3 - 14% Spess. are not common constituents of the studied gneisses.

Temperature of metamorphism for supposed pressure of 5 kbar within the intervals from 580-710^0 C and 560-620^0 C was estimated using metamorphic pairs garnet-biotite and garnet-muscovite, i.e. garnet-phengite (Table 1).

Table 1. Estimated temperature range using different geothermometers

Ferry & Spear, 1978	Holdawey, M.J.&Lee, 1977; Thomson,1976	Ganguly & Saxena, 1987	Krogh and Raheim, 1978
620 to 650^0	580 to 630^0	650 to710^0	560 to 620^0

Presence of feldspar with enclosed micas and quartz, along with syn- and post-kinematic laths reflects on polyphase metamorphism at temperatures about 600 ^{0}C and pressure of 5 kbar. According to mineral assemblage gneisses are most probably ortho-gneisses. The most likely Pre-Cambrian and Early Cambrian age of gneisses, intruded by Hercynian granitoid rocks, requires additional studies for confirmation of their age and protoliths.

Key words: gneiss, protolith, metamorphism

REFERENCES

Ferry, J.M. & Spear, F.S. 1978. Experimental calibration of the partitioning of Fe and Mg between biotite and garnet. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 66: 113–117.

Ganguly, J. and Saxena, S.K. 1987. Mixtures and mineral reactions. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York-Paris-Tokyo, 291p.

Holdawey, M.J., Lee, S.M. 1977. Fe-Mg cordierite in high grade pelitic rocks based on experimental and natural observations. *Contrib. Min. Petrol.* 63: 175-198.

Kretz, R. 1983.Symbols for rock-forming minerals. *American Mineralogist* 68: 277-279.

Krogh, J. E., Raheim, A., Temperature and pressure dependence of Fe-Mg partitioning between garnet and phengite, with particular reference to eclogites, *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 1978, 66: 75-80.

Naumova N. S., Dessila — Codarcea M., Iliescu V. 1962. Asupra prezentei rifeanului in unele formatiuni cristalofiliene din Carpati i Meridionali centrali. *Editura Academiei Rep. Pop. Romine*, 11, Tomul 12, Bucuresti.

Thompson, A. B. ,1976. Mineral reactions in pelitic rocks II' Calculation of some P-T-X (Fe-Mg) phase relations. *American Journal of Science*, 276,425-454.

Vuković, A., Ivković, A., Nikolić, J., 197o. *Osnovna geološka* karta SFRJ 1:100000. *Tumač za list Vršac* L34-103. Savezni geološki zavod, Beograd: 47 pp.

МИНЕРАЛОШКО – ПЕТРОГРАФСКИ И ХЕМИСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ГРАНИТОИДНИТЕ КАРПИ ОД ЛОКАЛИТЕТОТ ПЕШТАНИ, ЗАПАДНА МАКЕДОНИЈА

Сашо Стојков, Даниел Спасовски, Орце Спасовски

Факултет за природни и технички науки, Институт за геологија, Универзитет "Гоце Делчев",Штип, Република Македонија, orce.spasovski@ugd.edu.mk, sdaniel506@yahoo.com

Абстракт
Во трудот ќе бидат прикажани резултатите од минералошко - петрографските и хемиските испитувања на гранитоидните карпи од локалитетот Пештани. Минералошко – петрографските карактеристики на земените примероци од карпите се одредувани со поларизационен оптички микроскоп Leitz Vetzlar, Germany. Минералошкиот состав е одредуван и со методата на рендгенска дифракција на примероци во прав (XRD). Врз основа на теренските и лабораториските испитувања на земените примероци од гранитоидните карпи од локалитетите Пештани, утврдени се следните типови на карпи: гранитогнајс.

Клучни зборови: гранитогнајс, Пештани минералошко – петрографски состав, хемиски состав, рентгентска дифракиција.

Apstract
In this paper would be shown the results of the mineralogical-petrographic I chemical investigations of the granitoid rocks from the Pestani locality. The mineralogical-petrographic characteristics of the samples that were taken, were determined by using the polarized light microscope Leitz Vetzlar, Germany.
The mineralogical compound was determined by the X-rays diffraction method of the dust samples (XRD). Based on the investigation performed on the terrain and on the investigation performed in laboratory of the given samples taken of the granitoid rocks from Pestani locality, were found the following types of rocks: granitogneisses.

Key words: granitogneisses; Pestani; mineralogic - petrographic composition; chemical compound, X-ray diffraction.

ВОВЕД

Истражуваниот простор се наоѓа на околу 10 km југоисточно од Прилеп во серијата на гнјсевите како составен дел на метаморфниот комплекс на Пелагонскиот масив. Подрачјето географски припаѓа на Селечка планина.

Првите кратки податоци за истражуваното подрачје се наоѓаат во работата на Boue (1891) Цвијиќ (1906, 1911). Николов (1924), Космат (1924) Тучан (1926). Бариќ (1936, 1940, 1956), Мариќ (1936, 1940) кои вршат минералошко - петрографски проучувања на Селечка Планина. Стојанов (1958, 1960, 1968 и 1974) врши истражувања на овие терени и издвојува различни типови на гнајсеви, микашисти, шкрилци, амфиболити и гранитоидни карпи.

Со изработката на основната геолошка карта на СФРЈ, авторите на листот Прилеп во размер 1 : 100 000 (Ракичевиќ, Стојанов и Арсовски, 1965а, 1965б) во Толкувачот детално го обработуваат литолошкиот состав на карпите од листот Прилеп.

Во истиот период, при изработката на Основната Геолошка карта на СФРЈ, авторите на листот Витолиште во размер 1 : 100 000 (Думурџанов, Христов, 1976а и 1976б) во Толкувачот го обработуваат литолошкиот состав на карпите на листот Витолиште каде припаѓа и локалитетот Пештани.

Според Думурџанов (1986) Пелагонските гранитоиди во постарата литература се познати како прилепски гранити, меѓутоа со деталните проучувања вршени во последните триесет години од минатиот век утврдено е дека тие се претставени претежно со гранодиорити (оклолу 70%) и кварцдиорити (околу 20%), а помалку се кварцмонцонити и гранити. Понови податоци по однос на хемискиот состав и минералошко петрографските карактеристики од гранитоидните карпи, од истражуваното подрачје, можат да се најдат во работите на Спасовски (2010) и Стојков и Спасовски (2014), Спасовски, О и Спасовски Д. и др. (2015).

ГЕОЛОШКА ГРАДБА

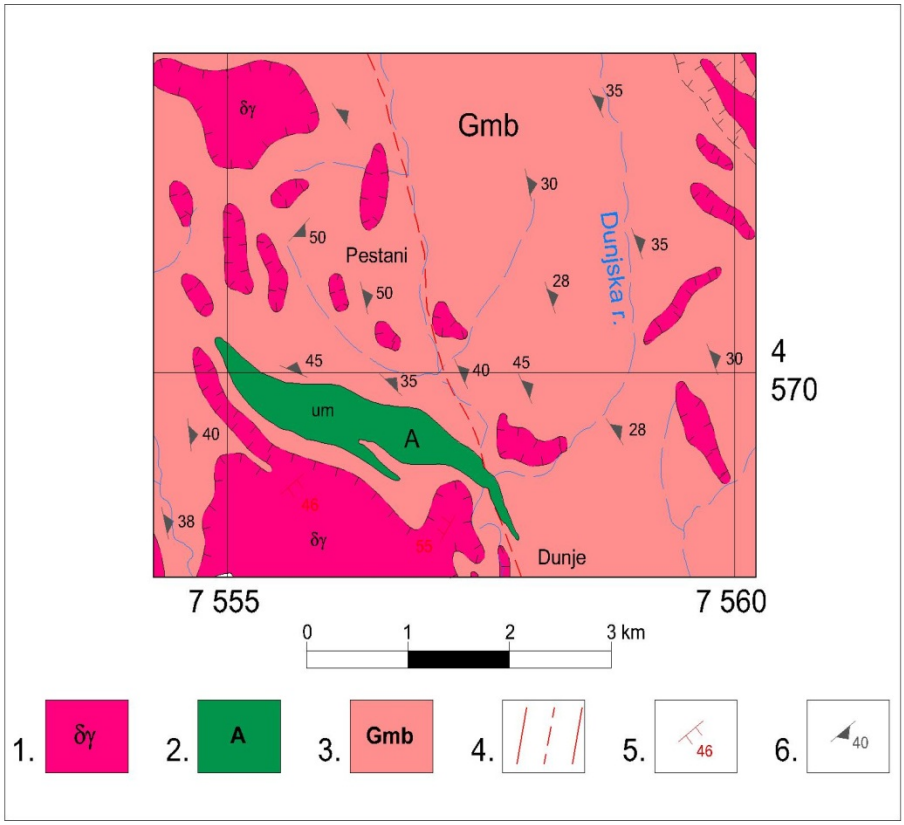
Во геолошката градба на областа која е вклучена во нашите набљудувања и

истражувања постојат три видови на карпи: мусковстки гнајсеви, гранодиорити и амфиболити (слика 1).

Мусковитските гнајсеви имаат широко распространување и, главно, го изградуваат средишниот и североисточниот дел од истражуваното подрачје. Изградени се, главно, од кварц, фелдспат и лискуни како главни минерали и епидот, ортит, ретко гранат, рудни минерали, апатит и циркон како споредни минерали.

Гранодиоритите, главно, го изградуваат јужниот, северниот и западниот дел од истражуваното подрачје. Карпата се одликува со белосивкаста боја, крупнозрнест состав, а паралелно ориентирана и зашкрилена текстура. Макроскопски се гледаат крупни форми како нејасни, односно дискордантни траки- леќести форми од салични минерали кои се сменуваат со тенки дискордантни млазеви од лискун.

Структурата на карпата е гранолепидобластична до слабо порфиробластична од појавата на покрупни кристали од фелдспат, како порфиробласти. Во основа карпата е изградена од кварц, фелдспат (ортоклас и плагиоклас), лискун и епидот како главни минерали.



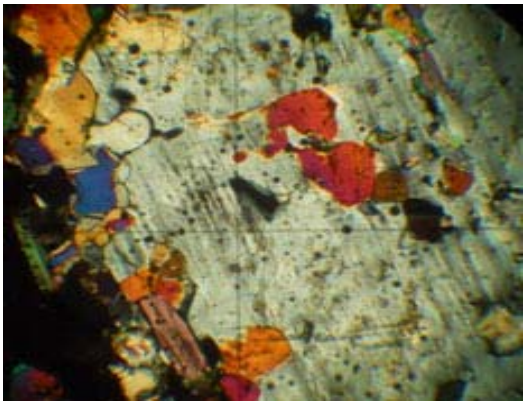
Слика 1. Геолошка карта на наоѓалиштето Пештани
1. гранодиорити, 2. амфиболити, 3. мусковитски гнајсеви, 4. Расед (утврден, претпоставен) 5. елементи на пукнатини 6. елементи на фолијација.

Амфиболитите се јавуваат во јужниот дел од истражуваното подрачје и, главно, се светлозелени до темнозелени, ситнозрнести до крупнозрнести карпи, најчесто зашкрилени, а поретко масивни. Како главни минерали во нив се јавуваат амфибол, олигоклас, андезин, поретко албит - олигоклас и епидот, додека гранат, цоисит, биотит, диопсид, титанит, кварц и рутил со своето количество мошне варираат. Често се застапени во споредни количества, но локално тие се јавуваат и како битни минерали.

МИНЕРАЛОШКО – ПЕТРОГРАФСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА КАРПИТЕ

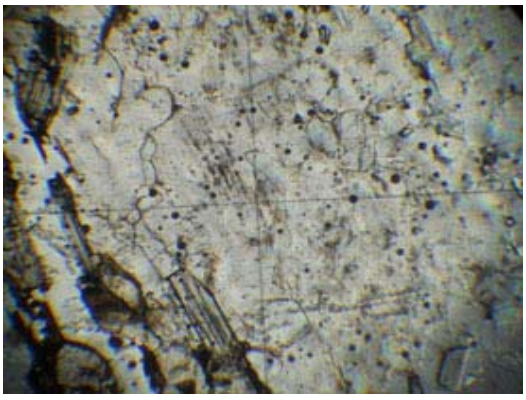
Во текстот кој следува даден е макроскопски и микроскопкси опис на сите утврдени вариетети на карпите од различните локалитети, нивните структурно – текстурни карактеристики и минералниот состав.

Гранитогнајс Пештани. Карпата се одликува со белосивкаста боја, крупнозрнест состав, а паралелно ориентирана и зашкрилена текстура. Макроскопски се гледаат крупни форми како нејасни односно дискордантни траки- леќести форми од салични минерали кои се сменуваат со тенки дискордантни млазеви од лискун. Овие нејасни траки и млазеви се паралелни меѓу себе и нагласуваат тракаста текстура на карпата. Дебелината на тракастите салични форми е до 1 см.



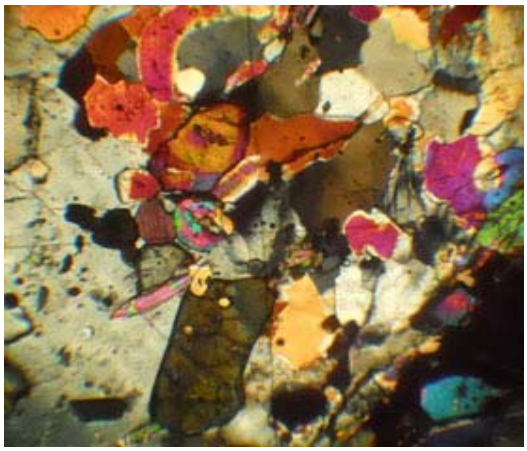
Слика 2. Крупнозрнест плагиоклас со полисинтетски ламели со вклопувања од кварц, а на крајот тенок низ од лискун , N^- 3x

Структурата на карпата е гранолепидобластична до слабо порфиробластична од појавата на покрупни кристали од фелдспат како порфиробласти. Овие порфиробласти или порфироидни кристали вклопуваат микрокристали на кварц и фелдспат како и ситни лиски на мусковит. Овие порфиробласти се неправилни и се претставени од орто-албит (односно фелдспати со измешана албитска и ортокласна компонента по тенки паралелни ламели) и плагиоклас.
Во основа карпата е изградена од кварц, фелдспат (ортоклас и плагиоклас), лискун и епидот како главни минерали.



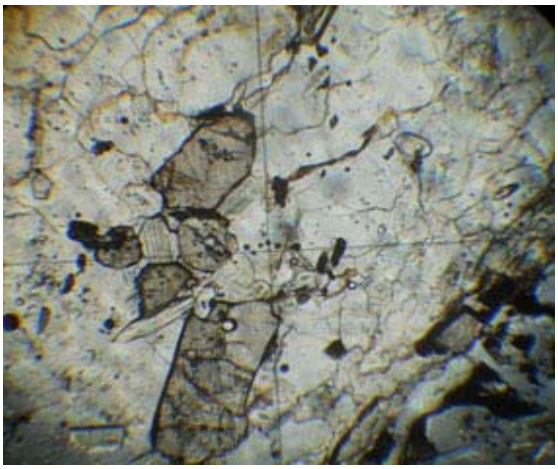
Слика 3. Крупнозрнест плагиоклас со полисинтетски ламели со вклопувања од кварц, а на крајот тенок низ од лискун , N^- 3x

Кварцот се јавува во алотриоморфни кристали, кои градат леќести или нејасни тракасти форми кои се издолжени во правецот на ориентираноста на карпата.



Слика 4. Кристал на епидот со лиски на мусковит N^+, 3x

Ортокласот, исто така, се јавува во алотриоморфни кристали и заедно со плагиокласот прават неправилни леќести форми. Плагиокласот е слабо алтерисан, заматен е и е од типот на албит-олигоклас.



Слика 5. Кристал на епидот со лиски на мусковит N^-, 3

Лискунот е биотит, кој е избелен односно прејден во мусковит со издвоена Fe-компонента околу лиските во неправилни издолжени форми. Се јавува во табличести кристали, неправилни и околу саличните минерали прави дискордантни млазеви форми. Доста често се гледаат посвежи лиски на мусковит, кои се коси или попречни на ориентираноста на карпата. Овие лиски, најверојатно претставуваат новосоздаден мусковит под дејство на регионален метаморфизам, на кој била изложена карпата.
Епидотот е многу чест во поситни и покрупни идиоморфни кристали, редовно асоциран со лискунските млазеви. Карпата претрпела

метаморфни промени, динамометаморфизам, заради што се задобила со извесна не сосема јасна тракаста текстура.

МИНЕРАЛЕН СОСТАВ

Како дополнување на микроскопските истражувања во поларизирана светлина направени се рендгенски дифрактограми на карпите. На овој начин се дефинирани многу фини минерални зрна.

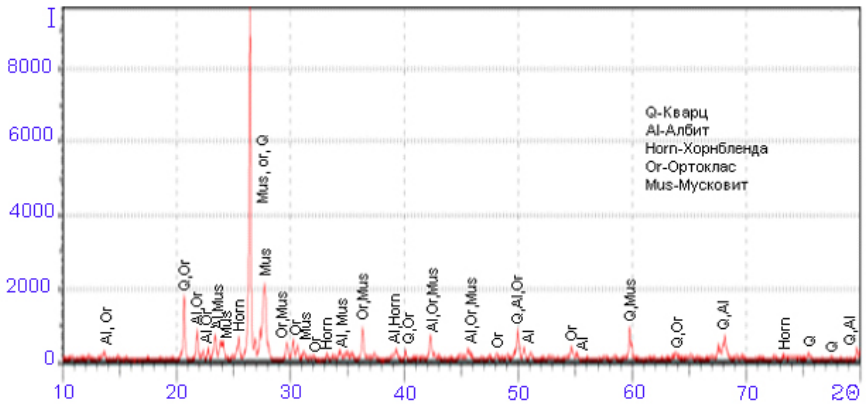
Минералниот состав одреден со помош на XRD е даден во табела 1 додека дифрактограмите се презентирани на слика 6.

Врз основа на положбата на пиковите, со оглед на аголот 2Θ извршена е идентификација на минералите, а врз основа интензитетот на пиковите изведен е заклучок за нивната релативна количина во примерокот.

Идентифицирани се следните минерали : кварц, ортоклас, албит, мусковит и хирнбленда.

Табела 1. Минерален состав на карпите одреден со XRD методата

Минерал	Пештани
Кварц	+
Ортоклас	+
Албит	+
Мусковит	+
Хорнбленда	+



Слика 6. Рендгенски дифрактограм на гранитоидните карпи од наоѓалиштето Пештани

ГЛАВНИ ЕЛЕМЕНТИ

Резултатите од хемиските анализи се прикажани во Табела 2.

Табела 2. Хемиски состав на карпите

Компоненти/ Проба	**SiO_2**	**Al_2O_3**	**FeO**	**MnO**	**MgO**	**CaO**	**Na_2O**	**K_2O**	**TiO_2**	**P_2O_5**	**LOI**	**Σ**
Pes-1	72.1	14.24	2.08	0.099	0.31	2.09	3.94	4.58	0.334	0.11	0.5	100.3
Pes-2	73.848	14.14	1.09	0.118	0.175	2.68	3.89	2.18	0.275	0.144	1.46	100.0

Генерално може да се заклучи дека проучуваните карпи се богати со алкалии (до 8.52%), а собено K_2O (до 4.58%), додека содржината на SiO_2 се движи од 72.1 до 73.848%, што значајно се одразува во геохемиската класификација на овие карпи. Неопходно е да напоменеме дека нашите испитувања се базираат на мал број на податоци, но за поконкретни и поверодостојни интерпретации се неопходни значително поголем број на испитувања.

ЗАКЛУЧОК

Врз основа на резултатите од испитувањето, со современ пристап и користењето на аналитичките податоци даден е петрографски приказ на карпите и нивниот квантитативен минерален состав.

Структурата на испитуваните примероци е гранолепидобластична до слабо порфиробластична од појавата на покрупни кристали од фелдспат како порфиробласти. Во основа карпата е изградена од кварц, фелдспат (ортоклас и плагиоклас), лискун и епидот како главни минерали.

Врз основа на дистрибуцијата на поедините микроелементи до одредена мерка се следени петрохемиските карактеристики на испитуваните карпи. Поедини диференцијациски низови се какактеризираат со обогатување или осиромашување со микроелементи, зависно од карактерот на магмата и нејзината консолидација на одредени нивоа.

Со начинот на појавување, местоположбата во прекамбријскиот комплекс и контактот со останатите литолошки членови на метаморфниот комплекс, овие карпи се манифестираат како мошне стари магматити, тесно поврзани за циклусот на метаморфно - магматските и тектонските процеси на прекамбријската ера, т.е. се поврзани со гренвилската тектогенеза.

Мошне едноставниот состав на магматизам од почетната до завршната фаза и отсуството на побазични магми во процесот укажуваат дека магмите биле образувани со претопување на карпи блиски на гранитоидите.

ЛИТЕРАТРУРА

1. Бариќ, Љ., 1940: Извештај о теренском раду у околини Прилепа. *Год. Геол. Инст. Кр. Југ. за 1939 год. Београд.*
2. Буе, А., 1891: Геолошка скица Европске Турске. *Додаток во Геолошких анала Балканског полуосторва 3. Београд.*
3. Цвијић, J., 1906: Основе за географију и геологију Македоније и Старе Србије. *Посеб. Изд. С. А. Књ. I Београд.*
4. Цвијић, J., 1911:Основе за географију и геологију Македонија и Старе Србије, и тд. *Књ. III, Београд*.
5. Думурџанов, Н., Христов, С., Павловски, Б., Иванова , В., 1976a: Толкувач за основна геолошка карта 1 : 100 000 за листот Витолиште – Кајмакчалан. *Стр. Фонд на Геолошки завод Скопје. Стр. 60*.
6. Думурџанов, Н., Христов, С., 1976b: Толкувач за основна геолошка карта 1 : 100 000 за листот Витолиште. *Стр. Фонд на Геолошки завод Скопје. Стр. 65.*
7. Думурџанов, Н., (1985): Петрогенетски карактеристики на високометаморфните и магматски карпи на централните и западните делови на Селечка Планина (СР. Македонија*). Geologica Macedonica T II sv. 1. pp. 3-104, Штип.*
8. Мариќ. Љ., (1936): Проучавање кристаластих стена Кајмакчелана. *Изв. о раду Геол. Инст. Кр. Југ. за 1935 год. Београд.*
9. Мариќ, Л., (1940): Петрографска и геолошка градња околине Прилепа и СИ од Прилепа у јужној Србији. *Весн. Геол. Инст. Кр. Југ. књ. VIII Београд*.
10. Николов, Н., (1921): Цијанитот од Селечка Планина в Македонија*. Труд. на Бугарското природоизпит, дружество, кн. IX Софија.*
11. Николов, Н., (1924): Белешки врху петрографијата и геологијата на Селечка Планина в Македонии. *Год на Софис. Унив. Физ. Мат. Факултет кн. 3. Софија.*
12. Prohić, E. (1998): Geokemija. Knjiga, Udžbenici sveučilišta u Zagrebu.
13. Ракичевиќ, Т., Стојанов, Р., Арсовски, М., 1965a: Основна геолошка карта 1 : 100 000 лист Прилеп. *Стр. Фонд на Геолошки завод Скопје.*
14. Ракичевиќ, Т., Стојанов, Р., Арсовски, М., 1965b: Толкувач за Основна геолошка карта 1 : 100 000 лист Прилеп. *Стр. Фонд на Геолошки завод Скопје. Стр. 65.*
15. Rollinson, H.R. (1993): Using Geochemical Data. Longman Scientific & Tehnical, New York.
16. Spasovski, O., i dr 2010: Proekt za detalni geoloski istrazuvanja na mineralna surovina granit na lokalitetot Kosarska reka Opstina Prilep. Strucen fond na ALPINE BAU GmbH od Salcburg Avstraija, pp. 48.
17. Spasovski, O., i dr 2010: Elaborat za detalni geoloski istrazuvanja na mineralna surovina granit na lokalitetot Kosarska reka Opstina Prilep. Strucen fond na ALPINE BAU GmbH od Salcburg Avstraija, pp. 60.
18. Spasovski, O., and Spasovski. D., (2015): Physical-mechanical and mineralogical-petrographical characteristics of the granodiorite of “Lozjanska Reka”, village of Krusevica (Western Macedonia).
19. Stojanov, R., (1958): Претходни резултати од геолошките и петрографските истражувања на Слечка Планина. *Трудови на Геолошкит завод на Република Македонија. Св. 6. Стр. 127-180.*
20. Stojanov, R., (1960): Претходни резултати од геолошките и петрографските истражувања на високо метаморфните стени од централниот дел на Пелагонскиот масив. *Трудови на Геолошкиот завод на Република Македонија. Св. 7. Стр. 147-178.*
21. Стојанов, Р., 1968: Фенгити на Пелагонскиот масив*. Трудови на Геолошкиот завод на Република Макдеонија. Св. 13.*
22. Стојанов, Р.,1974: Петролошки карактеристики на магматските и метаморфните стени од поширокатa околина на Прилеп. (Македонија). *Посенбно издание на трудови на Геолошки завод, бр. 4. Скопје*.

23. Stojkov, S., Spasovski, O., (2014): Possibilities for using granodiorite of "Lozjanska Reka", village of Krusevica (western macedonia), as an architectural stone. Geologica Macedonica, 28 (1). pp. 19-26. ISSN 0352-1206.

24. Тучан, Ф., (1926): Минералошко – петрографска проучавања у кристаластом масиву између Прилепа и Кајамкчалана. *Гласн. Ск. Нуч. Др-ва. Књ. II, св. 1 и 2. Скопје*.

МИНЕРАЛОШКО-ПЕТРОГРАФСКИ И ГЕОХЕМИСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА СКАРНОВИТЕ ОД НАОЃАЛИШТЕТО ИБЕРЛИ

[1]Кика Шпритова

[1]Министерство за економија на Република Македонја, Сектор за минерални суровини
Kika.Spritova@economy.gov.mk

Абстракт
Во рамките на овој труд ќе бидат прикажани минералошко – петрографските и геохемиските карактеристики на карпестите маси кои учествуваат во геолошката градба на полиметаличното наоѓалиште Иберли. Податоците добиени со лабораториските испитувања главно се однесуваат на репрезентативни примероци земени непосредно пред влез во поткоп III/1, халдата пред споменатиот поткоп, како и примероци земени од халдата на поткоп II/1. Минералошко – петрографските испитувања се вршени со поларизационен оптички микроскоп во пропуштена светлина марка Leitz Vetzlar, Germani, додека геохемиските испитувања се направени со методата на ME-ICP61. Минералошко – петрографските испитувања укажуваат на присуство на карпи кои претрпеле контактно метаморфни промени, термоконтактни промени - скарн, како и ситнозрнаст калцитски мермер. Геохемиските испитувања укажуваат на обогатување или осиромашување на елементите карактеристични за скарновите.

Клучни зборови: Иберли, минералошко – петрографски испитувања, геохемиски испитувања, бакар, железо, цинк, гранат – епидотски скрарн, калцитски мермер.

ВОВЕД

Рудното наоѓалиште Иберли се наоѓа северо-источно од Демир Капија на 10км, воздушно растојание од ова населено место. Тоа е сместено во југозападниот дел на Градешка планина а источно од с. Иберли кое воедно е и најблиско населено место до наоѓалиштето. Надморската висина на која се наоѓа ова наоѓалиште се движи од 800 – 900m а појавите се протегаат во правец СЗ-ЈИ. Должината на минерализацијата која е констатирана изнесува 1km, додека хидротермалните измени кои го пратат контактот помеѓу гранитот и мермерот се протегаат на многу голема должина повеќе од 4km.

Подрачјето се дренира од Буковска река и нејзините притоки која тече скоро во правец И-Зи сите овие реки и притоки имаат вода преку целата година но нивото варира во сушните и влажните периоди на годината. Најголемата количина на вода е содржана во Буковска река која непосредно под контактот помеѓу гранитот и мермерот има неколку извори кои со својата издашност се доста значајни, од која последниот е најголем. Овие извори имаат прилично рамномерна издашност и воглавно рамномерно ја хранат со вода преку целата година Буковска река. Со својата издашност се доста значајни, од која последниот е најголем. Овие извори имаат прилично рамномерна издашност и воглавно рамномерно ја хранат со вода преку целата година Буковска река.

Во поглед на орографијата теренот има главно ерозивен карактер. Главниот планински ланец на Градешки планини се протега во правец север - северозапад, југ - југоисток.

Во периодот 1960 до 1965 година 2, 3, 4, 5, 6, 7, а покасно во текот на 1974 година 8 на наоѓалиштето Иберли се вршени регионални и полудетални геолошки истражувања по пат на рударски истражни работи со 5 истражни поткопи со кои наоѓалиштето е истражено во

приповршинскиот дел, вршено е длабинско дупчење на потесното подрачје на протегање од 1000 до 1500 метри како и неколку дупнатини во СЗ дел од наоѓалиштето. Во текот на 1988 година 1 од страна на Глигоров направена е геолошко – економска оцена на наоѓалиштето Иберли.

ГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ПОШИРОКОТО ПОДРАЧЈЕ НА НАОЃАЛИШТЕТО ИБЕРЛИ

Геолошката градба на наоѓалиштето Иберли и неговата поширока околина се состои од три комплекса на карпи и тоа:

- Комплекс на метаморфни карпи;
- Магматски карпи и
- Асцедентни – изменети карпи.

Комплекс на метаморфни карпи - Во комплексот на метаморфни карпи на наоѓалиштето Иберли се застапени: мермери, шкрилци, песочници, кварцити, микашисти и гнајсеви. Сите овие карпи се од седиментно потекло кои претрпеле степен на метаморфоза т.е. од тие причини се сврстуваат во овој комплекс.

Магматски карпи - Голем дел од непосредната околина на наоѓалиштето е изградена од магматски карпи, од кои се најзастапени: гранити, ефузивни карпи кои се јавуваат како мали жични типови, со мало протегање и мала дебелина и обично се јавуваат како пробои во самиот гранит. По својот петрографски состав и структура тие претставуваат ефузивен еквивалент на гранитот.

Меѓу ефузивните карпи издвојуваме гранодиорит - порфири, кварц - порфири и кератофири и дијабази.

Асцедентно изменети карпи - На контактот помеѓу гранитите и мермерите имаме развиени асцедентни промени. Тие се окарактерисани со образување на скарнови, скарноиди околу скарнови зони силификација, хлоритизација, опализација.

Главниот развој на хидротермалните асцедентни измени и зоната на скарнови е врзана за контактот помеѓу гранитот и мермерната маса.

Зоната на скарнови е најдобро развиена во долината на Буковската река каде теренот најдлабоко е засечен со ерозионите процеси додека оддалечувајки се од оваа долина, зоната на скарнови постепено им одстапува место на другите хидротермални измени какви што се скарноидите околу скарновите зони, силификацијата, опализацијата и др.

Во скарновите во подлабоките делови е врзана и рудната минерализација пропратена со магнетит, свалерит, халкопирит, пирит и др.

Скарнови -Скрановите главно се развиени во долината на Буковска река и постепено одејќи кон југ и север се повлекуваат и се заменети со останатите асцедентни изливи.

Меѓу скарновите разликуваме едноскарнови и егзоскарнови. Ендоскарновите се сосема слабо развиени додека егзоскарновите врзани за мермерите се далеку повеќе развиени.

Ендоскарновите настануваат со трансформацијата на магматската карпа и во нив покрај останатите минерали кои се карактеристични за скарновите како: гранат, пироксени и др. имаме и реликти на магматската карпа кои се тешко подложни на метасоматски процеси а во прв ред циркон.

Егзоскарновите настанале за сметка на потиснување на мермерот каде на места на калцитот се створени пироксени, гранати или пироксени и гранати заедно а во некои е запазен и везувијан.

Минерализацијата на корисните компоненти (магнетит, сфалерит,

халкопирит и др.) северно и јужно од Буковска река е врзана за подлабоките делови на теренот односно сеуште не е раскриена со ерозионите процеси.

Скарноиди -На скрановите имаме наложена хидротермална акција во која температурата е опадната и за сметка на минералите на скарновите имаме стварање на минерали кои се понискотемпературни од минералите на скарновите. Сите овие нови минерали настануваат за сметка на распаѓањето на минералите на скарновите.

Околу скарновски карпи - По своето потекло овие карпи претставуваат метасоматски карпи кои ги пратат скарновите. Во нивниот состав влегуваат калцит, кварц, фелдспат, сфалерит, рудни минерали, хлорит, епидот, апатит, опалит а покрај нив наоѓаме и по некој минерал од скарновите како везувијан. Овие карпи се образувани кога температурата на процесот е уште повеќе опадната и кога во асцедентните раствори игра се поголема улога водата.

Асцедентните процеси даваат продукти кои имаат зонарен распоред во просторот и при кој за најдлабоките делови се врзани скарновите со рудната минерализација понатаму доаѓаат скарноидите и на крај имаме околу скарновски зони кои се одликуваат со епидотизација, хлоритизација, силификација, опализација.

Зонарноста е врзана главно за опаѓање на температурата во просторот во однос на магматскиот центар во кои се врши депонирање на рудоносните раствори.

МИНЕРАЛОШКО-ПЕТРОГРАФСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА СКАРНОВИТЕ

Од наоѓалиштето Иберли земени се репрезентативни примероци непосредно пред влез во поткоп III/1, халдата пред споменатиот поткоп, како и примероци земени од халдата на поткоп II/1, од кои изработени се петрографски препарати, кои се макроскопски и микроскопски прегледани и опишани. Микроскопскиот преглед е извршен со поларизационен оптички микроскоп во пропуштена светлина марка Leitz Vetzlar, Germani. Примероците се третирани и со разредена HCl.

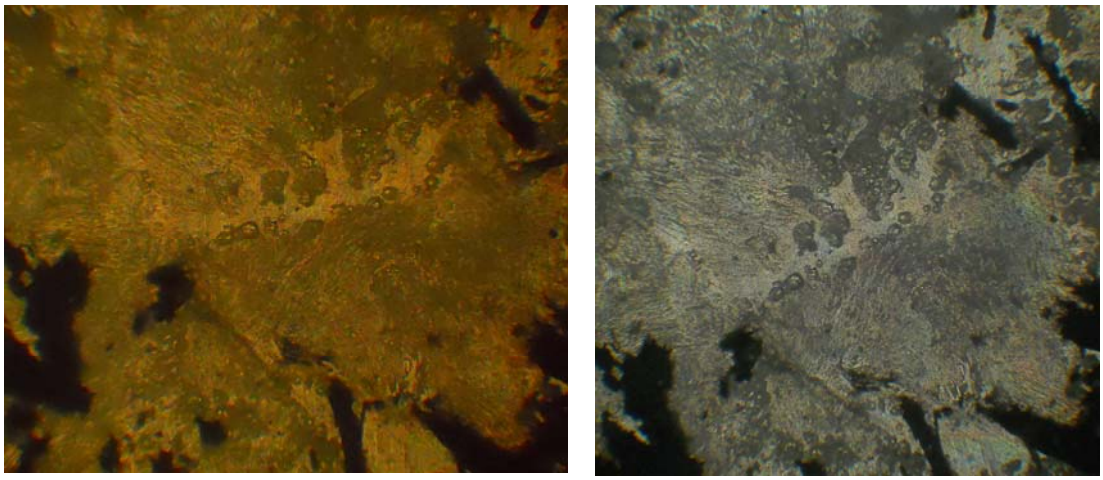
Од извршените микроскопски проучувања на карпи од наоѓалиштето Иберли се гледа дека се застапени карпи кои претрпеле контактно метаморфни промени, термоконтактни промени - скарн, како и ситнозрнаст калцитски мермер (**Примерок И-7**), како резултат на термоконтактен метаморфизам на карбонатни карпи.

Примерок И-3 Карпата е со сиво - зеленкаста боја, а по површина примерокот е прекриен со тенок слој од темно сиви скрами, можно од манганизација. Има ситно до среднозрнаст состав, а масивна текстура на свежиот пресек се гледаат ретки жилици белосивкасто обоени, тенки со дебелина околу 0,5 мм, а прилично паралелни меѓу себе. Карпата е обогатена со масивни форми од темно сива метална минерализација, а поретко се јавува сулфидна минерализација-пирит групирана во издолжени форми, ретки, со должина до 2 мм.

Во основа карпата има нејасно зрнаста структура, која со метасоматоза е интензивно калцитисана. Во карпата преовладува калцитизацијата, финозрнаста, која се појавува во неправилни малку издолжени форми. Овие форми најверојатно претставуваат некој фелдспат, кој целосно е калцитисан односно исполнет со финозрнаст калцит. На места се гледаат малку издолжени

фелдспати делумно заполнети со финозрнаст калцит. Значи од различни минерали се јавуваат чести неправилни зрна на фелдспат - алкален плагиоклас (албит - олигоклас), како и ретки зрна на кварц. Доста често застапен е руден минерал, во неправилни форми кој прави издолжени агрегати, а во чија близина или во асоцијација со него е епидот и поретко гранат. Епидотот се јавува во финозрнасти агрегати и некои покрупни зрна со големина до 0,1 мм. (100 микрона). Гранатот е поредок и се појавува во микрозрна со идиоморфен и хипидиоморфен пресек. Гранатот е најверојатно од групата на гросулар, Са - гранат.

Се јавува жилеста фелдспатизација, слабо застапена. Значи карпата е јако калцитисана и изградена од калцит, фелдспат, ретко кварц, руден минерал, епидот и поретко гранат.



а б

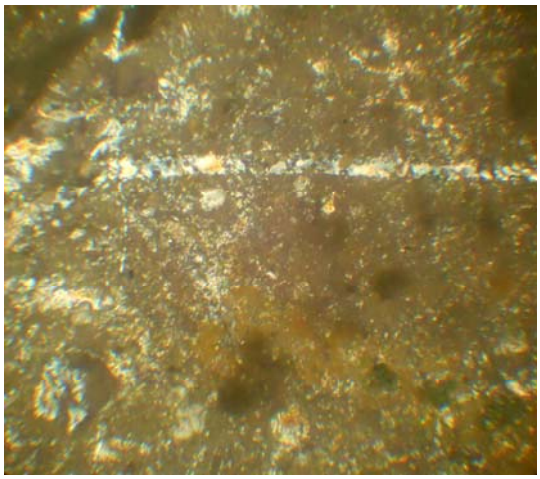
Слика 1. а (N+); 1б (N-) Калцит во крупни агрегати со финозрнаст епидот; Зг. 10 х

Во основа станува збор за гранат - епидотски скарн, кој има среднозрнаст состав, грануластична структура, а масивна текстура. Се состои од фелдспат, кварц, калцит, епидот и гранат, кој е малку застапен. Присуството на гранат е типично за скарновите и укажува на контактни промени кои се одвивале во надворешниот дел на скарнова зона. Исто така присуството на калцит укажува на близина на карбонатната карпа, односно настанат со асимилација од околните карбонатни карпи, а истовремено е дел од егзоконтактното подрачје на контактни промени.

Примерок И-8 Примерокот има сиво - розеникава боја, по неправилни форми сивозеленкасти и розеникави кои се сменуваат и се со различна големина. Тоа е цврста и масивна карпа со среднозрнаст состав. На свежиот пресек се гледаат тенки пукнатини и жиличасти форми, по кои се јавува сулфидна минерализација - пирит. Пирит се јавува испрскано и во масата во финозрнасти кристали и поретко во покрупни форми со должина до 2-3 мм. По површина примерокот е прекриен со темно до светло кафеави скрами од лимонитски оксиди.

Карпата има масивна градба со кварцно - фелдспатски состав. Во основа е фелдспатски состав кој е интензивно метаморфозиран во финозрнаста маса, која не може да се детерминира. Тоа е аморфна маса, најверојатно глиновито- калцитска, слабо прекристализирана, заматена а

сосема ретко се забележува калцит во финозрната маса. Воопшто и самата фелдспатска маса не е типично фелдспат, нејасни и неправилни форми кои се метаморфисани во финозрна глиновито - калцитска маса. Во таа маса се гледаат кварцни зрна во неправилни малку издолжени форми, често катаклазирани зрна. Кварцот е помалку застапен и е катаклазиран.
Накнадно карпата е пресечена со тенки неправилни жилици од силификација, микрокристалеста, пратена со послаба калцитизација, а ретко се јавува и епидот. На места заедно со силициските жилици се јавува и рудна минерализација - пирит во неправилни агрегати. Пирит е редок испрскан во масата во идиоморфни коцкасти пресеци.
Микроскопски гледано карпата изгледа како примарно седиментна карпа која е метаморфозирана и слабо катаклазирана, односно претрпела динамометаморфни промени.



а

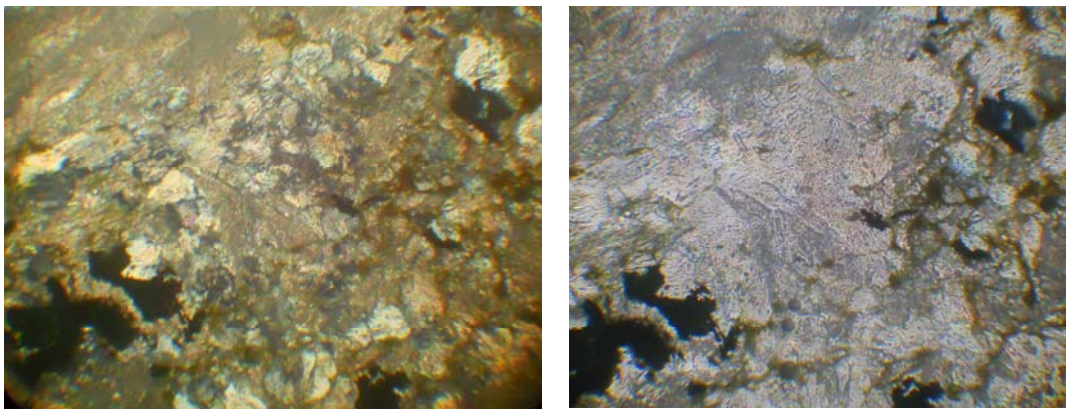
б

Слика 2. а (N+); 2б (N-) Финозрната метаморфна материја – глиновито калцитска аморфна атерија и ретко жилици со силификација

Во основа карпата има реликтна псамитска структура, со што укажува на карпа од парагенетско потекло, која претрпела метаморфни промени. Карпата е метаморфозирана така да фелдспатот е аморфно заматен со глиновито - калцитска маса, а додека кварцот е катаклазиран. Овие промени укажуваат на динамометаморфни промени на кои била подложена карпата.
Примерок И-2 Карпата има темно сиво - зеленкаста боја, крупнозрнаст состав, а цврста и масивна текстура неправилни млазеви и жилици од рудна маса со темно сива до црна боја ја прожимаат основната карпа, која е посветла сивозеленкаста карпа.
Карпата има хетерогранобластична структура од покрупни и поситни неправилни форми.
Со дејство на метасоматски процеси карпата е интензивно карбонатисана, односно калцитот е најмногу застапен во истата. Главно се состои од калцит, фелдспат и кварц, каде калцитот јасно преовладува. Тоа е хетерозрната калцитизација во неправилни покрупни и поситни форми низ целата карпа.
Фелдспатот се јавува во поситнозрнаст состав, често аморфно заматен во поедини делови од зрната. Кварцот е

сосема малку застапен и се јавува во неправилни кристали, често групиран во мали сочива.
Накнадно карпата е пресечена со темно сива рудна маса (магнетит - хематит), која се појавува во неправилни жилести форми и млазеви во карпата.

Спрема појавувањето на рудната минерализација може да се каже да најверојатно, истата е настаната после метасоматските промени кои ги има претрпено карпата, заради тоа што рудната маса ги пресечува сите минерали.

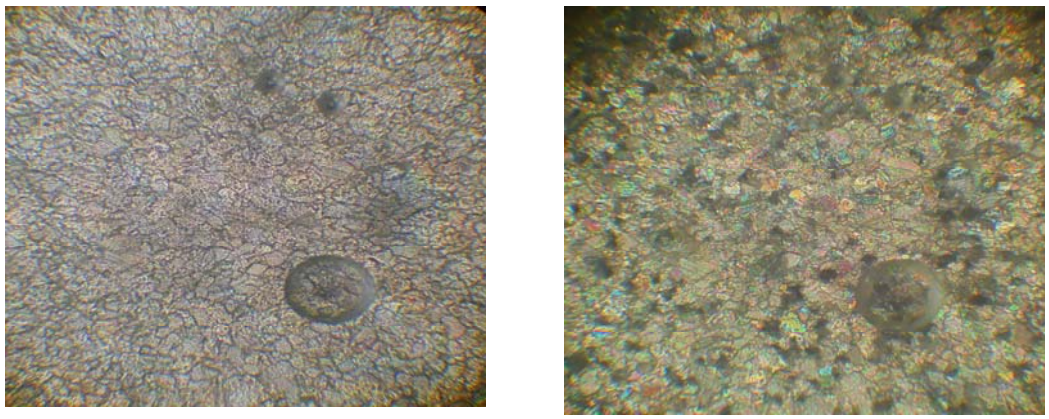


а б

Слика 3. а (N+); 3б (N-) Калцит, фелдспат во неправилни форми и рудна материја

Главно станува збор за контактно метаморфна карпа, која се состои од калцит, фелдспат и кварц. Калцитот јасно преовладува во карпата и укажува на контакт кој е близу со карбонатот, односно крајни делови на скарновиот ореол.
Примерок И-4 Тоа е масивна руда со темно сива боја, сосема слабо мрко црвенкасто нијансирана. Има светлуцав одсјај од поедини рудни микрозрна кои даваат одсјај.

Во микроскоп се гледа дека е тоа рудна маса, масивно застапена во која се јавуваат неправилни жилици и форми од карбонат-калцит. Калцитот е крупнокристаласт и во масивни форми. На места кај поедини кристали јасно се гледаат паралелни полисинтетски ламели на калцитот.
Сосема ретки се ситни зрна на кварц во калцитските жилици.

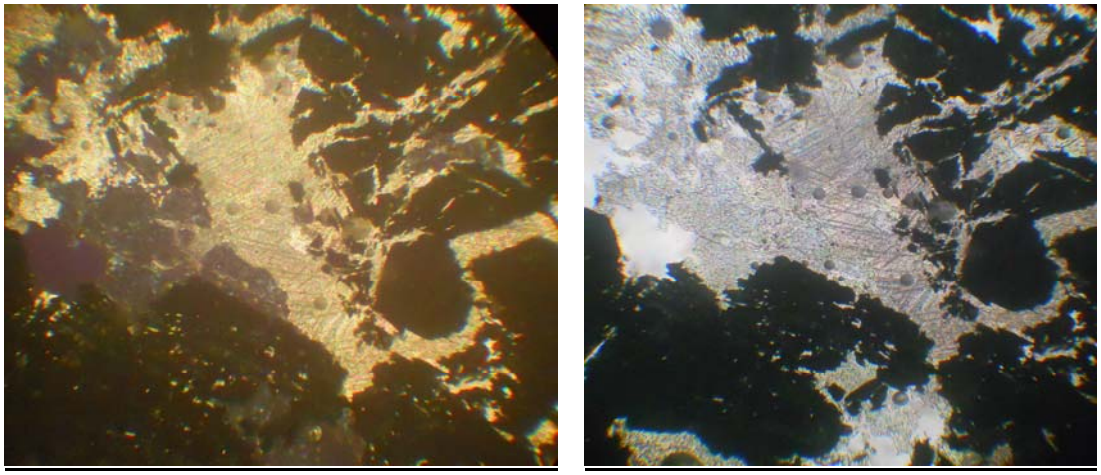


а б

Слика 4. а (N+); 4б (N-) Рудна материја со калцитизација

Станува збор за магнетитско - хематитска руда, масивна со која се јавува и крупнокристалест калцит во неправилни жилици и форми.

Примерок И - 7 Карпата има среднозрнаст до крупнозрнаст состав, а цврста и масивна текстура. По боја е белосивкаста, испресечена со тенки жилици (0,3 мм.), по боја сиви и правилни, а се јавуваат и тенки млазеви ситни-пепелаво сивкасти, дендритични форми од манганизација. По прекршните површини и по површина се јавуваат убави дендритични форми од манганизација. Карпата има карбонатен состав, изградена од калцит. Структура микрокристаласта, а калцитот се јавува во неправилни ситни сахароидни зрна, цврсто споени меѓу себе. Гранулацијата на калцитот е со средна вредност околу 45 микрони. Местимично се јавуваат неправилни делови со покрупнокристаласт калцит со големина на кристалите до 300 микрони. Со овие покрупнокристаласти калцитски форми асоцираат идиоморфни кристали на руден минерал со правоаголни пресеци. Често се застапени тенки пукнатини заполнети со рудна маса во неправилни агрегати.



а б

Слика 5. а (N+); 5б (N-) Ситни кристали калцит со гранулација околу 45 микрони

Општо, може да се каже да испитаните примероци содржат повеќе или помалку калцит, што укажува да истите се метаморфисани во услови на егзоконтактното подрачје на скарнови зони, односно во близина на карбонатната карпа.

ГЕОХЕМИСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ

Податоците добиени со лабораториските испитувања главно се однесуваат на репрезентативни примероци земени непосредно пред влез во поткоп III/1, халдата пред споменатиот поткоп, како и примероци земени од халдата на поткоп II/1. Геохемиските испитувања се направени со методата на ME-ICP61. Извршени се испитувања на преку 25 елементи од кои некои од елементите покажуваат значително зголемени концентрации во однос на нивните вообичаени концентрации карактеристични за скарновите (Таб1). Од добиените резултати се гледа дека содржините на *Си се движат во границите од 2230 и 2290 ppm*., на

цинкот *од 1.64% до 2.92%* и тоа во два примерока, а додека *Fe се движи во границите и изнесува од 2.06 % до 24.4 %.*

Со поранешните истражувања на наоѓалиштето Иберли направени биле повеќе геохемиски анализи кои ги дале следните резултати и тоа: Cu изнесува од 0,6% до 3,76%, Zn изнесува 3,85% и Fe изнесува 26,7%.

Ако направиме споредба за присуството на главните елементи со претходните геохемиски испитувања и најновите испитувања може да се забележи дека постојат одредени мали одстапувања во содржините на главните елементи кои одстапувања веројатно се резултат на изборот на примероците за анализирање и различните методи на испитување, но сепак овие одстапувања се незначителни.

Табела 1. Резултати од извршени испитувања на примероци земени од наоѓалиштето Иберли (во ppm)

Број на проба/ елемент	И-2	И-3	И-3а	И - 7	И-8	И-10	И-11
Ag	7.4	3.6	4.6	3.2	0.6	<0.5	<0.5
Al (%)	0.44	0.67	0.88	0.6	5	7.48	4.46
As	221	6	<5	270	8	8	11
Ba	10	<10	<10	10	630	670	120
Be	118	47.5	45.5	100	0.9	4	1.4
Bi	199	178	272	481	71	3	2
Ca (%)	13.6	14.85	18.5	11.3	0.63	1.12	17
Cd	1.6	144.5	94	2.2	<0.5	<0.5	0.6
Co	56	39	30	65	20	6	8
Cr	4	4	2	3	14	14	33
Cu	**11**	**2230**	**2290**	**19**	**397**	**3**	**30**
Fe (%)	**21.7**	**10.65**	**10.05**	**24.4**	**3.56**	**2.06**	**2.12**
Ga	10	10	10	10	10	20	10
K (%)	0.01	<0.01	<0.01	0.01	4.2	3.58	1.57
La	<10	<10	<10	<10	20	30	20
Mg (%)	0.71	1.39	1.49	0.93	0.19	0.64	1.62
Mn	8640	13800	17800	8190	321	287	750
Mo	9	8	1	8	239	<1	<1
Na (%)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.18	2.62	0.03
Ni	3	1	1	1	2	4	24
P	80	70	50	60	340	550	400
Pb	17	78	102	32	12	22	5
Sr	115	132	131	103	115	227	183
Ti (%)	0.01	0.02	0.01	0.01	0.15	0.23	0.21
V	10	12	16	10	35	50	54
W	2040	1120	510	1690	20	<10	<10
Zn	216	**2.92(%)**	**1.64(%)**	318	39	26	52
Au	0.013	0.006	<0.005	0.02	<0.005	<0.005	<0.005

Посебно внимание заслужуваат резултаите од испитуваните примероци И-3 и И-3а кои со минералошко петрографските испитувања се детерминирани како оруднет гранатско – епидотски скарн. Во рамките на овие испитувања на овие два примерока се добиени високи концентрации на манган (над 13 800 ppm) следени со зголемени

концентрации на Sr, W, Co, Cd, Bi, Be и Ag. Присуството на претходно спомнатите елементи укажува на фактот дека во наоѓалиштето Иберли е присутна значајна асоцијација на елементи која заслужува и подетални испитувања.

Во примероците И-8, И-10 и И-11 се констатирани зголемени концентрации на следните микроелелемнти: P, Sr, Mo (примерок И-8), La, Ga, Ba и Cr.

Од изнесените податоци за геохемиските карактеристики на наоѓалиштето Иберли може да се констатира дека во ова наѓалиште е присутна мошне интересна асоцијација на елементи од типот на Cu, Za, Fe, Mn, Ag, W, Be, Bi, Cd, Sr и др. што укажува на присуство на полиметалична минерализација. За потврдување на оваа констатација потребно е да се направат поголем број на испитувања на репрезентавни примероци земени од спомнатото наоѓалише. Но сепак иако станува збор за мал број на испитувања, истите укажуваат на еден единствен заклучок дека наоѓалиштето Иберли заслужува внимание од минералошки, хемиски и геохемиски аспект.

ЗАКЛУЧОК

Врз основа на претходно изложеното за наоѓалиштето Иберли може да се заклучи дека минералошко – петрографските испитувања укажуваат на присуство на карпи кои претрпеле контактно метаморфни промени, термоконтактни промени - скарн, како и ситнозрнаст калцитски мермер, додека геохемиските испитувања укажуваат на обогатување или осиромашување на елементите карактеристични за скарновите.

Исто така за наоѓалиштето Иберли е потребно да се предвидат и да се направат дополнителни анализи како што се рудно - микроскопски испитувања, детално одредување на нивниот хемиски и минералошки состав се со цел добивање на подетални податоци за минералошкиот и хемискиот состав на наоѓалиштето Иберли, што понатаму би се изработиле инвестициони и технички студии за негово детално геолошко истражување и утврдување на составот и квалитетот на минералната суровина и рудните резерви со цел за отварање и експлоатација на минералните суровини од наоѓалиштето Иберли.

ЛИТЕРАТУРА

Глигоров, В., 1988: Анализа на резултатите од досегашните истражувања на лежиштето Иберли со предлог за понатамошни истражни работи со посебен осврт на пресметка на геолошко - економска (вредносна) оценка во стадиум на претходни истражувања, Стручен фонд на РО "Макметал – Инженеринг" – Скопје.

Иванов. Т., Чулев, Ѓ., 1962: Извештај за истажните работи во Буковска река, Стручен фонд на Геолошки завод Скопје.

Иванов. Т., Чулев, Ѓ., 1963: Извештај за истажните работи во Буково, Стручен фонд на Геолошки завод Скопје.

Иванов. Т., Чулев, Ѓ., 1964: Извештај за истажните работи во Буково, Стручен фонд на Геолошки завод Скопје.

Иванов. Т., Иванова, В. Денковски, Ѓ., Чулев, Ѓ., 1965: Извештај за извршените работи во Буково и локалностите Баркли и Конче, Стручен фонд на Геолошки завод Скопје.

Стојанов, Р., 1960: Извештај за истажните работи на рудните појави на бакар, цинк и железо – Буковска река кај с.

Иберли, Стручен фонд на Геолошки завод Скопје.

Страчков, М., Христов, С., 1961: Геолошки елаборат за рудните појави Буковска река кај с. Иберли, Стручен фонд на Геолошки завод Скопје.

Чулев, Ѓ., Хаџипетрушев, Б., 1974: Завршен годишен извештај за извршени геолошки работи на металогената област Конечки Планини, Стручен фонд на Геолошки завод Скопје.

GARNET-ANDALUSITE/SILLIMANITE-BIOTITE XENOLITHS FROM THE DACITE OF SLAVKOVICA (LJIG, SW SERBIA)

Nada Vasković, Danica Srećković – Batoćanin, Suzana Erić, Vesna Matović

University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Djušina 7, 11000 Belgrade, Serbia
nada.vaskovic@rgf.bg.ac.rs; danica.sreckovic@rgf.bg.ac.rs; suzana.eric@rgf.bg.ac.rs; vesna.matovic@rgf.bg.ac.rs

EXTENDED ABSTRACT

INTRODUCTION

The dacite mass (18 km^2) of the village Slavkovica (~ 5 km SW from Ljig) comprises a number of scattered, oval to rounded or irregular (mostly blocky) dark grey to almost black xenoliths of contact metamorphosed terrigenous Upper Cretaceous flysch sediments. The xenoliths vary in size (< 1 cm to 20-30 cm in diameter). Contacts with the host dacite are sharp. Although they are easy recognizable in the host rock, the geological data are lacking. In the wider area only cognate enclaves and xenoliths of thermally metamorphosed pelites and psammites from dacito-andesite mass of Zagrađe (~ 30 km west from Slavkovica) are petrographycally described (Rakojević, 1960). Therefore the occurrences of contact metamorphosed pelite xenoliths of about 15 cm in diameter were sampled from the Slavkovica quarry „Ljuta stena“ for petrological study.

In this paper we present in brief the first preliminary petrographic data and mineral chemistry of a few sampled biotite-garnet rich metapelitic xenoliths, as well as P-T estimates of pyrometamorphic influence.

GEOLOGICAL SETTING

The Oligocene (32 Ma) dacitic shallow intrusion of Slavkovica is situated ~ 30 km east of the Rudnik Mts. volcano-intrusive complex (for detail see Cvetković et al., 2016) and ~75 km southwest from Belgrade (Fig. 1). It is intruded into the turbidite sequences of the Upper Cretaceous flysch sediments ranging in age from Cenomanian to Maastrichtian, which are characterized by alternation of sandstone (mostly greywacke with variable amount of clayey component), siltstones and shales. The lower parts of these sequences are mostly composed of sandy to clayey limestone (rarely pure) and marls (Filipović et al., 1978). The basement is represented by Upper Jurassic serpentinites and ophiolite melange, as well as Triassic carbonate rocks.

The dacite mass is homogenous, hollocrystalline. It is phenocrysts-rich and mostly composed of oval shaped or idiomorphic phenocryst of quartz up to 10 mm in diameter, and subordinate plagioclase and biotite phenocrysts up to a few mm in diameter settled in very finegrained to microcrystalline groundmass (for detail see Terzić & Vukov, 1984).

The contact metamorphosed, mostly pelitic xenoliths of different shape (angular to oval), ranging in size from 1 to 30 cm, occur in marginal parts of dacitic mass (Fig. 2). They are finegrained and comprise garnet porphyroblasts up to 3 mm in diameter. Contact with the host dacite is mostly sharp, although some xenoliths are rimmed by white very finegrained to almost cryptocrystalline mixture of feldspar and quartz up to 3 mm wide or cross-cut by veinlets of the same features with a maximum thickness of 1-2 mm - this phenomenon could be the result of extraction and crystallization of small amount of H_2O-rich melts realized during the pyrometamorphism(?).

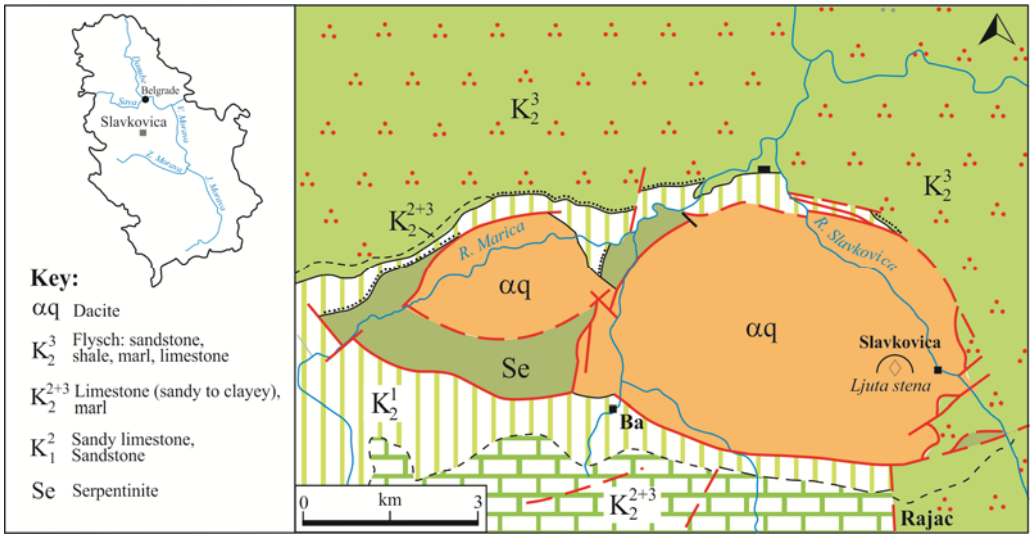


Fig. 1 *Simplified geological map of the Slavkovica area (according to OGK SFRJ 1: 100 000; Sheet Gornji Milanovac; Filipović et al., 1978).*

METHODOLOGY

Chemical microanalyses of minerals were performed on the polished samples of xenoliths under high vacuum using SEM-EDS JEOL JSM-type 6610LV at the Laboratory of Scanning Electron Microscopy of the Faculty of Mining and Geology (Department of Mineralogy, Crystallography, Petrology and Geochemistry, University of Belgrade). The quantification of the elements was performed by external standards. The petrographic study was made on thin-section under the optical microscope with attached camera.

Fig. 2 *Irregular to rounded contact metamorphosed xenoliths within dacite mass at the quarry Ljuta stena.*

RESULTS AND DISCUSSION

The examined contact metamorphosed xenoliths are schistose and finegrained (< 0.1 - 0.5 mm), with large porphyroblast of garnet (up to 3 mm in diameter), Fig. 3.

Mineral assemblage comprises biotite, garnet, plagioclase, K-feldspar, andalusite, sillimanite, spinel (hercynite), corundum, ± quartz, ilmenite and magnetite. Accessories are monazite and allanite.

Biotite flakes are reddish brown, locally gently bent, foliated, and with sparse inclusions of opaques (ilmenite?). They are associated with needles and prismatic grains of andalusite-sillimanite, small irregular or subhedral grains of hercynitic spinel, corundum and ilmenite in feldspar matrix (Fig 3). X_{Mg} = 0.455-0.561; Ti (apfu) = 0.402-0.579, Al^{IV} (apfu) = 2.565-3.134 and Al^{VI} (apfu) = 0.221-0.569 (Fig. 4a, b).

Plagioclase ($An_{19-27}Or_{3-9}$; $An_{31-36}Or_{0.1-3}$) is zoned, subhedral to euhedral and variable in size (< 0.1 - 1 mm).

Garnet is almandine ($Alm_{68-76}Py_{15-18}$). Anhedral to subhedral porphyroblasts range in size from 0.1 to 1.5 mm, in places up to 3mm (Fig 3).

Al_2SiO_5 phases (andalusite/sillimanite) comprise negligible amount of Fe^{2+} (0.001-0.01 apfu). Prismatic andalusite and acicular to fibrous sillimanite make foliated or spray aggregates within plagioclase (Fig 3a). Larger elongated prismatic grains are present in places.

Corundum is anhedral to euhedral (Fig. 3). A very finegrained aggregates can be found in places within feldspar pockets. The trace of Fe- and Ti-components (<0.005 apfu) is present in corundum.

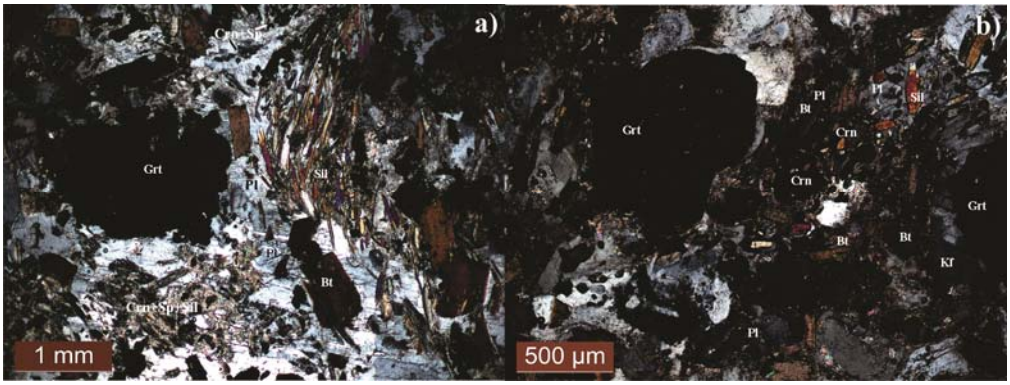


Fig. 3 *Microphotographs in plane polarized light of garnet-andalusite/silimante - biotite xenoliths from the Slavkovica dacite with large garnet porphyroblasts. The finegrained aggregates of sillimanite + corundum ± spinel illustrate a high temperature contact metamorphic condition. Mineral abbreviations are according to Kretz (1983)*

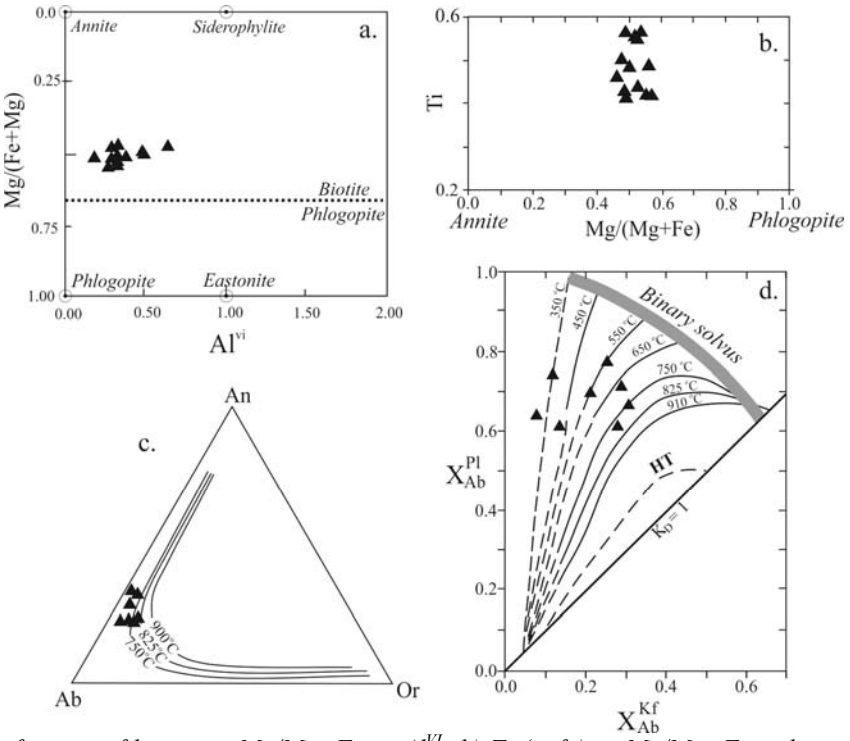


Fig. 4 *a) Classification of biotite in Mg/Mg+Fe vs Al^{VI}; b) Ti (apfu) vs Mg/Mg+Fe in biotite; c) Ab-Or-An diagram with isotherms at 1kbar (750°C and 825°C) and 0.5 kbar (900°C) according to Seck (1971); d) graphical two-feldspar thermometer (Brown & Parsons,1981).*

Spinel-hercynite is almost pure $FeAl_2O_5$ phase with minor Cr (<2 ppm), X_{Mg} = 0.25 - 0.38. It occurs in dark green subhedral grains (0.01 to 0.15 mm in size) associated with corundum ± sillimanite ± ilmenite.

All analyzed anhedral ilmenites are close to $FeTiO_3$ with 0.12-0.60 % MgO and 1.37-2.06 % MnO.

K-feldspar ($Or_{72-90}Ab_{10-31}$) is rare and anhedral.

Quartz is scarce and tiny (< 0.1 mm) – interstitial, commonly associated with feldspars.

Metamorphic temperatures are estimated for assumed pressure of 0.5 to 1.5 kbar taking into consideration the shallow intrusion of dacite (Fig. 4 c, d). Application of garnet-biotite thermometer (Bhattacharya et al, 1992; Dasgupta et al.,1991) reveals the temperature range of 560-620 (±25) ^oC. The two-feldspar thermometer suggests that the crystallization of feldspars took part at 550-650 (±50) ^oC (Brown and Parsons,1981; Seck, 1971). The obtained temperatures indicate that the emplacement temperature of dacitic magma was probably between 700 and 750 ^oC.

Key words: metapelites, hornfelses, xenoliths

REFERENCES

Bhattacharya, A., Mohanty, L., Maji, A., Sen, S. K. & Raith, M. 1992. Non-ideal mixing in the phlogopite–annite binary: constraints from experimental data on Mg-Fe partitioning and a reformulation of biotite-garnet thermometer. *Contributions to Mineralogy and Petrology* 111: 87–93.

Brown W. L, Parsons, I. 1981. Towards a more practical two-feldspar geothermometer. *Contributions to Mineralogy and Petrology* **76**: 369 -377.

Cvetković, V., Šarić K., Pécskay, Z., and Gerdes. A. 2016. The Rudnik Mts. Volcano-intrusive complex (Central Serbia): An example of how magmatism controls metallogeny. *Geologica Croatica* 69(1): 89-99.

Dasgupta, S., Sengupta, P., Guha, D., and Fukuoka, M., A. 1991. Refined Garnet–Biotite Fe–Mg Exchange Geothermometer and Its Application in Amphibolites and Granulites, *Contributions to Mineralogy and Petrology* 109: 130–137.

Filipović, I., Marković, B., Pavlović, Z., Rodin, V., Marković, O. 1978. *Osnovna geološka* karta SFRJ 1:100000. *Tumač za list Gornji Milanovac* L34-137. Savezni geološki zavod, Beograd: 65 pp.

Kretz, R. 1983. Symbols for rock-forming minerals. *American Mineralogist* 68: 277 - 279.

Rakojević, S. 1960. Anklave u andezitsko-dacitskim stenama Zagrađa (Rudnik). *Vesnik, Serija A*, **XVIII**: 341–360.

Seck, H.A. 1971. Koexistierende Alkalifeldspate und Plagioklase im System $NaAlSi_3O_8$ – $KalSi_3O_8$ – $CaAl_2Si_2O_8$ - H_2O bei Temperaturen von 650° bis 900°C. *Neues Jahrbuch für Mineralogie Abhandlungen* 115: 315–345.

Stormer J. C. 1975. A practical two feldspar thermometer. *American Mineralogist* 60, 667-674.

Terzić, M. & Vukov, M. (1984): Prilog petrologiji Šumadije - Daciti Slavkovice. *Zapisnici SGD* za 1983: 17–23.

BLADED QUARTZ TEXTURE AND ITS RELATIONSHIP TO ELECTRUM MINERALIZATION IN THE EOCENE, LOW-SULFIDATION KUKLITSA GOLD DEPOSIT, SE BULGARIA PRELIMINARY DATA

Irina Marinova, Elena Tacheva

Institute of Mineralogy and Crystallography, Bulgarian Academy of Sciences, irimari@gmail.com

Abstract
The paper presents two styles of bladed quartz texture in the Kuklitsa gold deposit, Krumovgrad goldfield, SE Bulgaria. The first style appears as thin veinlets just above a low-angle detachment fault where bladed quartz associates with 10-20 vol. % of adularia; scarce pyrite; and electrum of high grade. The veinlets cross-cuts a layer-like body of replacement of clastic sediments by massive quartz of low gold and silver grades. The body is developed just above the detachment fault with dips consistent with the detachment fault dip. The second style is presented by steep veins which fill listric faults. It is developed above the detachment fault at a higher level compared to the first style There bladed quartz associates with adularia of 1-2 vol. % and scarce both electrum and pyrite. Composition of electrum from the two styles of bladed quartz is presented on the basis of a few samples.The first style is modeled as the first boiling horizon, of relatively higher degree of boiling and hence – effective precipitation of electrum just above the detachment fault. The second style is modeled as second boiling at a higher level, lower temperature and respective lower Au/Ag ratio, of lower efficiency in respect to electrum deposition and of respective lower electrum grade. The offset of veins in the central portion of the deposit containing bladed quartz is explained with displacement along a post-ore steep right normal-slip fault.

Key words: platy calcite, bladed quartz texture, electrum, epithermal gold, Kuklitsa gold deposit, Krumovgrad goldfield

INTRODUCTION

Quartz of bladed texture is common in epithermal, low-sulfidation precious-metal deposits (White &Hedenquist, 1995), analogue of modern geothermal systems (Hedenquist and Lowenstern, 1994). Bladed quartz texture is formed as a pseudomorph after platy calcite (White &Hedenquist, 1995). Platy calcite deposits from a boiling CO_2-containing fluidinmodern geothermal systems (Simmons and Christenson, 1994). For example, in the Broadlands-Ohaaki geothermal system platy calcite crystals form over restricted intervals of 100 to 300 m above the point where rising geothermal water first flashes to steam, thus it indicates the site of first boiling. In contrast, crustiform-colloform-banded amorphous silica forms in the surface pipe work (Tuloch, 1982 in Simmons and Browne, 2000). In some fossilized geothermal systems like the Hishikari low-sulfidation gold deposit, bladed quartz is present largely below the high-grade gold zone (Etoh et al., 2000). Since the presence of both platy calcite and bladed quartz are indicative of boiling and boiling is considered as a key factor for effective gold precipitation in the epithermal, low-sulfidation precious-metal deposits (e.g., review in Pokrovski et al., 2014) and in modern geothermal systems (e.g. Simmons and Browne, 2000), that is why both bladed quartz and platy calcite are largely researched in such environments.

In this work, different styles of bladed quartz texture in the Kuklitsa low-sulfidation gold deposit are considered and an attempt for geological implication of this texture is made.

GEOLOGICAL FRAMEWORK

The Kuklitsa deposit is a small deposit (1.3 t at 4.5 g/t Au, D. Jelev - personal communication) and appears part of the Krumovgrad goldfield (approximately 60 km^2 in area), located in the Eastern Rhodope Mountain and in the eastern part of the Rhodope Tectonic Zone (Nachev and Nachev, 2001). This goldfield includes also the middle in tonnage Khan Krum (also known as Ada Tepe) deposit (25 t Au at 5.07 g/t and 13 t Ag at 2.7 g/t), the small Surnak deposit and the occurrences of Synap, Skalak and Kupel (Jelev, 2007) (Fig. 1). Only the Khan Krum deposit is dated and its age (34-35 Ma, Priabonian) is obtained by $^{40}Ar/^{39}Ar$

geochronology of adularia (Marchev et al., 2004; Marton, 2009).

The Krumovgrad goldfield is related to the Tokachka detachment fault along which the Kessebir-Kardamos metamorphic dome has been exhumed (Fig. 1) (Bonev, 1996, 2002; Bonev et al., 2006).

GEOLOGICAL SETTING OF THE KUKLITSA DEPOSIT

The deposit is located about 300 km to the SE of Sofia, 7 km to the SSW of the town of Krumovgrad, 2 km to the SSW of the Khan Krum deposit and to the south of Kessebir river, between the hamlets of Kokoshar and Shturbina of the Kuklitsa village. The deposit is situated next of the western board of the Ludetina half graben which is a strongly jutted out to the SE branch of the MomchilgradPaleogene Depression (Goranov et al., 1995) (Figs 1, 2).

Basement of the Ludetina half graben are metamorphic rocks of the Kessebir swelling (Goranov et al., 1995) or the Kessebir-Kardamos gneiss dome (Bonev et al., 2006). The metamorphic rocks are metamorphosed in amphibolite facies (Goranov et al., 1995; Bonev, 2002).

The metamorphic rocks of the dome are divided into two units: a lower, gneiss-migmatitecomplex(ortho- and paragneisses, and migmatites) and an upper, variegated one (amphibolites, marbles, para- and orthogneisses, ultramafites, schists) (Fig. 1; Marchev et al., 2004). The age of protoliths of the lower structural complex is Carboniferous (328±25 Ma, Rb-Sr geochronology) (Peycheva et al., 1998) and that of the upper complex – Ordovician (U-Pb zircon geochronology, Bonev et al., 2010a). The $^{40}Ar/^{39}Ar$ isotopic ratio for metamorphic rocks of the lower structural complex indicates a cooling process via exhumation through detachment faulting down to 350 °C that happened between 38-36 Ma (Marton, 2009; Bonev et al., 2010b). In the Kuklitsa deposit the lower complex is presented by metagranites and gneissic granites, whereasthe upper complex – by amphibolites, amphibole and biotite gneisses (Fig. 2).

Boundary between the lower gneiss-migmatite complex and the overlaying variegated complex + half grabensediments appears the regional low-angle Tokachka detachment fault – an extensional mylonitic shear zone with a brittle overprint (Bonev, 1996). In the Kuklitsa deposit the detachment fault has north-south strike which changes southerly of the Kokoshar hamlet to the SE. It dips at 15-20° to the east (Figs 1, 2). The plastic deformation of the shear zone was in low-temperature amphibolite to high-temperature green-schist facies of metamorphism (Bonev, 2002).

The Ludetina half graben is filled with breccias, breccia-conglomerates and sandstones of the Shavar formation (part of the Maastrichtian-Paleocene Krumovgradqroup, Goranov and Atanasov, 1992) as well as sediments of the Priabonian Coal-bearing-sandstone and Marl-limestone formations (Goranov et al., 1995) (Figs 1, 2).The breccias and breccia-conglomerates of the Shavar formation are polymictic, block-, boulder-, cobble- to gravel-sized, poorly sorted and weakly consolidated, of colluvial-proluvial origin. The Shavar formation comprises also olistostromes and olistoliths (Kazalova-Stankova, 2012). Breccias are almost without cement, whereas breccia-conglomerates have sandy or clay-carbonate cement. The clasts originate from diverse metamorphic rocks and sharply prevail over the cement. The sandstones are middle-grained to gravel-sized with quartz-clayey cement. In general, the bedding of the finer Shavar formation sediments in unclear or oblique to horizontal in places, to clearly dipping to the SE (consistent with the detachment fault dip), while it is absent in the coarse-grained varieties (Kazalova-Stankova, 2012; Goranov and Atanasov, 1992). These sediments appear lower freshwater molasse implying geodynamic environment (Nachev, 1980). The Shavar formation is defined as a syn-detachment one, while the two Priabonian formations – as post-detachment ones (Marchev et al., 2004; Fig. 1).

According to Balcan Mineral and Mining (BMM) the gold mineralization in the Kuklitsa deposit is hosted by breccias, breccia-conglomerates and sandstones of the Shavar formation in the hanging wall of the Tokachkadetachment fault. The hydrothermal alterations are defined as argillization, moderate and intense silicification (Fig. 2). Silicification reaches the bottom of sediments only in the western portion of the deposit. In the central and eastern portions silicification is developed as a blanket not reaching the detachment fault plane with lower boundary

strongly undulating and staying at some distance (20-40 m) above the fault (borehole data, Kazalova-Stankova, 2012).

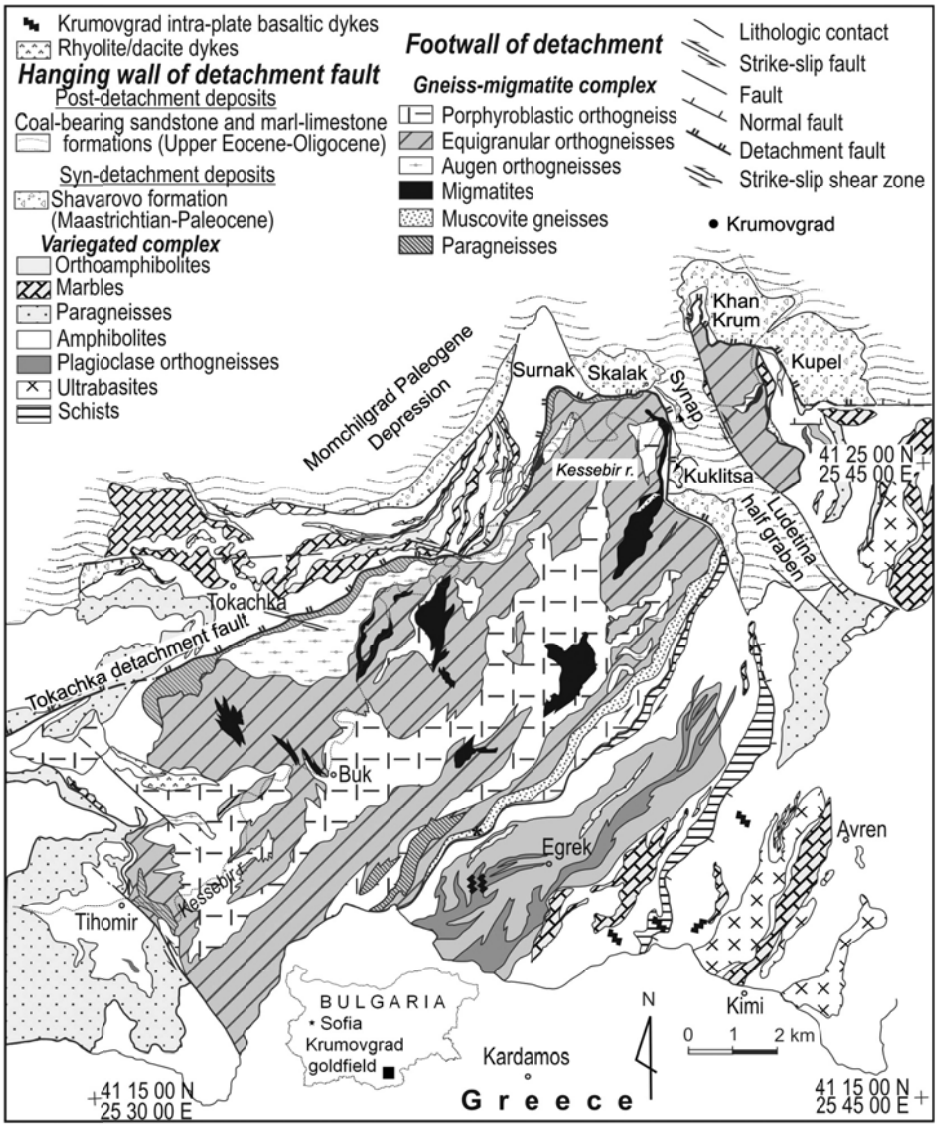


Fig. 1 *Geological map of the Kessebir metamorphic dome (from Marchev et al., 2004; courtesy of P. Marchev) with added locations of deposits and occurrences in the Krumovgrad goldfield*

MATERIALS AND METHODS

The area of the Kuklitsa deposit was surveyed and outcrops of hydrothermally altered rocks and veins were sampled (Fig. 2). The taken samples were studied under optical microscope in transmitted and reflected light. The quantitative mineral proportions were defined visually in random sections through graphic standards taken from Sultanov (1988). Composition of electrum was determined in three samples, numbered and shown on Fig. 2. In sample no. 6 composition of electrum was determined on 3 polished sections with 16 spot analyses. Determinations were made using electron microprobe analysis by EDAX 9100/60(5) energy-dispersive spectrometer, mounted on a Philips-515 SEM, at accelerating voltage of 20 kV and standards pure metals(IMC-BAS).

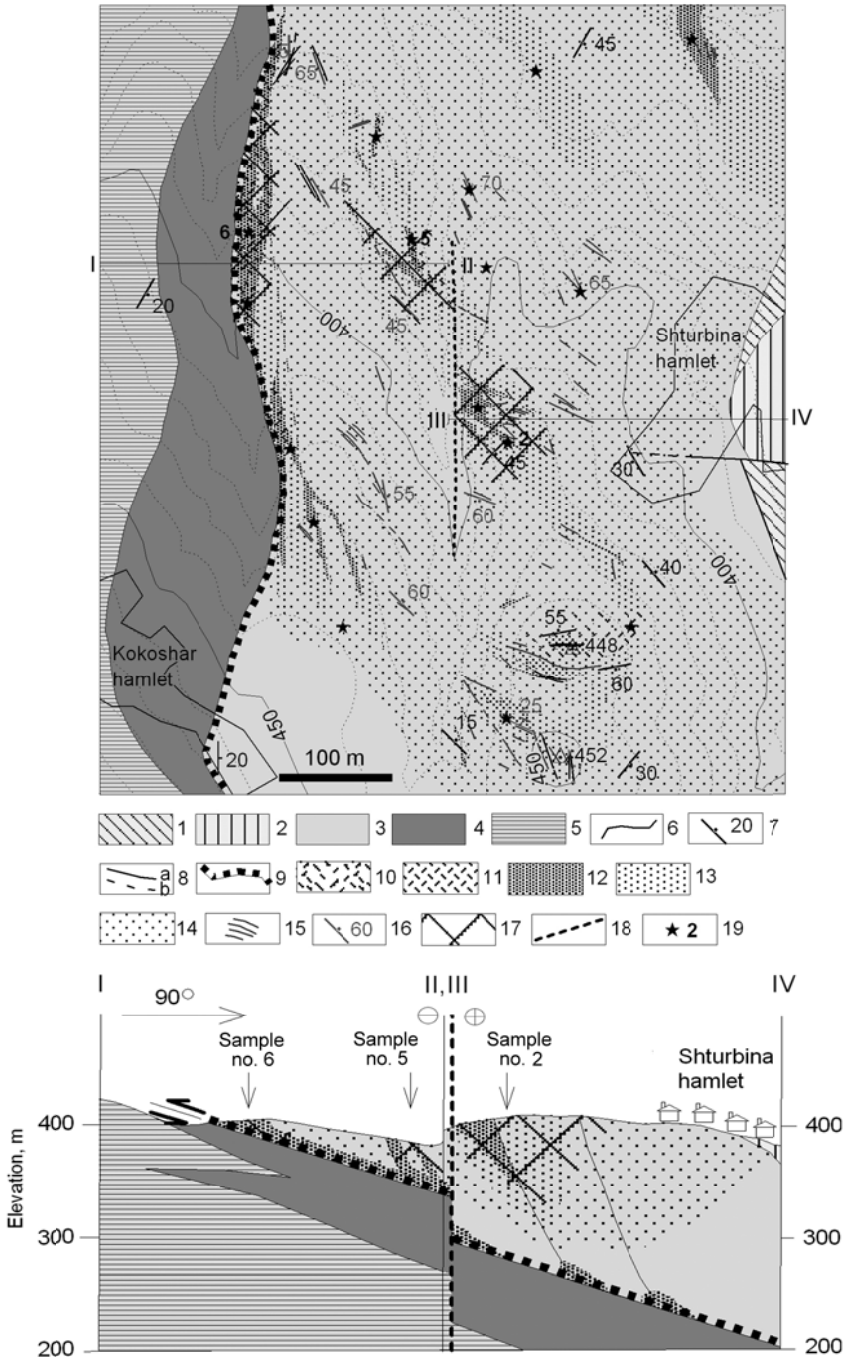


Fig. 2 *Geological map of the Kuklitsa deposit (courtesy of BMM) and author's cross section along I-II and II-IV lines: 1-2 – Eocene: 1 – Coal-bearing-sandstone formation (massive sandstones and siltstones), 2 – polymicticbreccias; 3 – Maastrichtian-Paleocene: Krumovgrad group (coarse polymicticbreccias, breccia-conglomerates and sandstones); 4-5 – pre-Paleogene basement: 4 – Rupchos group (layered amphibolites, amphibole and biotite gneisses), 5 – Arda group (equigranular and porphyroblasticmetagranites and granite-gneisses); 6 – lithologic contact; 7 – bedding/foliation; 8 – fault: a – traced, b – inferred; 9 – Tokachka detachment fault; 10 – cracking; 11 – silica sinter; 12 – intense silicification; 13 – moderate silicification; 14 – argillization; 15 – quartz veins; 16 – strike and dip of fault/quartz vein; 17 – outcrops of bladed quartz, this study; 18 – inferred fault, this study; 19 – site of sampling and sample number, this study*

In samples no. 2 and no. 5 composition of electrum was determined on aggregates liberated from silicate matrix with hydrofluoric acid (HF). Decomposition of silicates was necessary because of the dispersed appearance of electrum in these samples. The electrum aggregates were hand-picked randomly under stereomicroscope. Five aggregates from each of the two samples were analyzed with a single spot electron

microprobe analysis. The analyses were carried out on ZEISS SEM EVO 25 LS–EDAX Trident (IMC-BAS) at acceleration voltage of 20 kV, beam current 500 pA. The standardless quantification results are performed via an automatic background subtraction, matrix correction, and normalization to 100% for all of the elements in the peak identification list.Minerals of platy texture were investigated by X-ray analysis to differentiate between platy calcite and bladed quartz.

RESULTS

In the Kuklitsa gold deposit platy calcite was not identified. Mineral of platy texture was only quartz forming aggregates of micron-sized grains. The bladed quartz is constrained to the hanging wall of the detachment fault. There, it is observed in two styles of epithermal mineralization: (i) thin veinlets just above the detachment fault (Fig. 3a) and (ii) steep veins of sharp tectonic contacts and thickness commonly in the range of 5-50 cm and infrequently to 1-2 m (Fig. 3b). Veins usually display multiple episodes of filling and deposition of massive quartz or platy calcite. The lather has been replaced by bladed quartz (Fig. 3b). Outcrops of both types of bladed quartz have close heights a.s.l. but they are separated in space (Fig. 2).

In the first style, bladed quartz is accompanied by 10-20 vol. % of adularia, scarce pyrite, and electrum of the highest grades ever observed microscopically in this deposit. All these minerals are very fine-grained – up to 10-20 μm in size. Electrum displays clear attachment to blades of former calcite replaced by fine-grained intergrowths of quartz and pseudorhombic adularia. Paragenesis consists of quartz, adularia, electrum, and pyrite. Chemical composition of electrum from the first style of bladed quartz is very simple; the mineral contains only gold and silver. The two analyzed samples of this style display close range of gold and silver contents. Their Au/Ag ratiosare above 3.00 (Table 1; Fig. 4).

In the second style, bladed quartz associates with adularia (1-2 vol. %) and scarce both electrum and pyrite which form discrete grains, all up to about 10-20 μm in size. In the outcrops of the second style the detachment fault is not seen. It is hundred meters below (Fig. 2). Composition of electrum representing the second style appears clearly different from the composition of electrum from the first style. It is poorer in gold and enriched in silver with respective lower Au/Ag ratio, generally below 3.00 (Tab.1; Fig. 4).

DISCUSSION

The presence of two styles of bladed quartz with different textural features, mineral abundances and electrum of different compositions means either two different levels of one boiling stage (first and second boiling) or two different boiling fluids. The positive correlation between adularia and electrum abundances observed in the next larger Khan Krum deposit (Marinova et al., 2014) allows the author to conclude that the bladed quartz of the first type (veinlets of bladed quartz associated with increased adularia abundance) marks the first boiling level of more violent phase separation and hence – more effective precipitation of electrum being just above the Tokachka detachment fault. The footwall-hanging wall interface of the Tokachka fault characterizes with a layer-like silicification with verydisseminated electrum. Such layer-like silicifications outcrop also in the Khan Krum deposit (Marchev et al., 2004; Jelev, 2007; Marinova et al., 2014) and the Synap occurrence (Marinova, 2011) and bear evidence for channelizing effect of the detachment fault. These layer-like bodies of massive silicification obviously had have sealed the footwall-hanging wall interface and most likely caused building up of the fluid pressure. The first boiling episode in the Kuklitsa deposit probably occurred when superpressurized fluid ruptured the sealing horizon and the invading fluid flashed in the newly formed fractures. In the literature there are another cases illustrating channelized flow in shear zones and detachment faults (e. g., Seidel et al., 2005; Gottardi et al., 2013; Quilinchini et al., 2015).

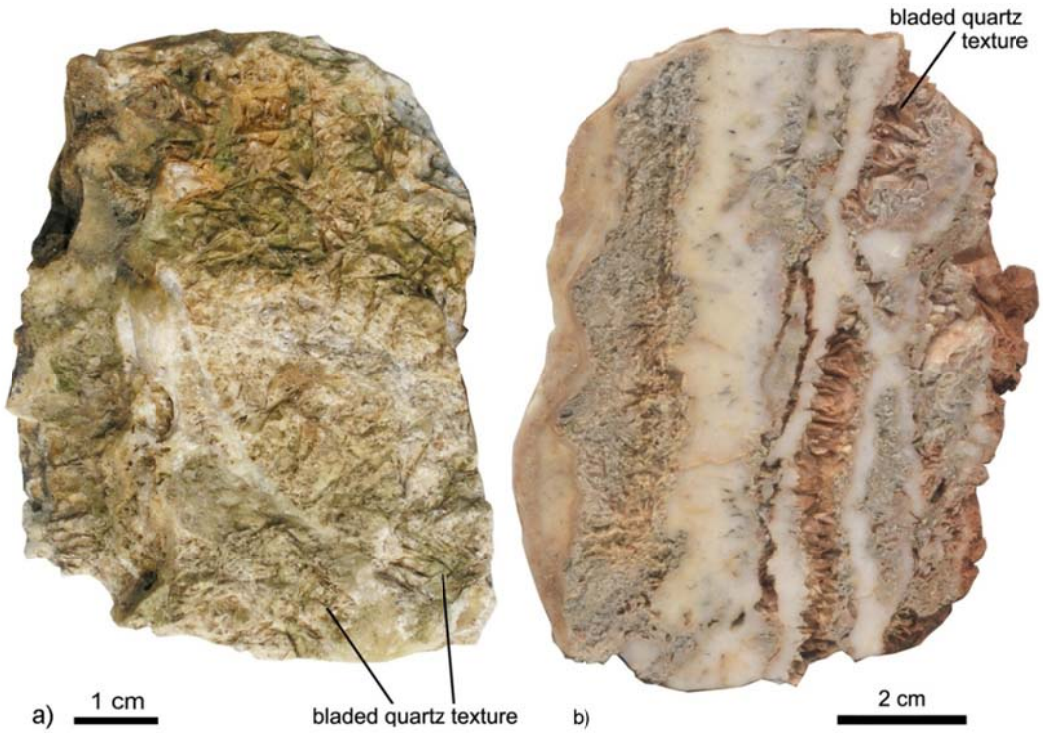


Fig. 3 *Bladed quartz in the Kuklitsa deposit: a) hand specimen just above the detachment fault. The bladed quartz is deposited as a scale on a crack wall; b) polished hand specimen from a steep vein displaying phases of deposition of massive quartz and of platy calcite pseudomorphosed by quartz*

The second type (the vein bladed quartz) can be modeled either as a higher level of the first boiling episode (i.e. second boiling) or a level of another boiling stage of fluid which boiledto a lower degree (according to the lower adularia abundance), and deposited mineralization of respective lower electrum grade. Positive correlation between Au/Ag ratio and temperature of fluid at constant other variables was obtained by Shikazono and Shimizu (1986) based on a large population of samples from gold deposits in the Korean Peninsula. Although this correlation does not take into account the changes of pH, $a H_2S$ *and* $a Cl^-$, it roughly indicates that the second style of bladed quartz of lower Au/Ag ratio might was formed at lower temperature than the first one.

On the other hand, simulations of boiling fluid have obtained that once the fluid begins to boil it continue to boil up to the surface (Cline et al., 1992).

The offset of the areas of bladed quartz in the central area of the deposit and their close altitude requires their displacement along a steep right normal-slip fault of vertical and horizontal amplitudes ~ 50 m and ~ 100 m, respectively (Fig. 2). Most likely it is post-ore fault of north-south strike. The author thinks that if it exists it has to be hidden below thick diluvial sediments which cover the right slope of small incised valley.

All these data are consistent with an assumption that the second style of bladed quartz represents second boilinghorizon where boiling occurred atlower temperature.

Table 1.*Composition of electrum from quartz of bladed texture (electron microprobe analyses, wt. %)*

Sample no.	No. of analyses	Au			Ag			Au/Ag			Style
		min.	max.	aver.	min.	max.	aver.	min.	max.	aver.	
6	16	74.94	79.03	76.39	23.61	25.05	23.61	2.99	3.77	3.23	1st
5	5	75.20	78.66	76.94	21.34	24.80	23.06	3.03	3.69	3.35	1st
2	5	65.07	74.94	69.17	28.23	34.93	30.82	1.90	2.99	2.29	2nd

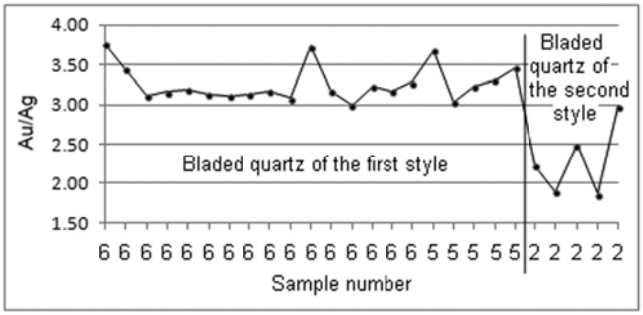


Fig. 4 *Plot of Au/Ag ratio in electrum from the two styles of bladed quartz texture*

CONCLUSIONS

1. In the Kuklitsa gold deposit there are two styles of bladed quartz texture: (i) bladed quartz associates with 10-20 vol. % of adularia, scarce pyrite, and electrum of the highest grade in the deposit and (ii) bladed quartz associates with adularia of 1-2 vol. % and scarce both electrum and pyrite which form discrete grains.
2. Electrum associated with the first style of bladed quartz has higher Au/Ag ration than electrum from the second style of bladed quartz.
3. The first style is modeled as the first boiling level of more pronounced degree of boiling and hence – more effective precipitation of electrum just above the detachment fault. The second style is modeled as presenting second boiling at a higher level, at lower temperature and respective lower Au/Ag ratio, of lower efficiency in respect to electrum deposition and of respective lower electrum grade.
4. The offset of the two styles of bladed quartz in the central portion of the deposit shown on the geological map is explained with their displacement along a steep right normal-slip fault which appears most likely post-ore one. The inferred horizontal displacement is about 100 m, whereas the vertical displacement - about 50 m.

ACKNOWLEDGEMENT

Thanks are due to colleagues from Balkan Mineral and Mining for permission to sample and technical assistance.

REFERENCES

Bonev, N. 1996.Tokachka shear zone southwest of Krumovgrad in Eastern Rhodopes, Bulgaria: an extensional detachment. Ann. Univ. Sofia, 89, 1 – Geology, 97-106.

Bonev, N. 2002. Structure and evolution of the Kessebir gneiss dome, Eastern Rhodope. Ph.D. Thesis, University of Sofia (in Bulg.).

Bonev, N., J.-P.Burg, Z. Ivanov. 2006. Mezozoic-Tertiary structural evolution of an extensional gneiss dome – the Kesebir-Kardamos dome, eastern Rhodope (Bulgaria-Greece). Internat. J. Earth Sci., 95, 318-340.

Bonev, N., P. Marchev, M. Ovtcharova, R. Moritz, A. Ulianov. 2010a. U-Pb LA-ICP/MS zircon geochronology of metamorphic basement and Oligocene volcanic rocks from the SE Rhodopes: inferences for the geological history of the Rhodope crystalline basement. Proceed. Ann. Confer. Bulg. Geol. Soc., 115-116.

Bonev, N., R. Spikings, R. Moritz, P. Marchev. 2010b. Timing of extensional exhumation of the Eastern Rhodope high-grade basement (Bulgaria): $^{40}Ar/^{39}Ar$ constraints. Proceed. Ann. Confer. Bulg. Geol. Soc., 117-118.

Cline, J., R. Bodnar and J. Rimstidt. 1992. Numerical Simulation of Fluid Flow and Silica Transport and Deposition in Boiling Hydrothermal Solutions: Applications to Epithermal Gold Deposits. J. Gepphys. Research, 97, no.B6, 9085-9103.

Etoh, J., E. Izawa, K. Wanatabe. 2002. Bladed Quartz and Its Relationship to Gold Mineralization in the Hishikari Low-Sulfidation Epithermal Gold Deposit, Japan. Econ. Geol., 97/8, 1841-1851.

Goranov, A. and G. Atanasov. 1992. Litho-stratigraphy and formation conditions of Maastrichtian-Paleocene deposits in Krumovgrad District. Geol. Balcanica, 22, 71-82.

Goranov, A., D. Kozhoukharov, I. Boyanov, E. Kozhoukharova. 1995. Explanatory note to the geological map of Bulgaria at a

1:100,000 scale, Krumovgrad and Sape map sheets. Sofia, pp. 97 (in Bulg.).

Gottardi, R., P. Kao, M. Saar, C. Teyssier. 2013. Effects of permeability fields on fluid, heat, and oxygen isotope transport in extensional detachment systems. Geochem.Geophys.Geosystems, 14, 1493-1522.

Hedenquist, J., J. Lowenstern. 1994. The role of magmas in the formation of hydrothermal ore deposits. Nature, 370, 519-527.

Jelev, D. 2007. Khan Krum gold deposit, Ada Tepe prospect. In: Milev, V. (ed.) Gold deposits in Bulgaria. Zemya'93, Sofia, 104-115 (in Bulg.).

Kazalova-Stankova, T. 2010.Geyserites (sinter) in the Krumovgrad area, Eastern Rhodopes, and their relationship to the "Khan Krum" deposit gold mineralization. Geologiaimineralniresursi, 3, 40-48 (in Bulg.).

Marchev, P., B. Singer, D. Jelev, S. Hasson, R. Moritz, N. Bonev. 2004. The Ada Tepe deposit: a sediment-hosted, detachment fault-controled, low-sulfidation gold deposit in the Eastern Rhodopes, SE Bulgaria. Schweiz.Mineral.undPetrogr. Mitt. 84, 59-78.

Marinova, I., V. Ganev, R. Titorenkova. 2014. Colloidal origin of colloform-banded textures in the Paleogene low-sulfidation Khan Krum gold deposit, SE Bulgaria. Miner.Deposita, 49/1, 49-74.

Marinova, I. 2012. Preliminary data on the electrum mineralization in the Synap occurrence, Krumovgrad goldfield, Eastern Rhodope mountain, SE Bulgaria. –In: Mineral diversity. Research and Preservation, working papers, Sofia, 7-10 Oct. 2011, 161-170.

Marton,I. 2009. Formation, preservation and exhumation of sedimentary rock-hosted gold deposits in the Eastern Rhodopes, Bulgaria. Ph.D. Thesis, Terre & Environment, 84, 134 pp.

Nachev, I. 1980. Sedimentology and neomobilism. In: I. Nachev and R. Ivanov (eds) Geodynamics of the Balkans, 37-49 (in Bulg.).

Nachev, I. and C. Nachev. 2001. Alpine plate-tectonic of Bulgaria. Sofia, Artik, 198 pp.

Peycheva, I., M. Ovtcharova, S. Sarov, Y. Kostitsin. 1998. Age and metamorphic evolution of metagranites from the Kessebirreka region, Eastern Rhodopes – Rb-Sr isotope data. Abstr. XVI Congress CBGA, p. 471.

Pokrovski, G., N. Akinfiev, A. Borisova, A. Zotov, K. Kouzmanov. 2014. Gold speciation and transport in geological fluids: insights from experiments and physical-chemical modeling. In: Garofalo P. and J. Ridley (eds) Gold-Transporting Hydrothermal Fluids in the Earth's Crust. - Geol. Soc., Spec. Publ. 402, London; http://dx.doi.org/10.1144/SP402.4.

Quilichini, A., L. Siebenaller, W. Nachlas, C. Teyssier, T. Vennemann, M. Heizler, A. Mulch. 2015. Infiltration of meteoric fluids in an extensional detachment shear zone (Kettle dome, WA, USA): How quartz dynamic recrystallization relates to fluid-rock interaction. J. Structural Geology, 71, 71-85.

Shikazono, N., M. Shimizu. 1986. Compositional Variations in Au-Ag Series Mineral from Some Gold Deposits in the Korean Peninsula. Mining Geology, 36/200, 545-553.

Siedel, M., A. Pack, Z. Sharp, E. Siedel. 2005. The kakopetros and Ravdouche iron-oxide deposits, Western Crete, Greece: Fluid transport and mineralization within a detachment zone. Econ. Geol., 100, 165-174.

Simmons, S. and P. Browne. 2000. Hydrothermal Minerals and Precious Metals in the Broadlands-Ohaaki Geothermal System: Implications for Understanding Low-Sulfidation Epithermal Environments. Econ. Geol., 95/5, 971-999.

Simmons, S. and B. Christenson. 1994. Origins of Calcite in a Boiling Geothermal System. - Amer. J. Science, 294, 361-400.

Sultanov, A. 1988. Guide to sedimentology, Sofia, Tehnika (in Bulg.).

White, N., J. Hedenquist. 1995. Epithermal gold deposits: Styles, characteristics and exploration. SEG Newsletter, 23, 1; 9-13.

ASSOCIATION OF OXIDE MINERALS – CONCENTRATORS OF CHALCOPHILE ELEMENTS (Pb, Zn, Sb) FROM THE "MIXED SERIES" NEAR NEŽILOVO VILLAGE, MACEDONIA

[1]Simeon Jancev, [2]Nikita V. Chukanov, [3,4]Vera N. Ermolaeva

[1]Faculty of Technology and Metallurgy, Saints Cyril and Methodius University, Ruger Boskovic 16; 1000 Skopje, Republic of Macedonia; phone +389(02)2454438, e-mail: sijan42@hotmail.com
[2]Institute of Problems of Chemical Physics, Chernogolovka, Russia
[3]Institute of Experimental Mineralogy, Chernogolovka, Russia
[4]Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry, Moscow, Russia

Abstract
The paper reports results of the investigation of a peculiar rock enriched in chalcophile elements (Zn, Sb, Pb, As), which is a contact-metasomatic product. The main rock-forming minerals are franklinite, hetaerolite, gahnite,and Sb,Fe-analogue of zincohögbomite. Zincochromite, zircon, As-rich fluorapatite, barite, Zn-bearing talc, quartz, roméite, Mn-analogue of plumboferrite and almeidaite are present as accessories. Some of these phases are potentially new minerals. The rock is cross-cut by veins of ferricoronadite $PbMn^{4+}_6(Fe^{3+},Mn^{3+})_2O_{16}$, a new mineral species approved by the IMA CNMNC in January, 2016.

Key words: spinels, chalcophile elements, ferricoronadite, new mineral, Mixed Series, Macedonia

INTRODUCTION

Starting from 1960, numerous new, potentially new and very rare minerals were discovered in the barite shists and dolomitic marbles of the "Mixed Series" treated as exo-contact-metasomatic aureoles developed around aegirine-bearing meta-rhyolites (Jančev, 1975; Chukanov et al., 2012, 2015, 2016). Concentration of chalcophile elements (Zn, Pb, Sb, As, Cu) mainly in oxygen-bearing minerals is a specific feature of this formation. Among these minerals, there are gahnite, franklinite, Zn-rich phlogopite, Zn-rich egirine-augite, Zn-rich magnesioriebeckite, Zn-rich richterite, rinmanite, nežilovite, Zn-rich braunite, tilasite, hedyphane, zincohögbomite, Sb-bearing-zincohögbomite, epidote-(Pb), piemontite-(Pb), Pb-bearing roméite- and betafite-group minerals, almeidaite, As-rich fluorapatite, Sb-rich rutile, Mn-analogue of plumboferrite, ferricoronadite etc. This mineral assemblage is unique and deserves further investigations.

METHODS OF INVESTIGATION

Electron-microprobe analyses were performed by Tescan microscope VEGA II XMU electron microscope. Ferricoronadite was characterized by electron microprobe analyses, Mössbauer, XANES and IR spectroscopy, powder and single-crystal X-ray diffraction data.

CHARACTERIZATION OF MINERALS

The fine-grained Zn-oxide rock consists of two zones. The spinel zone is composed of the fine-grained aggregate of gahnite, with subordinate franklinite and hetaerolite. The spinel-högbomite zone contains substantial amounts of an Sb,Fe-analogue of zincohögbomite forming epitaxy on spinel-group minerals (Fig. 1). The rock is crossed by the late ferricoronadite veins up to 7 – 8 mm thick.

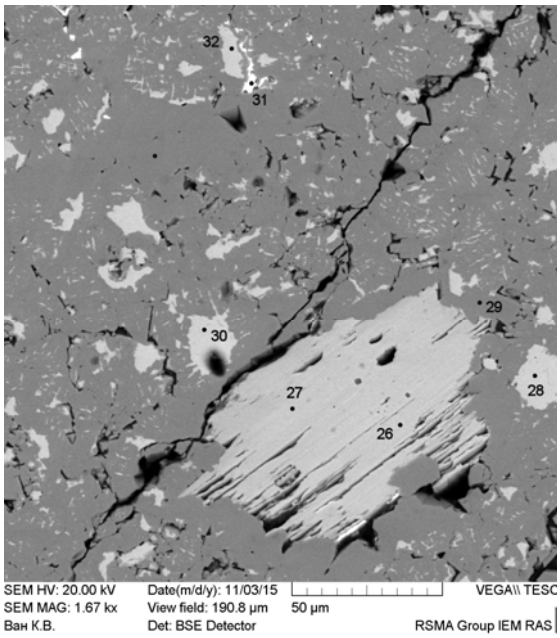


***Fig. 1** Fe-analogue of zincohögbomite (26,27), franklinite (28, 30, 32), gahnite (29), barite (31). BSE image.*

The minerals under consideration and their empirical formulae are:
gahnite (the major mineral of the spinel zone) $(Zn_{1.01}Mg_{0.01})_{1.02}(Al_{1.75}Mn_{0.12}Fe_{0.11})_{1.98}O_{3.99}$;
the subordinate minerals **franklinite** $(Zn_{1.08}Mg_{0.02})_{1.10}(Fe_{1.10}Mn_{0.55}Al_{0.24}Ti_{0.01})_{1.90}O_{3.96}$,
hetaerolite $(Zn_{0.99}Mn_{0.01})_{1.00}(Mn_{1.73}Fe_{0.22}Al_{0.05})_{2.00}O_4$,
As-rich fluorapatite $(Ca_{4.93}Sr_{0.05}Na_{0.03}Pb_{0.01})_{5.02}(P_{2.12}As_{0.86}Si_{0.02})_{3.00}O_{12.06}F_{0.87}$,
roméite $(Ca_{1.30}Ce_{0.49}Na_{0.05}Pb_{0.03}Sr_{0.02}Ba_{0.01}La_{0.01}U_{0.01})_{1.92}(Sb_{0.97}Ti_{0.91}Mn_{0.07}Fe_{0.04}Al_{0.01})_{2.00}O_{6.00}[(OH)_{0.84}O_{0.16}]_{1.00}$,
Zn-bearing talc $Sr_{0.02}K_{0.01}(Mg_{2.51}Zn_{0.39}Mn_{0.01})_{2.91}(Si_{4.00}O_{10})(OH)_{2.00}$,
almeidaite $(Pb_{0.98}Ce_{0.15})_{1.13}(Zn_{1.92}Mg_{0.08})_{2.00}(Mn^{2+}_{0.54}Zn_{0.38}Y_{0.08})_{1.00}[Ti_{12.07}Fe^{3+}_{3.66}(Mn^{3+},Mn^{4+})_{1.69}Zr_{0.20}Al_{0.13}Sb_{0.09}Nb_{0.03}]_{17.87}(O,OH)_{38.00}$,
Mn-analogue of plumboferrite $Pb_{1.79}[(Mn^{3+},Mn^{4+})_{3.66}Fe_{2.61}Ti_{2.53}Zn_{1.99}Al_{0.18}Sb_{0.03}]_{11.00}O_{19-x}$,
zincochromite $Zn_{1.00}(Cr_{1.45}Al_{0.47}Fe_{0.05}Mn_{0.03})_{2.00}O_{4.0}$,
zircon $(Zr_{1.01}Ti_{0.01})_{1.02}Si_{1.00}O_{4.04}$, and
ferricoronadite $(Pb_{1.06}Ba_{0.35})_{1.41}[(Mn^{4+}.Mn^{3+})_{5.94}Fe^{3+}_{1.36}Ti_{0.44}Zn_{0.17}Al_{0.08}Mg_{0.01}]_{8.00}O_{15}(OH,O)$.

The other accessories are quartz and barite. Zincochromite and zircon are the earliest minerals in this zone, while gahnite is younger than franklinite (Fig. 2).
The Sb,Fe-analogue of zincohogbomite $(Zn_{6.55}Al_{0.45})_{7.00}(Fe^{3+}_{6.84}Mn_{4.95}Al_{2.37}Ti_{1.23}Sb_{0.32}Mg_{0.28}Zr_{0.01})_{16.00}(O,OH)_{32.00}$ is a quantitatively predominant mineral in the spinel-zincohogbomite zone as well as the latest mineral here because inclusions of gahnite, Mn-analogue of plumboferrite and ferricoronadite were found in its platy crystals (Fig. 3).
In the latest hydrothermal veins, ferricoronadite is the major mineral, but their outer zones contain relics of the earlier minerals (franklinite, hetaerolite partly or completely substituted with gahnite, barite, talc) as well as quartz (Fig. 4).

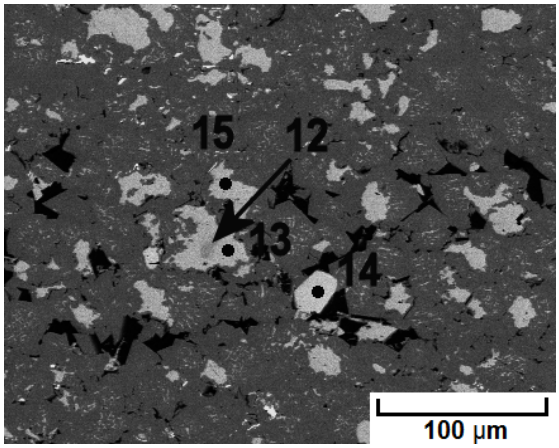


Fig. 2 *Franklinite (13, 15) with zincochromite inclusion (12) and zircon (14) in granular gahnite (the main phase). BSE image.*

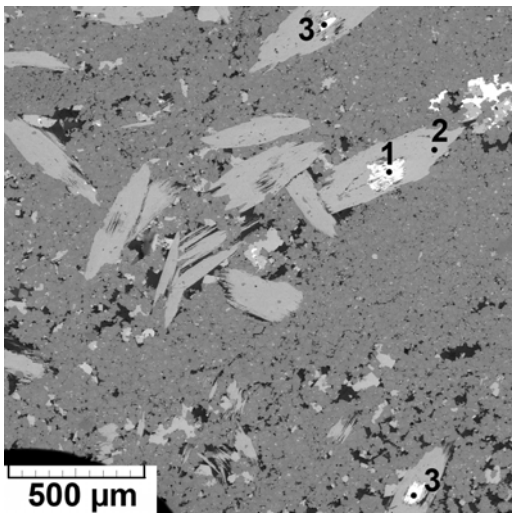


Fig. 3 *Presumed Mn-analogue of plumboferrite (1), Sb,Fe-analogue of zincohögbomite (2), ferricoronadite (3). BSE image.*

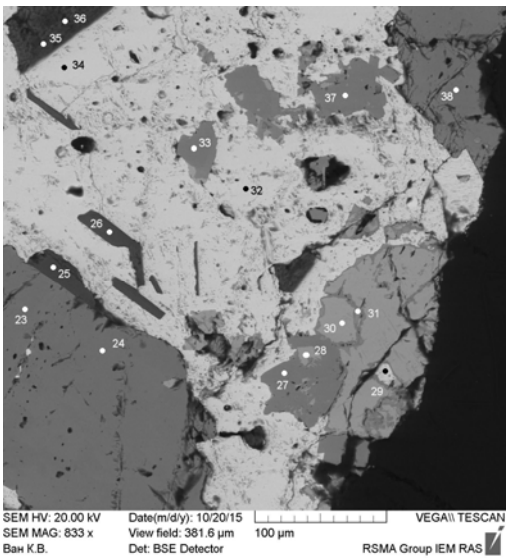


Fig. 4 *As-rich fluorapatite (23, 24, 38), Zn-bearing talc (25, 26, 35, 36), gahnite (27, 31, 33, 37), hetaerolite (28), ferricoronadite (29, 32, 34), franklinite (30). BSE image.*

ORDER OF CRYSTALLIZATION

The very complex mutual phase relations as well as mineral transformations by the metasomatic processes show that the earliest minerals in the examined rock are zincochromite, zircon, barite and Zn-bearing talc originated during the first stage of crystallization.

Franklinite and hetaerolite crystallized in the second stage. In the third stage they were metasomatically replaced by gahnite which is the main mineral of the examined rock.

Ferricoronadite veins were formed in the fourth hydrothermal stage of crystallization. As minor components they contain relics of earlier parageneses: franklinite, hetaerolite, gahnite, quartz, Sb,Fe-analogue of zincohögbomite.

The new mineral ferricoronadite is black, with brownish black streak. The IR spectrum shows the absence of H_2O and OH groups. The empirical formula of the holotype sample is $Pb_{1.03}Ba_{0.32}(Mn^{4+}_{4.85}Fe^{3+}_{1.35}Mn^{3+}_{1.18}Ti_{0.49}Al_{0.09}Zn_{0.04})O_{16}$. The new mineral is tetragonal, space group $I4/m$, a = 9.9043(7), c = 2.8986(9) Å, V = 284.34(9) Å^3, Z = 1. The strongest lines of the powder X-ray diffraction pattern [d, Å (I, %) (hkl)] are: 3.497 (33) (220), 3.128 (100) (–130, 130), 2.424 (27) (–121, 121), 2.214 (23) (240, –240), 2.178 (17) (031), 1.554 (18) (–251, 251).

CONCLUSION

The endogenic ore deposits of chalcophile elements concentrated predominantly in oxygen-bearing minerals are relatively rare in the world. Along with the endogenic ore deposits of chalcophile elements concentrated mainly in oxygen-bearing minerals from Nežilovo, Macedonia could be mentioned also the well-known deposits of Franklin and Sterling Hill, New Jersey, USA (Tarr, 1929; Palache, 1929, Wilkerson, 1962), Jakobsberg ore field, Harstigen, Långban and other Fe-Mn deposits in Värmland, Sweden, as well as Kombat in Namibia and Monte Argentu, Variscan Sardinian Belt.

The source of heavy chalcophile and some other rare elements in the Nežilovo area (Pb, Zn, As, Cu, Sb, U, Ce, La, Y, Hg, Ba, Sr, Zr, Nb etc.) represents a crucial problem unfortunately not yet resolved till now. This problem deserves complex geological, petrological, geochemical and mineralogical investigations.

Table 1. Representative compositional data for some minerals of the Zn-oxide rock.

Mineral	**Gahnite**	**Fe,Sb-analogue of zinco-högbomite**	**Ferrico-ronadite[1]**
		Wt %	
PbO	-	-	23.75
BaO	-	-	5.70
MgO	0.13	0.44	-
ZnO	42.09	32.76	3.05
Ce_2O_3	-	-	-
Al_2O_3	50.18	7.42	0.33
Mn_2O_3	3.86	22.20	4.69
Fe_2O_3	3.67	31.10	11.66
TiO_2	-	4.04	6.50
ZrO_2	-	-	0.28
Sb_2O_5	-	1.29	-
Total	99.93	99.25	100.38

Mineral	**Franklinite**	**Almeidaite[2]**	**Mn-analogue of plumbo-ferrite[3]**
		Wt %	
PbO	-	11.76	32.29
BaO	-	-	-
MgO	0.40	0.26	-
ZnO	35.54	10.00	13.11
Ce_2O_3	-	1.41	-
Al_2O_3	5.87	0.47	0.71
Mn_2O_3	24.08	8.11	23.20
Fe_2O_3	32.78	15.95	16.84
TiO_2	0.50	51.37	16.30
ZrO_2	-	1.39	-
Sb_2O_5	-	0.83	0.42
Total	99.17	101.86	103.55[4]

Note:

[1]Based on the charge-balance requirement, total Mn-content determined as 49.45 Wt % MnO_2 was divided into 44.42 wt % MnO_2 and 4.69 wt % Mn_2O_3 corresponding to 4.85 $Mn^{4+}$and 0.55 apfu Mn^{3+}.

[2]Additionally this sample contains 0.30 wt% Y_2O_3 corresponding to 0.05 apfu Y.

[3]Additionally this sample contains 0.67 wt% Nb_2O_5 corresponding to 0.06 apfu Nb.

[4]The high total value may be explained by the presence of Mn predominantly in the bivalent state.

REFERENCES

Chukanov N.V., Varlamov D.A., Nestola F., Belakovsky D.I., Göettlicher J., Britvin S.N., Lanza A., Jančev S., 2012: Piemontite-(Pb), $CaPbAl_2Mn^{3+}Si_2O_7]\{SiO_4\}O(OH)$, a new mineral species of the epidote supergroup. N. Jb. Miner. Abh. 189/3, 275-286.

Chukanov N.V., Jančev S., Pekov I.V., 2015: The association of oxygen-bearing minerals of chalcophile elements in the orogenetic zone related to the "Mixed Series" complex near Nežilovo, Republic of Macedonia. Macedonian Journal of Chem. And Chem. Engineering 34(1): 115-124.

Chukanov N.V., Aksenov S.M., Jancev S., Pekov I.V., Göttlicher J., Polekhovsky Y.S., Rusakov V.S., Nelyubina Y.V., Van K.V., 2016: Ferricoronadite, IMA 2015-093. CNMNC Newsletter No. 29. Mineralogical Magazine, 80: 199-205.

Jančev S., 1975: The occurrence of cymrite at the village of Nežilovo in Macedonia. Bull. Sci. A, Zagreb, 20:9-10.

Palache Ch., 1929: A comparison of the ore deposits of Långban, Sweden, with those of Franklin, New Jersey. The American Mineralogist 14(2):43-47.

Tarr W.A., 1929: The origin of the zinc deposits at Franklin and Sterling Hill, New Jersey. The American Mineralogist 14:207-211.

Wilkerson A.S., 1962: The minerals of Franklin and Sterling Hill, New Jersey. Bulletin 65.New Jersey Geological Survey. Department of Conservation and Economic Development. Trenton, New Jersey, 80 pp.

LORANDITE AND ORPIMENTE FROM EDIT-25 NORTH PART OF ALSHAR DEPOSIT

Ivan Boev, Blazo Boev

University "Goce Delčev"- Štip, Faculty of Natural and Technical Sciences, Blvd.Krste Misirkov, 10-A, P.O.Box 210. 2000 Stip Republic of Macedonia, e-mail: ivan.boev@ugd.edu.mk

Abstract
This study presents research conducted on lorandite and orpiment taken from the Adit 25 in the northern part of the Allchar deposit using XRD, ICP-MS, SEM-EDS methods. From the research, it could be concluded that lorandite appears in big monocrystals (up to 1cm) with cherry color and can easily be split. Orpiment also appears in big monocrystals (from 2 to 5 cm). Lorandite always appears on an orpiment with a bit of dolomite basis. From the laboratory testing it can be concluded that those are very pure minerals with composition very near to the stoichiometric minerals.

Key words: lorandite, orpiment, Allshar

INTRODUCTION

The Allchar complex Sb-As-Tl-Au deposit is one of the unique deposits in the world not because of its size, but mineral composition. It contains significant thallium concen¬trations that classify it as a unique deposit containing that metal. Besides economically significant antimony and arsenic concentrations, the Allchar deposit is the first Carlin-type gold deposit found in the Balkan Peninsula during the mid 1980's.

The latest mining activities started in 1881, and with some interruptions, lasted till 1913 (Janković, 1960). During that period mainly arsenic ore was excavated and exported to Thessaloniki, Greece and Germany. Small amounts were mined out in the outcrops of the deposit. There are no data about the amount of arsenic ore mined out at that time.

The mineral potential of arsenic in the deposit is estimated at some 15.000 tons (Ivanov, 1965). According to today's criteria arsenic is a harmful component that results from antimony processing.

The first results concerning the sulfide minerals from Allchar locality were published by Foullon, 1890, 1892, 1904; Hofmann, 1891; Pelikan, 1891; Goldschmidt, 1896; Hackman, 1897; Stevanovic, 1904).

During the end of the nineteenth (Vrba, 1894; Krener, 1895; Goldschmidt, 1899) and the beginning of the twentieth century (Janasch, 1904; Loczka, 1904; Jezek, 1912, 1913a) the first thallium minerals were discovered (lorandite and vrbaite, respectively) as constituents of arsenic-antimony ore.

Exploration for antimony carried out from 1953 to 1957 and from 1962 to 1965 resulted in the discovery of significant reserves of low grade ore (Ivanov, 1965). However, high arsenic content in Sb-concentrations has precluded economic exploitation. The latest exploration for antimony was carried out in 1970-1973 (Ivanov, 1986).

Mineral potential of the Allchar deposit, both mined out and available ore, exceeds 20.000 tons of antimony with 0.5 % Sb as cut-off grade (Janković et al, 1997).

The name of the deposit pronounces as Allchar, being derived from the names Allatini (a bank institution, owner of the concession) and Charteau (a mining engineer who worked in the mine).

Special interest for thallium as possible solar neutrino detector (Freedman, 1976, 1979) gave a new impulse for systematical investigations of thallium mineralization in the north part of the Allchar deposit (i.e. the Crven Dol ore

body). This was an international LOREX (LORandite EXeriment) Project aiming to establish reliability of the mineral lorandite from this deposit as thallium solar neutrino detector (Ernst et al., 1984; Pavićević, 1986, 1988, Morinaga, 1986; Pavićević and El Goresy, 1988; Palme et al., 1988; Pavićević and Korschinek, 1993; Anovski, et al, 1993; Frantz et al., 1994; Gržetić, 1993; Hejl et al., 1993; Ivanovski et al., 1993; Lazaru and Stafilov, 1993; Balić Žunić et. al., 1993a, 1993b; Makovicky and Balić Žunić, 1993; Mihajlović, 1993; Mijatović et al., 1993; Petrov and Andonova, 1993; Petrov et al., 1994; Sotirovski and Boyer, 1993; Stafilov et al, 1993, 1994; Trajkovska et al, 1993).

Some adits as no. 21 have been re-opened to enable taking the samples. This activity lasted from 1987 through 1993. Later it was restricted to laboratory investigations.

The mineral potential of thallium in the Allchar deposit has been estimated at 500 tons (order of magnitude) (Ivanov, 1986).

The possible presence of gold in the Sb-As-Tl association at Allchar was initially suggested by different authors (Stafilov, 1985; Ivanov, 1986; Stafilov and Todorovski 1987). During the 1986-1989 period gold mineralization was systema-tically explored. The results of both field and laboratory studies showed that the geological, geochemical, mineralogical and hydrothermal alteration features are strikingly similar to those which characterize Carlin-type mineralization of the Western United States (Percival and Radtke, 1990; Percival et al., 1992).

Unlike the Carlin-type gold deposits in the Western USA, the Allchar mineralization is hosted not only by sediments, but volcanics as well.

It should be emphasized that the Allchar deposit is not fully explored and that the metallogenetic studies are not completed. The current investigations are still in progress.

For the results of previous studies of the Allchar deposit, the reader is referred to Ivanov (1965, 1968); Janković (1960, 1988, 1993); Percival and Boev 1990); Stieglitz (1990); Percival et al. (1992); Percival and Radtke (1994); Boev and Serafimovski (1996); Boev et al., (1993a); Rieck, 1993; Caubel and Galvier (2000).

METHODOLOGY

The mineralogical content of the collected samples from Edit 25 was determined using an X-Ray Siemens D 500 equipped with an automated computer and a Cu-monochromatic lamp working at 40 KV and 30 mA. Quantitative analysis of the mineral phases present was performed using the DIFRAC-11 software package and program support by EVAL and IDR.

The values given for the quantitative composition of the analyzed samples represent an average of 3 replicates. For QA and QC of the measurements referent materials and standards from various mineralogical compositions were used: BDS 17385/96 (standard for ore and ore concentrates for X-Ray diffraction quantitative phase analysis), ST SEV 3534-82 (SpS-quartz sand), ST SEV 2981-81 (KN-2, limestone), ST SEV 2980-81 (MpA-copper ore), USZ 47-2008 (granite "MGT-1"). In several cases standard addition method was applied by using some of the aforementioned RM and satisfactory values for the recoveries were obtained.

For the determination of the chemistry of mineralogical phase Cambridge-style SEM stubs using double sided carbon tape, and graphite coated to prevent charging. The coated samples were analyzed by Quanta 650F SEM, fitted with a back-scattered electron detector (BSED) and a Bruker 5030 X-ray detector. The Esprit Quantax 1.9 EDS Analysis System was used to determine the elemental composition of particulate matter. Point Analysis was used to characterize the samples in high-vacuum mode, using an accelerating voltage of 15 kV and a spot size of 6. BSE images of selected fields of view were taken to examine SEM-based characteristics.

The trace elements were determined by the application of ICP-AES while the rest of the elements were determined by ICP-MS. The optimal parameters for both techniques are given in Table 1 and 2, respectively.

Table 1. Optimal instrumental conditions for the ICP-AES, Varian Liberty 110

Sample introduction						
atomizer			V-groove			
Atomizer chamber			Inert Sturman-Masters			
Peristaltic pump			12 rollers, 1 turn/min increment			
Conditions for the program						
Power of the plasma			1,0 kW			
Speed of the pump/rpm			25			
Flow ofArfor plasma			15 L/min			
Time for stabilization			30 s			
Flow of axial Ar			1,5 L/min			
Time for washing			30 s			
Pressure of the atomizer			200 kPa			
Time of lagging			30 s			
Background correction			dynamic			
Height of the plasma			Optimal according to SBR			
Conditions of elements						
Element	Wavelength/nm	Plasma height/mm	Slit/nm	Time for integration/s	Filter	Line of grating
Ca	396.847	20	0.02	5	1	1
Mg	279.553	20	0.02	5	6	2
Na	588.995	20	0.02	5	7	1
P	213.618	5	0.007	5	1	3
Fe	259.94	5	0.01	5	6	2
K	766.49	20	0.02	5	7	1

Table 2. The optimal instrumental parameters for the ICP-MS, Agilent 7500

Sample introduction			
Atomizer	PEEK, Babington - type		
Atomizer chamber	Glass, doublepass, temperature of the atomizer chamber 2°C		
Injector of ICP torch	Quartz, 2.5 mm		
Conditions of the program			
Power of the plasma	1500 W		
Speed of the pump/rpm	0.1 rps		
Aux flow ofArfor plasma	1.0 L/min		
Carrier gas flowAr	0.9 L/min		
Sampler cone	nickel		
Skimmer cone	nickel		
Sample depth	7.4		
Points/mass	3		
Time for integration	0,3 s		
Total time for acquisition/ replicates	8 s		
Replicates	3		
Total time for acquisition/ sample	24 s		
Element/mass			
Element	m/z	Element	m/z
Li	7	Sr	88
Be	9	Mo	95
Al	27	Pd	106
Ti	48	Cd	111
V	51	Cs	133
Cr	53	Ba	137
Mn	55	Tl	205
Co	59	Pb	208
Ni	60	Bi	209
Cu	63	Th	232
Zn	66	U	238
Ga	69	Sn	120
Ge	72	Sb	121
As	75		

RESULTS AND DISCUSSION

Lorandite is world famous mineral described as the first thallium-bearing mineral. Since its first discovery in Allchar in 1884 (Krenner, 1894, 1895, 1897) its smaller quantities have been found in only a few other localities worldwide. The monoclinic tabular aggregates of lorandite are typically dispersed throughout realgar and orpiment hosts. Well-developed crystals are much more seldom. They show many different forms. Krenner (1895), Goldschmidt (1899) and Barić (1958) described up to 32 forms. Lorandite can easily be distinguished from realgar by its darker red color, its semimetallic luster and its perfect cleavage on (001) (201) and (110). Some crystals are coated by a brownish yellow crust. Lorandite crystals of 1 cm are typical for this locality, although exceptionally single crystals up to 5 cm in size have been found. Lorandite is named after the Hungarian physician Lorand Eötvös (1848-1919).

Chemical composition of lorandite has been well established (Jannasch, 1904). The investigations in connection with the LOREX program have revealed some interesting features. The Allchar lorandite is pure, containing only traces of K, Cr, Fe, Cu and Zn (Palme et al., 1988). The ore-grade in the richest zone contains about 18,000 cubic meters of ore with an average Tl content of 0.35 %. Microprobe analyses in the recent investigations show presence of Hg.

Palme at al. (1988) described orpiment as a stoichiometrically rather pure mineral, although it does contain traces of K, Cl, Cr, Mn, Fe and Cu. It occurs mainly as compact masses sometimes weighing several hundred kilograms. Bright yellow, elongated idiomorphic crystals with adamantine luster faces are very rare. Orpiment usually forms fan–shaped aggregates or hemispheres, mainly having brownish yellow color and dull luster. The crystal size of a few mm is typical. The presence of lorandite near the realgar and orpiment zones is observed.

Chemical composition of pure lorandite and orpiment by ICP-MS are presented in the Table 3. In Table 4 and 5 are presented the chemical composition of pure lorandite and orpimente by SEM-EDS (Fig.1,2).

Table 3. Geochemical analyses of orpiment and lorandite from the edit 25 In Alshar deposit (by ICP-MS)

	Orpiment	Lorandite
	mg/kg	mg/kg
Tl	234	602999
As	**604620**	195996
Hg	<0,1	10
Sb	993	0,176
Li	<0,086	0,125
Be	<0,086	<0,054
Na	43	24
Mg	49	22
Al	74	7,8
P	6,32	1,72
K	<86	<54
Ca1	<86	<54
Ti	14,1	3,4
V	2,4	0,68
Cr	7,09	2,24
Mn	2,43	1,03
Fe	140	6,42
Co	0,15	<0,054
Ni	1,43	0,11
Cu	1,151799	0,170305
Zn	0,087378	0,1217
Ga	0,20	<0,054
Ge	0,09	<0,054
Se	3,5	0,95
Rb	0,25	<0,054
Sr	0,61	0,084
Mo	0,66	0,113
Pd	0,77	<0,054
Ag	0,110	<0,054
Cd	0,103	0,501
Sn	0,353	0,408
Cs	<0,086	<0,054
Ba	5,22	0,051
Pb	9,24	0,327
Bi	<0,086	<0,054
Th	0,251	<0,054
U	0,060	<0,054

Table. 4 Chemical composition of orpiment by the SEM-EDS

Orpiment SEM-EDS	
As %	S %
59.77	40.23
60.31	39.69
59.69	40.31
58.43	41.57
61.01	38.99
62.23	37.77
58.54	41.46
60.52	39.48

Table. 5 Chemical analysis of lorandite from edit 25 by SEM-EDS

Tl %	As %	S %
59.01	21.7	19.29
58.78	22.01	19.21
60.07	21.5	18.43
58.23	22.42	19.35

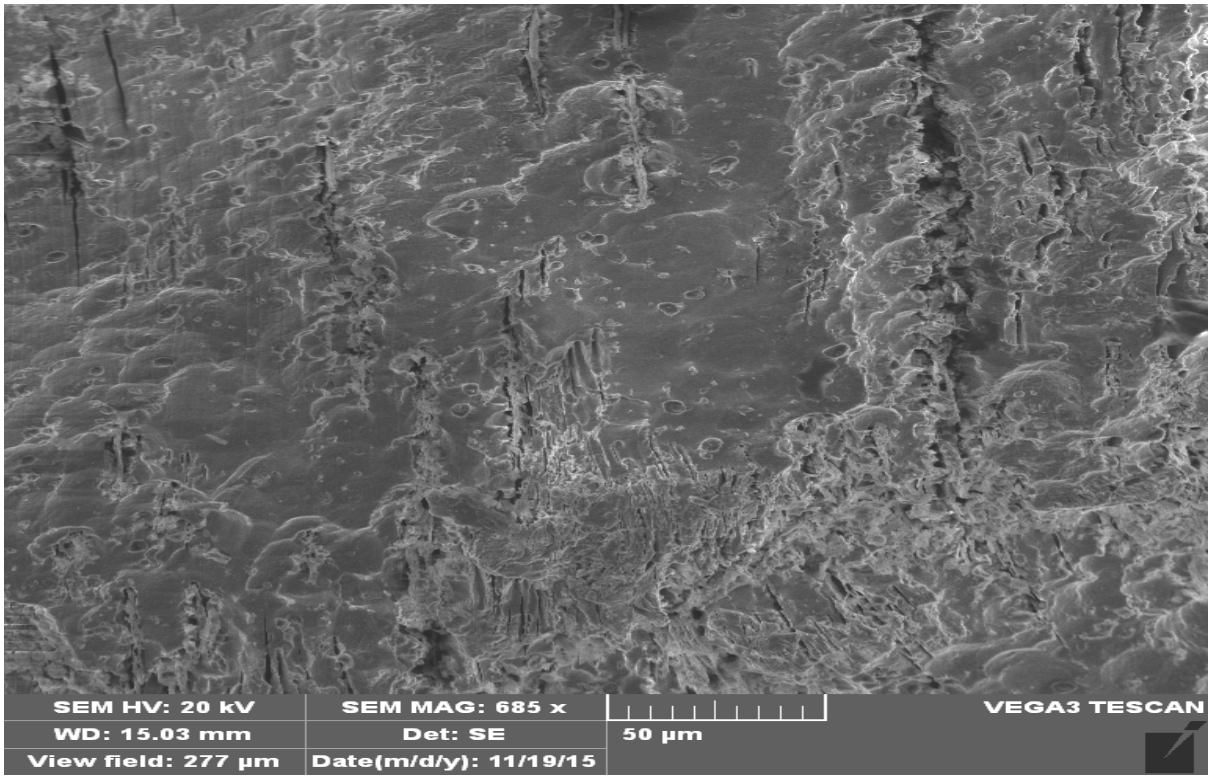


Fig. 1 *Orpiment from edit 25 in Allshar deposit under the SEM*

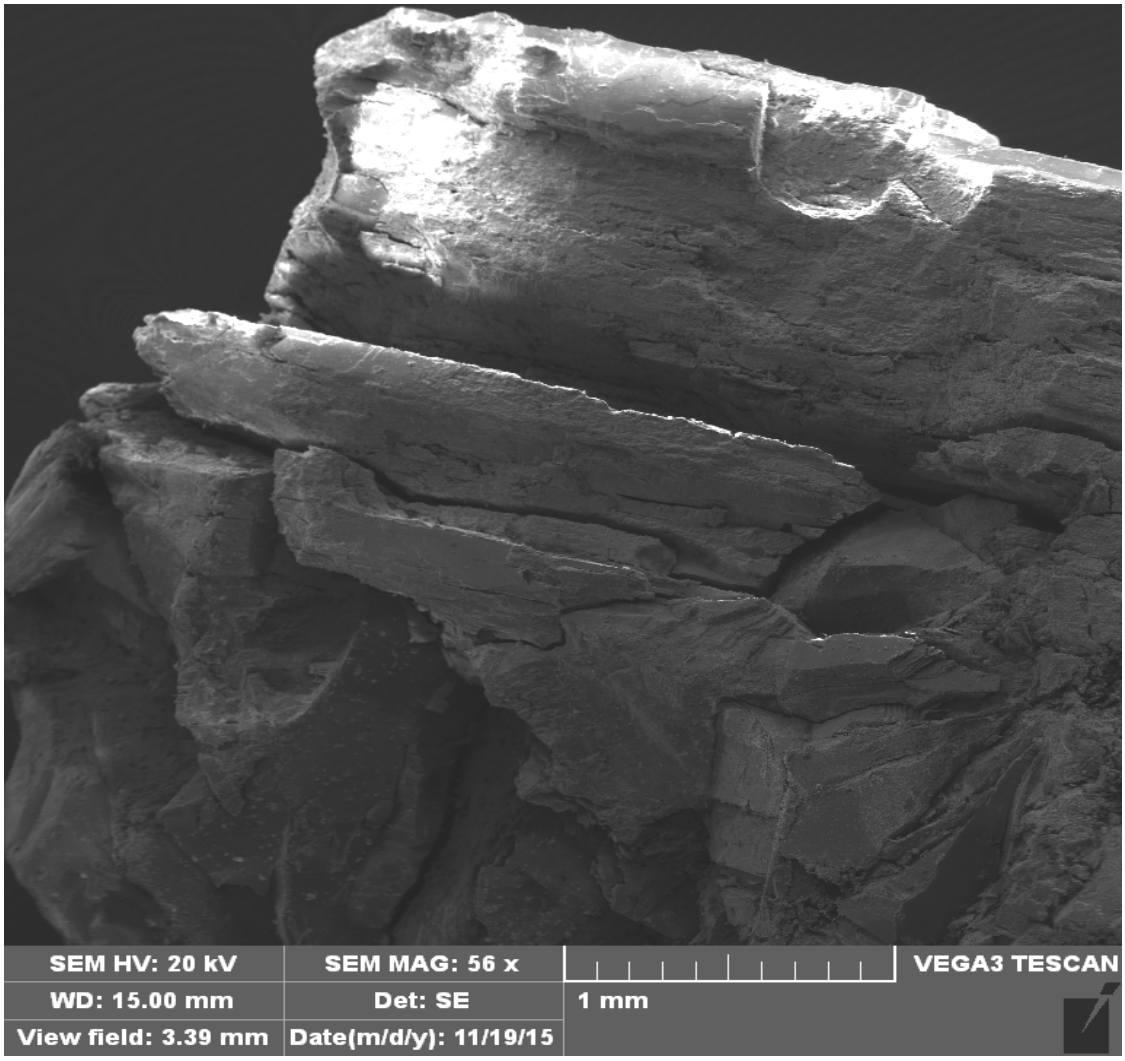


Fig. 2 *Lorandite from edit 25 in Allshar deposit under the SEM*

CONCLUSIONS

In the final sections of the Adit 25 in the Allchar deposit on 750 meters distance from the entrance there is a zone with hydrothermally altered dolomites with impregnated orpiment and lorandite occurrence (desiminated). The investigation on orpiment and lorandite samples using the ICP-MS and SEM-EDS methods suggest pure minerals with composition very near to the stoichiometric minerals.

REFERENCES

Anovski, T., Cvetanovska, L., Geršanovski, D., Popov, V., 1993: Gamma spectrometric determination of uranium and thorium in Allchar ore and mineral samples. Geologica Macedonica, 7, 31-33.

Balić Žunić, T., Makovicky, E., 1993a: Contributions to the crystal chemistry of thallium sulphosalts I. The O-D nature of imhofite. N. Jb. Miner. Abh., 165, 3, 317-330.

Balić Žunić, T., Stafilov, T., Tibljaš, D., 1993b: Distribution of thallium and the ore genesis at the Crven Dol locality in Alšar. Geologica Macedonia, 7, 45-52.

Barić, Lj., 1958: Neuuntersuchungen des Loranditvorkommens von Mazedonien Vergleich der Mineralvergesellschaftungen in den beiden bisher unbekannten Fundorten des Lorandits. Schweizer Miner. Petrogr. Mitt., 38, 247-253.

Boev, B., Stojanov, R., Denkovski, G., 1993a: Geology of Alshar polymetallic deposit, Macedonia. Geologica Macedonica, 7, 35-39.

Boev, B., Serafimovski, T., Milosavljević, B., 1993b: Trace elements in some minerals from Alshar deposit. Geologica Macedonica, 7, 41-43.

Boev, B., Serafimovski, T., 1996: General genetic model of the Allchar deposit. Plate Tectonic Aspects of the Alpine Metallogeny in the Carphato Balcan Region. Proceedings of the Annual Meeting of IGCP Project 356, Vol. 1, 75-85, Sofia.

Caubel, A., Galvier, J., 2000: Le thallium, ses mineraux, son utilisation, Regne Mineral, 32, 31-43.

Ernst, H., Korschinek, G., Kubik, P., Mayer, W., Morinaga, H., Nolte, E., Ratzinger, U., Henning, W., Kutschera, W., Muller, M., Schull, D., 1984: 205Pb Accelerator mass spectrometry of a very heavy radioisotope and the Solar neutrino problem. Nucl. Instr. Meth. Phys. Res., B5, 426-429.

Foullon, H. von, 1890: Über Antimonit und Schwefel aus Macedonien. Verhadlg. d. k. k. geol. Reichsanstalt. Wien, 318.

Foullon, H. von, 1892: Schwefel und Realgar von Allchar. Vrhdlg. Reichsanstalt, 171.

Foullon, H. von, 1894: Realgar von Allchar in Macedonien. Z. Krystallogr., 39, 113-121.

Frantz, E., Palme, H., Todt, W., El Goresy, A., Pavićević, M. K., 1994: Geochemistry of Tl-As minerals and host rocks at Allchar (Macedonia). N. Jb. Miner. Abh., 167:359-399.

Freedman, M. S., Stevens, C. M., Horwith, E. D., Fuchs, H., Lerner, J. S., Childs, W. J., Hessler, J., 1976: Solar Neutrinos, proposal for a new test. Science, 193, 1117-1118.

Freedman, M. S., 1979: Tl as a low energy neutrino detector, Proceedings of the Informal Conference on the Status and Future of Solar Neutrino Research, Editor; G. Frielander, 1, RNL 50879, 313-360.

Goldschmidt, V., 1896: Realgar von Allchar. Beispiel der Discussion eines Projekionsbildes. Z. Krystallogr., 25, 553-555.

Goldschmidt, V., 1899: Über Lorandit von Allchar in Macedonien. Z. Krystallogr., 30, 272-294.

Gržetić, I., 1993: Thallium sulphosalts and their phase diagrams related to natural mineral occurrences. Geologica Macedonica, 7, 61-68.

Hackman, V., 1897: Ueber eine neue Form am Realgar von Allchar in Macedonien. Z. Krystallogr., 27, 608-609.

Hejl, E., Pavićević, M. K., 1993: Evaluation of long - term erosion rates at the Allchar deposit by fission - track dating of apatites, Geologica Macedonica, 7, 9.

Hofmann, R., 1891: Antimon – und Arsen-Erzbergbau "Allchar" in Macedonien. Öst. Zeitsch. Berg., 39, 167-173.

Ivanov, T., 1965: Zonal distribution of elements and minerals in the deposit Allchar. Symp. Problems of Postmagmatic Ore Deposition, II, 186-191, Prague.

Ivanov, T., 1986: Allchar the richest ore deposit of Tl in the world. Proceedings on The Feasibility of the Solar Neutrino Detection with 205Pb by Geochemical and Accelerator Mass Spectroscopical Measurements, GSI-86-9, Darmstadt, 6 pp.

Ivanovski, G., Mijatović, M., Veljanovski, B., 1993: Bound states of a neutral nonrelativistic and relativistic particle with spin - 1/2 in a magnetic field. Geologica Macedonica, 7, 25-29.

Janković, S., 1960: Allgemeine Charakteristika der Antimonit Erzlagerstatten Jugoslawiens. N. Jb. Miner. Abh., 94, 506-538.

Janković, S., 1988: The Allchar Tl-As-Sb Deposit, Yugoslawien and its specific metallogenic features. Nucl. Instr. Meth. Phys. Res., A271, 286.

Janković, S., 1993: Thallium mineralization in the Alšar complex Sb-As-TI-Au deposit. Geologica Macedonica, 7, 53.

Jankovic, S., Boev, B., Serafimovski, T., 1997: Magmatism and Tertiary Mineralization of the Kozuf Metalogenetic District, the Republic of Macedonia with Particular reference to the Allchar Deposit. Faculty of Mining and Geology, Štip, Special Issue No. 5, 262.

Jannasch, P., 1904: Analyse des Lorandit von Allchar. Z. Krystallogr., 39, 122-124.

Ježek, B., 1912: Sur la vrbaite, un nouveau minérale du thallium d'Allchar en Macédoine. Bull. Int. Acad. Sci. Bohème, 1-12.

Ježek, B., 1913a: Vrbait, ein neues Thalliummineral von Allchar in Macedonien. Z. Krystallogr. Miner., 51, 365-378.

Krenner, J. A., 1894: Lorandit, ein neues Thallium-Mineral von Allchar in Macedonien. Math. es term. tud. Ertesitö, 12, 473.

Krenner, J. A., 1895: Lorandit, ein neues Thallium-Mineral von Allchar in Macedonien. Math. es term tud Ertesitö, 13, 258-263.

Krenner, J. A., 1897: Lorandit, ein neues Thallium-Mineral von Allchar in Macedonien, Z. Krystallogr., 27, 98-99.

Lazaru, A., Stafilov, T., 1993: Determination of Fe, Mn, Cu, Cr and Ni in some minerals from the Alšar mine by atomic absorption spectrometry. Geologica Macedonica, 7, 73-80.

Loczka J., 1904: Chemische Analyse des Lorandit von Allchar in Macedonien und des Claudetit von Szomolnok in Ungara. Z. Krystalogr., 39, 520-525.

Makovicky, E. Balić Žunić, T., 1993: Contributing to the crystal chemistry of thallium

sulphosalts. II. TlSb3S5 - the missing link of the lillanite homologous series. N. Jb. Miner, Abh., 165, 3, 331-344.

Mihajlović, D., 1993: Preparation of samples taken from the Alshar mine for x-ray fluorescence spectrometry. Geologica Macedonica, 7, 69-72.

Mijatović, M., Ivanovski, G., Veljanovski, B. Apostolovska, G., 1993: Tunneling of a neutral nonrelativistic and relativistic particle with spin - 1/2 through magnetic field. Geologica Macedonica, 7, 11-24.

Morinaga, H., 1986: The problem of transition rates. Workshop on the Feasibility of Solar Neutrino Detection with 205Pb by Geochemical and AMS Methods, Editor E. Nolte, GSI Report, 86-9, Darmstadt.

Palme, H., Pavićević, M. K., Spettel, B., 1988: Major and trace elements in some minerals and ore from Crven Dol, Allchar. Nucl. Instr. Meth. Phys. Res., A271, 314-319.

Pavićević, M. K., 1986: International Conference on Solar Neutrino Detection with 2-05Tl, Program and Abstract Book, p. 21, Dubrovnik.

Pavićević, M. K., 1988: Lorandite from Allchar-A low energy solar neutrino dosimeter. Nucl. Instr. Meth. Phys. Res., A271, 287-296.

Pavićević, M. K., El Goresy, A., 1988: Crven Dol Tl deposit in Allchar: Mineralogical investigations, chemical composition of Tl minerals and genetic implications. Nucl. Instr. Meth. Phys. Res., A271, 297-300.

Pavićević, M. K. Korschinek, G., 1993: Determination of erosion - rates by means of 26Al in the area of Crven Dol (Allchar), Geologica Macedonica, 7, 10.

Pelikan, A., 1891: Schwefel fon Allchar in Macedonien. Tscherm. Min. Mit., 12, 344-345.

Percival, T.J., Radtke, A., 1990: Carlin Type Gold Mineralization in the Allchar District, Macedonia, Yugoslavia. Eight IAGOD Simp. Ottawa, Canada, 1990. Program with Abstracts, P.A. 108

Percival, T., Boev, B. 1990: As-Tl-Sb-Hg-Au-Ba Mineralization, Allchar District, Yugoslavia; A Unique type of Yugoslavian Ore Deposit. Int. Symposium On Solar Neutrino Detection with 205Tl., Yug. Soc. Nucl. Elemen. Pert. Phys., Dubrovnik, Abstact, 36-37.

Percival, T., Radtke, A., Jankovic, S., Dickinson, F., 1992: Gold Mineralization of the Carlin type in the Allchar District, Macedonia. In Y. T. Maurice, ed., Proceedings on Eight IAGOD Symposium, Ottawa, E. Scweizerbartische Verlag, 637-646, Stuttgart.

Percival, T., Radtke, A., 1994: Sedimentary Rock-hosted disseminated Gold Mineralization in the Allchar District, Macedonia. Cand. Mineralogist, 32, 649-655.

Petrov, B. Andonova, D., 1993: Possibility of concentration of ore minerals from the Allchar ore deposit, Crven Dol locality, horizon 800, Geologica Macedonica, 7, 82.

Petrov, B., Andonova, D. Stafilov, T., Novakovski, T., 1994: Possibility of concentrating the thallium mineral lorandite from the Allchar deposit, Crven Dol region. N. Jb. Miner. Abh., 167: 413-420.

Rieck, B., 1993: Allchar, Macedonia. Miner. Record, 24, 437-448.

Sotirovski, P., Boyer R., 1993: The sun and solar neutrinos, Geologica Macedonica, 7, 1-8.

Stafilov, T. 1985: Representation of some rare and noble metals in arsenic-antimony ore from Alšar mine and the possibility of their concentration, PhD Thesis, Faculty of Science, Skopje (in Macedonian).

Stafilov, T., Todorovski, T., 1987: Determination of gold in arsenic-antimony ore by flameless atomic absorption spectrometry. At. Spectrosc., 8, 12-14.

Stafilov, T., Aleksovska, S., Jordanovska, V., 1993: Determination of lead in some sulfidic minerals from Alshar, Geologica Macedonica, 7, 81.

Stafilov, T., Lazaru, A., Pernicka, E., 1995: Determination of silver in sulfide minerals b electrothermal atomic absorption spectrometry. At. Spectrosc., 16, 158-161.

Stevanovic, S., 1904: Auripigment von Allchar in Macedonien. Z. Krystallogr., 39, 14-18.

Stieglitz, H., 1990: Abenteuer Allchar. Lapis, 15(2), 11-19.

Trajkovska, M., Šoptrajanov, B., Stafilov, T. Jovanovski, G., 1993: Determination of lorandite and realgar in mineral using infrared spectroscopy, Geologica Macedonica, 7, 55-59.

Vrba, K., 1894: O nekterych mineralech z Allcharu v Macedonii, Vestnik kr. České Spol. Nauk, tr. math. prir. pojedn., 48.

NEW INVESTIGATIONS ON DUNJE PEGMATITE, MACEDONIA I: THE CONTRIBUTION TO THE KNOWLEDGE ABOUT ALKALI FELDSPARS AND ITS MINERAL PARAGENESIS

[1]Vladimir Zebec, [1]Snježana Mikulčić Pavlaković, [1]Marin Šoufek, [2]Blažo Boev, [2]Ivan Boev, [3]Vladimir Bermanec

[1]Croatian Natural History Museum, Department of Mineralogy and Petrography, Demetrova 1, 10 000 Zagreb, Croatia; snjezana.mikulcic@hpm.hr
[2]University "Goce Delčev"- Štip, Faculty of Natural and Technical Sciences, Blvd.Krste Misirkov, 10-A, P.O.Box 210. 2000 Štip, Republic of Macedonia
[3]University of Zagreb, Faculty of Science, Department of Geology, Division of Mineralogy and Petrography, Horvatovac 95, 10 000 Zagreb, Croatia

Abstract
SelečkaMountain was thoroughly investigated in the past mostly because of the interesting mineral paragenesis presented in granites, gneisses, amphibolites, different schists and pegmatite bodies. In the valley SmilevskiDol, around 3 km SW from the village of Dunje (Mariovo plateau), in the vicinity of small spring ŠohlehovKladenec hydrothermal pegmatite veinwas found containing well-formed crystals of albite, microcline, amphibole, epidote, titanite, quartz, muscovite, chlorite, stilbite, heulandite, pyrite, apatiteand rutile. Recent investigations brought out some more information about morphological and chemical characteristics of feldspars, namely albite and microcline and their oriented growth and confirmed garnet as new mineral in the paragenesis.

Key words: Dunje, mineral paragenesis, morphology, chemistry

INTRODUCTION

Selečka Mountain is a part of the eastern Pelagonian tectono-stratigraphicunit of the Dinaride-Hellenides (Pelagonian massif) represented by complex Precambrian metamorphic rocks comprised of gneisses, micaschists and amphibolites (Arsovski, et al., 1984) often with granitoid and pegmatitic intrusions. On the eastern slopes of the Selečka Mountain, in Smilevskidol approximately 3 km SW from the village of Dunje,in the vicinity of small spring ŠohlehovKladenec hydrothermal-pegmatite vein exists along the contact between granite and gneisses. The mineralparagenesis is composed of albite, microcline, amphibole, epidote, titanite, quartz, muscovite, chlorite, stilbite, heulandite, pyrite, apatite,rutileso far investigated by many researchers (Barić, 1958; Raffaelli, 1961; Zebec, 1984; Bermanec, 1986; Tibljaš et al., 1987; Zebec&Radanović-Gužvica, 1992; Jovanovski et al, 2012.).Recent investigation brought more data on albite chemistryandcrystal morphology previously given by Raffaelli(1961) (Fig.1).

METHODOLOGY

Crystallographic measurements ofalbite crystals were performed using two-circle reflecting goniometer (W.A. Goldschmidt, type A). Chemical investigations of alkali feldspars were done by electron energy dispersive X-ray spectrometry (Bruker SDD 129 eV resolution) performed in the scanning electron microscope (Tescan FE SEM) on well-polished and carbon coated samples.

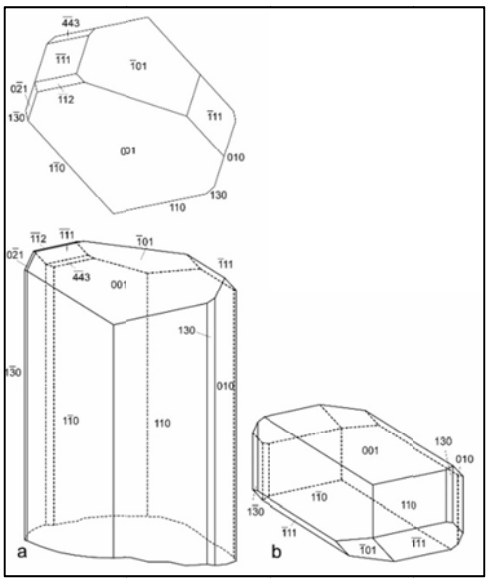


Fig.1. *Albite crystals from Dunje(modified after Raffaelli, 1961.) with 12 forms:{001}, {010}, {110}, {1T0}, {130}, {13̄0}, {02̄1}, {T01}, {T11} {TT1}, {4̄43̄}, and {TT2} a); b) same as a) without {4̄43̄}, {TT2} and {02̄1}*

Quantitative analyses were done on standards-based geological samples. Spectrums are obtained over 200 kcps. Recalculation to oxides were done without normalization in targeted for results to be comparative with earlier contribution. Calculation of the formula unit werebasedon 8 oxygen atoms.Phase analyses of microcline and garnetwereperformed by X-ray powder diffraction method.

RESULTS AND DISCUSSION

Two alkali feldspars had been confirmed in the assemblage, albite and microcline. Albite crystals can be found as well formed twins and single crystals up to 5 cm in size. Their mutual position during growth revealed the succession of crystallization and three generations were recognized.The earliestgeneration is represented by clear, colorless and generally smaller crystals, extremely platy along the {010}.On four measured albite crystals the following 17forms were determined: {001}, {010}, {110}, {1$\bar{1}$0}, {130}, {1$\bar{3}$0}, {350},{450}, {0$\bar{2}$1}, {$\bar{1}$01}, {$\bar{2}$01}, {$\bar{4}$03}, {$\bar{1}$11} {$\bar{1}\bar{1}$1}, {$\bar{4}\bar{4}$3}, {$\bar{1}$12}, and {$\bar{1}\bar{1}$2}(Fig. 2), including 5 new ones found after Raffaelli'searly research. They often consist of a large number of individuals closely spaced in polysynthetic twinning.

Later milky white crystals of albite crystallized, reachedup to 5 cm in size and they are more or less equidimensionally formed. They sometimesalso show multiple twinning according to the albite law (with the {010} twin plane) but with somewhat thicker lamellae. (Fig 3.)

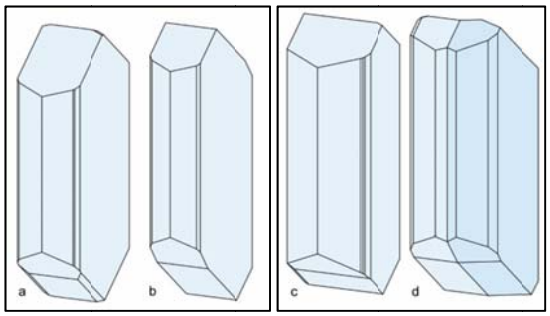


Fig. 2 *Albite crystals of first (earliest) generation: forms on single crystals: a){001}, {010}, {110}, {1$\bar{1}$0}, {130}, {1$\bar{3}$0}, {350}, {$\bar{1}$01}, {$\bar{4}$03}, {$\bar{1}$11}, {$\bar{1}\bar{1}$1},{$\bar{1}$12}; b) {001}, {010}, {110}, {1$\bar{1}$0}, {130}, {1$\bar{3}$0}, {$\bar{1}$01}, {$\bar{4}$03} c) {001}, {010}, {110}, {1$\bar{1}$0}, {130}, {350}, {450}, {$\bar{1}$01}, {$\bar{4}$03}, {$\bar{1}$11}; forms on albite twin: d){001}, {010}, {110}, {1$\bar{1}$0}, {130}, {1$\bar{3}$0}, {350}, {0$\bar{2}$1}, {$\bar{1}$01}, {$\bar{4}$03}, {$\bar{1}\bar{1}$1}, {$\bar{4}\bar{4}$3} and {$\bar{1}\bar{1}$2}*

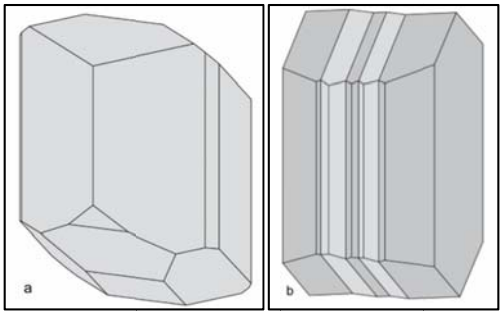


Fig. 3 *Albite crystals of second generation;a) single crystal: {001}, {010}, {110}, {1$\bar{1}$0}, {130}, {1$\bar{3}$0},{$\bar{1}$01}, {$\bar{2}$01}, {$\bar{4}$03}, {$\bar{1}$11}, {$\bar{1}\bar{1}$1} b) polysynthetic twinning: {001}, {010}, {110}, {1$\bar{1}$0}, {0$\bar{2}$1}, {$\bar{1}$01}*

The third (latest) generation of albite is represented by white crystalsgenerally twinned according to the pericline twin law(with [010] as twin axis direction) andelongated along[010]axis,sometimes flattened (platy) along the plane of rhombic section. (Fig. 4).

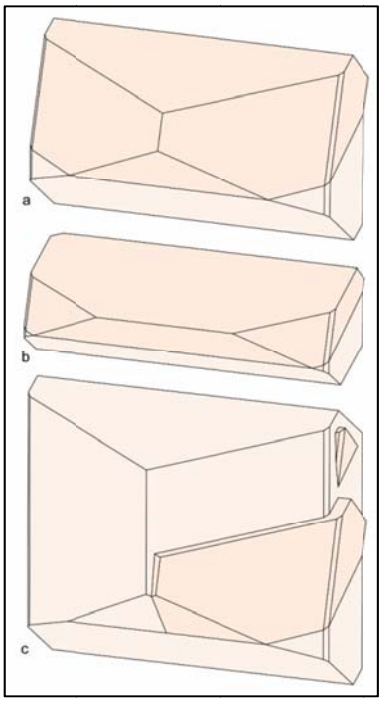


Fig. 4 *Albite crystals of third (latest) generation; a), b) pericline twinsc) multiple pericline twinning; present forms: {001}, {010}, {110}, {1$\bar{1}$0}, {130}, {1$\bar{3}$0}, {$\bar{1}$01}, {$\bar{4}$03}, {$\bar{1}$11}*

Such a succession in crystallization has been observed on twinned albite formation consisting of all three generation of albite crystals. The earliest clear, colorless albite isovergrown in oriented position by milky white albite twins of second generationwhich is in the latest stage of crystallization twinned with the periclinetwins ofwhite albite (Fig.5).

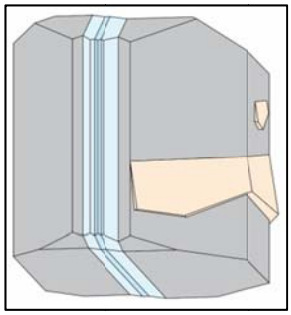


Fig. 5 *Albite and pericline twinning of all three generations of albite crystals*

On the surface of all types of albite crystals,colorless, translucent crystals of microcline can be found in oriented growth position. They are up to 5 mm in size (exceptionally up to 1 cm) and usually of rough faces (Fig.6, 7, 8) which made them difficult to goniometricallymeasure.Nevertheless, the following forms were recognized: {001}, {110}, {1T0}, {1T1}, and {T01}.

Fig. 6 *Oriented overgrowth of microcline on larger albite crystal*

Oriented growth of microcline crystals after albite can preliminary be described as follows: microcline (110) [001] || albite (110) [001]

Optical axial angle of microcline varies in range 2V=55°-60° (-) (Zebec, 1980).
Chemical analyses so far showed that albite crystals are almost free of Ca (Raffaelli, 1961; Bermanec, 1986). Recent chemical analyses of both types of alkali feldspars confirmed pure sodium and potassium feldspar composition for albite and microcline, respectively (Tab 1).

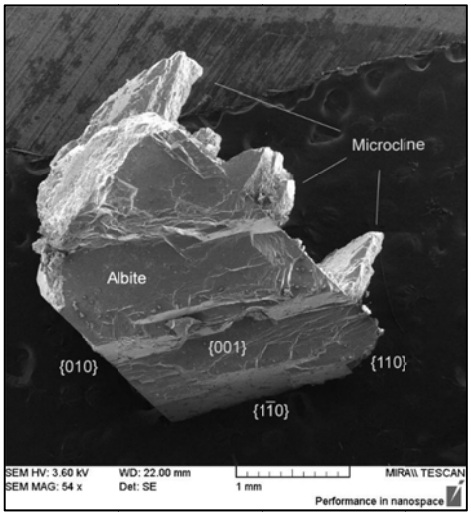


Fig. 7 *SEM image of albite-microcline oriented growth*

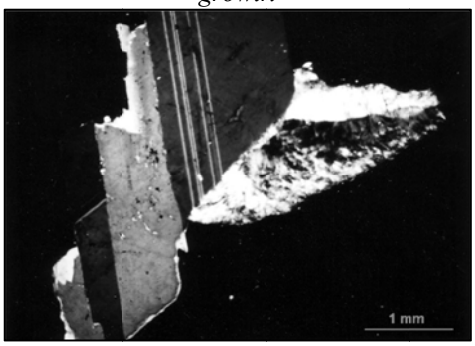


Fig. 8 *Thin section of albite-microcline oriented growth (after Zebec, 1980)*

Table 1. Comparation of previous and recent results of chemical analyses of alkali feldspars

	Raffaelli (1961)		Bermanec (1986)		albite, earliest (recent)		albite, latest (recent)		microcline (recent)	
	wt (%)	a.p.f.u.	wt %	a.p.f.u.	wt (%)	a.p.f.u.	wt (%)	a.p.f.u.	wt (%)	a.p.f.u.
SiO_2	68,04	2,98	66,74	2,96	66,04	2,71	65,09	2,90	60,08	2,67
Al_2O_3	19,88	1,03	19,96	1,04	20,89	1,01	20,01	1,05	21,02	1,10
Fe_2O_3	0,16	0,01	0,41	0,01	-	-	-	-	-	-
FeO	0,12	0,00	-		-	-	-	-	-	-
MgO	0,02	0,00	0,09	0,06	-	-	-	-	-	-
CaO	0,17	0,01	0,48	0,02	-	-	-	-	-	-
Na_2O	10,56	0,89	10,49	0,90	12,46	0,99	11,55	0,99	-	-
K_2O	0,91	0,05	0,96	0,05	0,15	0,01	0,06	0,01	17,62	1,00
H_2O+	0,14		0,13		-	-	-	-	-	-
H_2O-	0,03		-		-	-	-	-	-	-
Σ	100,03		99,26		99,54		96,81		98,72	

Inclusions of epidote and fibrous amphibole crystals as well as worm-like chlorites are frequently found in the albite crystalsof latest generation. Chlorite inclusions can also be found in titanite and epidote. As for other minerals in the paragenesis, minerals from garnet and epidote-clinozoisite group have beeninvestigated.So far almandine was confirmed as for others the research is still in progress.

CONCLUSION

Recent investigations has shown that mineral associations found in hydrothermal-pegmatitic veins near the village of Dunje in Macedonia contains a lot of information that can provide new knowledge about the origin of not only pegmatitic veins but also the whole complex of the Pelagonian massif. Such results justify the need for further, more comprehensive research.

REFERENCES

Arsovski, M., Dumurdžanov, N. (1984): Recent findings of the structure of Pelagonian horst anticlinorium and its relation with the Rhodopean and Serbo-Macedonian massif. GeologicaMacedonica, 1:3-25.

Barić, Lj. (1958): Mineralienfundort in Smilevski Dol bei Dunje in Mazedonien. Bull. Scient. Cons. Acad. Yougosl. 4 (1):1.

Bermanec, V. (1986): Korelacija rezultata istraživanja fizičkih, kemijskih i strukturnih svojstava plagioklasa. Magistarski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, pp153.

Jovanovski, G., Boev, B., Makreski, P. (2012): Minerals from the Republic of Macedonia with an introduction to mineralogy. Macedonian Academy of Sciences and Arts, Skopje, 651 p.

Raffaelli, P. (1961): Albite from Smilevski Dol in Selečka Mountain, Macedonia. Geološki vjesnik, 14:133-142.

Tibljaš, D., Zebec, V, Bermanec, V. (1987): Zeolite occurence in the vein mineral paragenesis near Dunje, Macedonia. Geološki vjesnik, 40:81-87.

Zebec, V. (1980): Epidot iz Smilevskog dola kraj Dunja u Selečkoj planini (Makedonija). Magistarski rad, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, pp. 100.

Zebec, V. (1984): Epidot von Smilevski dol bei Dunje im Selečka-Gebirge (Mazedonien). Geologica Macedonica, 1(1):63-122.

Zebec, V., Radanović-Gužvica, B. (1992): Crystallographic Determination of Titanite from Smilevski Dol in Selečka Mountain, Macedonia. Geologia Croatica, 45:63-68.

NEW INVESTIGATIONS ON DUNJE PEGMATITE, MACEDONIA II: RELATION TO HOST METAMORPHIC ROCKS AND ADJACENT GRANITE INTRUSIONS

[1]Nenad Tomašić, [1]Andrea Čobić, [2]Blažo Boev, [2]Ivan Boev, [1]Vladimir Bermanec

[1]University of Zagreb, Faculty of Science, Department of Geology, Division of Mineralogy and Petrology, Horvatovac 95, HR-10 000 Zagreb, Croatia
[2]University "Goce Delčev"- Štip, Faculty of Natural and Technical Sciences, Blvd.Krste Misirkov, 10-A, P.O.Box 210. 2000 Stip Republic of Macedonia

Abstract
The mineral assemblage from Dunje pegmatite south of Prilep, Macedonia, contains euhedral crystals of epidote but a significant occurrence of epidote group minerals is also observed in the neighboring granite intrusions and in the Precambrian metamorphic host rock suite. Epidote group minerals in the adjacent granite intrusions show some textural features that could be connected with magmatic origin of the mineral suggesting a deep intrusion. A detailed characterization of chemical footprint in epidote groupe minerals from both magmatic and metamorphic rock suite is to be determined in other to establish a possible mutual genetic relationship.

Key words: pegmatite, epidote group minerals, Dunje, Republic of Macedonia

GEOLOGICAL BACKGROUND

Outcrops of pegmatite veins are widespread in the area around Dunje village, with some localities being very popular with mineral collectors. Especially, euhedral epidote, titanite, and large albite crystals as well as zeolite are notable findings at the locality.

The Dunje area belongs to the Pelagonian Massif, which mostly comprises the Precambrian gneisses, schists and granitic intrusions covered by thick dolomitic and calcitic marbles, especially along its eastern boundary to Vardar Zone (Dumurdžanov et al., 1976).

The studied pegmatite body is located 3 km SSW of Dunje village. The pegmatite veinlets vary from a few centimeters to a few decimeters in width, and are intruded along heavily foliated Precambrian gneisses, which are sometimes accompanied by amphibolites. General foliation inclination in gneiss and amphibolite as measured in the field is ENE dipping on average at 30°. This coincides with the orientation of Veprčani monocline (Dumurdžanov et al., 1976; Arsovski, 1997; Temovski, 2016). Granitic rocks, which also intrude the Precambrian metamorphic suite, outcrop roughly 100 m out of the pegmatite location in NNE direction displaying typical granite (exfoliation) jointing.

THIN SECTION STUDY

The host gneiss in the top contact to the pegmatite body is coarsely foliated and composed of epidote-clinozoisite, amphibole (actinolite?), quartz, plagioclase, titanite and rare but large opaque minerals (Fig. 1.). Occasionally, gneiss is accompanied by epidote schist (Fig. 2.) in the contact zone to the pegmatite. It consists of epidote, quartz, plagioclase, amphibole (actinolite?), titanite, and clinozoisite.

Amphibolite, found roughly 100 m NW from the pegmatite body is granolepidonematoblastic with amphibole (actinolite?), quartz, clinozoisite and titanite as main constituents.

The adjacent granite is composed of quartz, orthoclase (sometimes with perthitic lamellae), biotite, tiny needle-like, elongated or irregular grains of clinozoisite-epidote (Fig. 1.), titanite, and sparse garnet. Quartz fills up interstitial domains producing larger, frequently ball-shaped forms containing exclusively equigrannular guartz grains, and thus it almost never interchanges with other minerals.

DISCUSSION

Field and thin section investigation of Dunje rock suite around the pegmatite indicates a genetic relationship between granite intrusions and pegmatite veins. Especially interesting are the findings of epidote group minerals with changing chemistry and mutual phase relations. The epidote-clinozoiste occurrence in both pegmatite and adjacent granite bodies indicates similar yet changing environment conditions. As of wide presence of epidote-clinozoisite in host metamorphic rocks of the area, the minerals are quite unspecific from petrogenetic point of view, due to a wide temperature and especially pressure stability fields, thus requiring more detailed chemical characterization of the samples (Franz & Liebscher, 2004).

For a formation of epidote-clinozoisite minerals an enrichment in Ca and Al is required, which is frequently obtained by dissolution of plagioclase (inclusions in a plagioclase) or alternatively by a mass transport. Metasomatism could be responsible for the latter, since it could have enabled the crystallization of euhedral epidote crystals in the pegmatite veins, probably with fluids being more enriched in Ca, Al, Fe and dissolved SiO_2 in final stages of granite intrusion in the metamorphic host rocks. In the neighboring granite, the epidote textural properties indicate its magmatic origin – it is frequently embayed in contact with feldspar/quartz matrix indicating its instability at final stage of crystallization. Besides, biotite and plagioclase seem to be rather well preserved, indicating absence of a significant hydrothermal overprint and subsolidus formation of epidote group minerals. The existence of magmatic epidote minerals could imply a deep intrusion. (Schmidt & Poli, 2004).

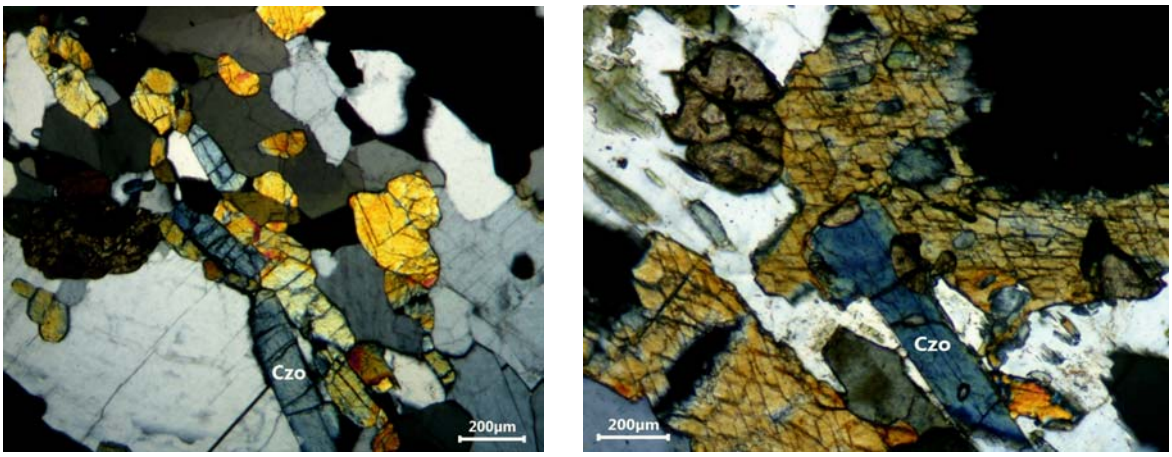


Fig. 1 *Metamorphic host rock suite: gneiss (left) and amphibolite (right), both comprising clearly visible clinozoisite grains*

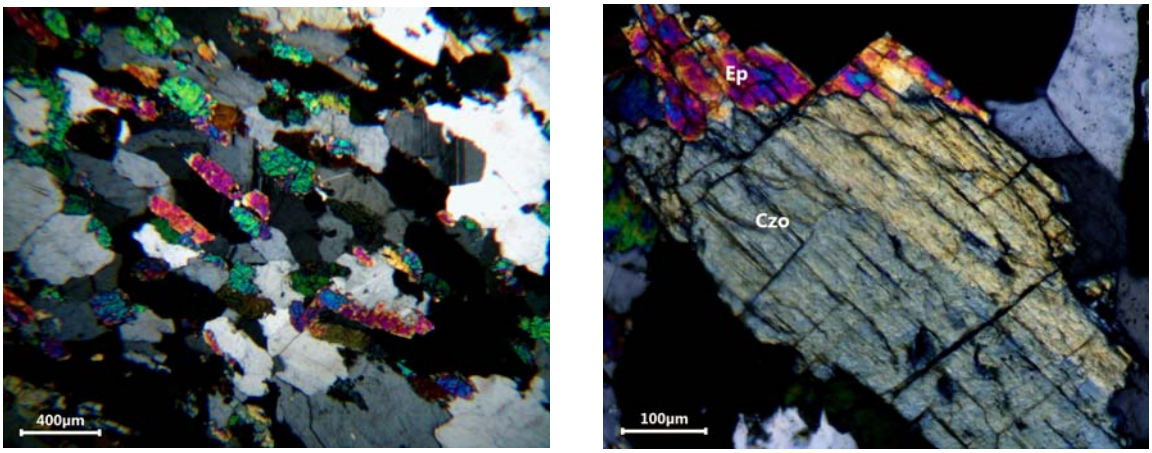


Fig. 2 *General appearance of epidote schist in a close contact to the pegmatite body (left); a clinozoisite-epidote grain clearly showing heterogeneous chemical composition (right)*

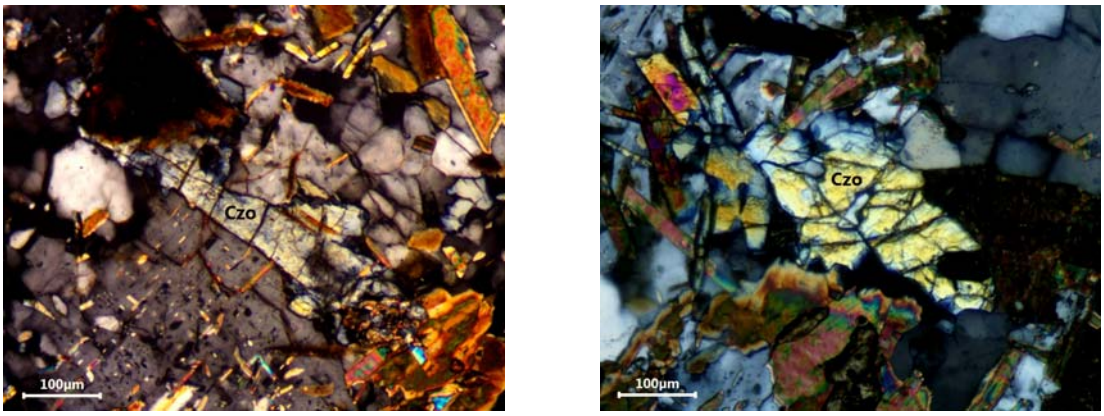


Fig. 3 *Occurrence of clinozoisite in granite from Dunje area*

PRECONCLUSIONS

Field relations and thin section analysis of both the Precambrian metamorphic host rock suite and the intruded granitic rocks and pegmatite veins indicate a significant occurrence of epidote group minerals, with final occurrence of euhedral crystals in the pegmatite vein near Dunje village. Due to a complex relationship between epidote group minerals as a response to environmental conditions (p, T, fO_2) a detailed chemical characterization of the minerals is needed to give a more comprehensive interpretation of their genetic relationship.

REFERENCES

Arsovski M. (1997) Tektonika na Makedonija, Rudarsko-geološki fakultet, Štip, p. 360

Dumurdžanov, N., Hristov, S., Pavlovski, B., & Ivanova, V. (1976). Explanatory notes for the general geological map of Vitolište and Kajmakčalan (1:100 000) Beograd: Federal Geological Survey, 1–61

Franz, G. & Liebscher, A. (2004): Physical and Chemical Properties of the Epidote Minerals – An Introduction –, In: Epidotes (eds. A. Liebscher & G. Franz), Reviews in Mineralogy and Geochemistry, 56, 1-82

Liou, J. G. (1993): Stability of natural epidotes, Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt, 49, 7-16

Schmidt, M. W. & Poli, S. (2004): Magmatic Epidote, In: Epidotes (eds. A. Liebscher & G. Franz), Reviews in Mineralogy and Geochemistry, 56, 399-430

Temovski, M. (2016): Evolution of Karst in Lower Part of Crna Reka River Basin, Springer, p. 265

MOISSANITE METEORITE IN TERITORY OF THE REPUBLIC OF MACEDONIA

[1]Blazo Boev, [1]Velo Markovski, [1]Ivan Boev

University "Goce Delčev"- Štip, Faculty of Natural and Technical Sciences, Blvd.Krste Misirkov, 10-A, P.O.Box 210. 2000 Stip Republic of Macedonia, e-mail: ivan.boev@ugd.edu.mk

Abstract
This paper presents for the first time results from the examination of moissanite meteorite found in the Republic of Macedonia using the method SEM-EDS. The examined samples indicate that the mineral is moissanite with very similar structure to the stoichiometric moissanite (Si=28.94%, C=71%).

Key words: moissanite, meteorite, Republic of Macedonia

HISTORY

Moissanite as a natural mineral was discovered in the samples of the meteorite Canyon Diablo (Roddy and Shoemaker, 1995). The Canyon Diablo meteorite includes many fragments of the asteroid that craved the Meteor Crater Barringer in Arizona, USA. The meteorite was found in the rim area of the crater and it was named after the nearest Canyon Diablo, a few kilometers away from the crater. Barringer Crater was created about 50 000 years ago (Roddy and Shoemaker, 1995). The meteorite samples were collected in the middle of the 19th century. They have been used since the Paleolithic age by native Americans. There were many discussions regarding the origin of the Barringer Crater (since the middle of the 19th century). Up until 1950 it was considered to be a volcano crater. In 1950th due to examinations done by Eugene Shoemaker it was found out that it is actually meteor crater. Patterson, 1950 measured the isotopes of lead in the meteorite samples and the results indicated that its age is close to the age of the Earth (4.550 billion years).

Moissanite is a stable isotope in extreme reducing conditions typical for the deeper parts of the Earth. Trumbull et al. (2009) singled out three categories of rocks with moissanite occurring in natural conditions, namely: peridotites and serpentinites (Xu et al., 2008), and chromites (Bai et al.,2000); kimberlites (Leung et al., 1990); Shiryaev et al., 2011); and metasomatic rocks (Lyakhovich, 1980; Di Pierro et al., 2003).

In most cases, moissanite is recovered from heavy mineral separates with little textural and phase assemblage information available. Often Fe-silicides or metallic Si are attached to SiC grains (Trumbull et al. 2009), there are also diamonds which contain moissanite inclusions (Leung, 1990).

INTRODUCTION

Meteorite fragments subject to this investigation have been found in the western part of the Republic of Macedonia weighting 9.29 grams. The outward appearance of the meteorite is presented in Fig. 1, showing its round shape and its black to greenish color.

APPLIED METHODOLOGY

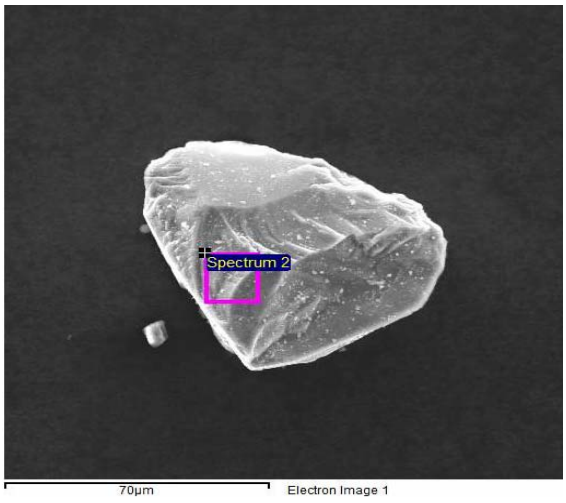
SEM analysis were recorded on Scanning electron microscopy VEGA3 LMU (Tescan) and INCAEnergy 250 Microanalysis System for quantitative analysis of the samples. SEM analyzes are made with SE detector on 20kV voltage. The samples were analysed on high vacuum mode more than 0.018 Pa. Sample surface is motorized on 5 axes (x-y-z, rotation and tilt). For scanning electron microscopy VegaTC software is used.

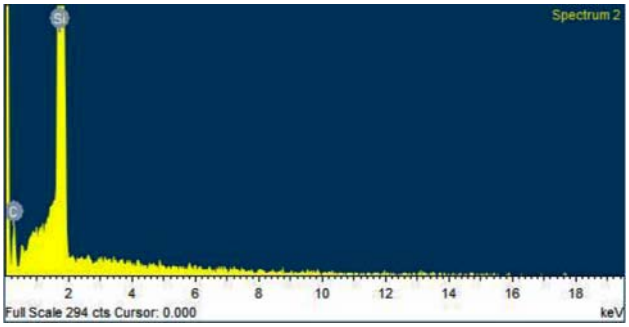
The energy–dispersive X-ray system for SEM is fully quantitative SDD with excellent performance at low and high count rates. Capable of achieving a resolution better than 125eV on the MnKa ,FKa and CKa peaks. The working distance for X-ray is 15 mm. For detector control and data acquisition were done with INCA software.

Fig. 1 *Moissanite meteorite at the territory of the Republic of Macedonia*

RESULTS AND DISCUSSION

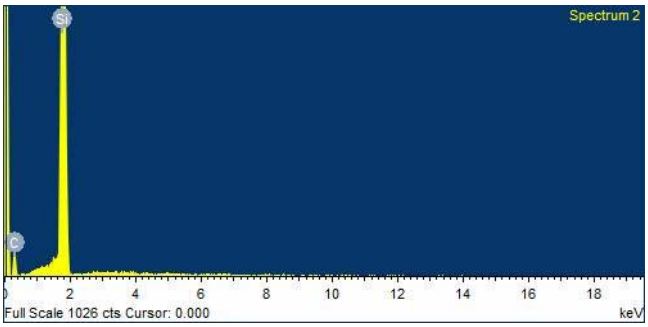
Due to the small amount of the sample material we had at hand we decided to do the laboratory tests using the SEM-EDS analysis technique. We did many measurements using the SEM_EDS technique and the results are presented in Fig.2, Fig.3, и Fig.4.





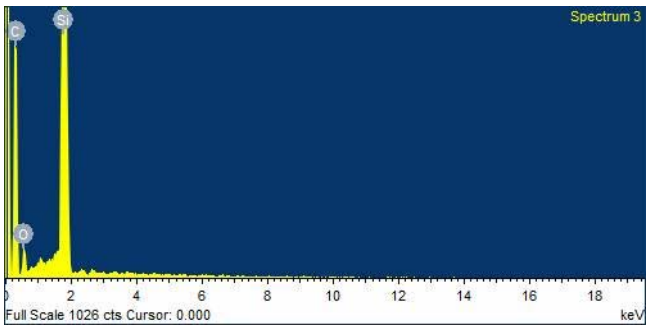
Element	Weight%	Atomic%
C K	22.55	40.51
Si K	77.45	59.49
Totals	100.00	

Fig. 2 *SEM-EDS analysis of moissanite from meteorite*



Element	Weight%	Atomic%
C K	30.39	50.51
Si K	69.61	49.49
Totals	100.00	

Fig. 3 *SEM-EDS analysis of moissanite from meteorite*



Element	Weight%	Atomic%
C K	34.05	54.69
Si K	65.95	45.31
Totals	100.00	

Fig. 4 *SEM-EDS analysis of moissanite from meteorite*

CONCLUSIONS

The moissanite samples in meteorites are very rare, especially at the territory of the Republic of Macedonia, which is very small and quite forested. This small sample which was subject to the examination using the SEM-EDS analysis method was found in the western part of the republic and although quite small in size its significance is great for this is the first time the mineral moissanite was found at this territory.

REFERENCES

Roddy, D. J.; E. M. Shoemaker (1995). "Meteor Crater (Barringer Meteorite Crater), Arizona: summary of impact conditions". Meteoritics 30 (5): 567.

Patterson, C. (1956). "Age of Meteorites and the Earth". Geochimica et Cosmochimica Acta 10: 230–237

Bai W, Robinson PT, Fang Q, Yang J, Yan B, Zhang Z, Hu XF, Zhou MF, Malpas J (2000) The PGE and base-metal alloys in the podiform chromitites of the Luobasa ophiolite, southern Tibet. Can Mineral 38:585-598

Di Pierro S, Gnos E, Grobety BH, Armbruster T, Bernasconi SM, Ulmer P (2003) Rock-forming moissanite (natural α-silicon carbide). Am Mineral 88:1817-1821

Leung I (1990) Silicon carbide cluster entrapped in a diamond from Fuxian, China. Am Mineral 75:1110-1119

Leung I, Guo W, Friedman I, Gleason J (1990) Natural occurrence of silicon carbide in a diamondiferous kimberlite from Fuxian. Nature 346:352-354

Lyakhovich VV (1980) Origin of accessory moissanite. Geol Rev 22:63-74

Shiryaev AA, Griffin WL, Stoyanov E (2011) Moissanite (SiC) from kimberlites: polytypes, trace elements, inclusions, and speculations on origin. Lithos 122:152-164

Trumbull RB, Yang JS, Robinson PT, Di Pierro S, Vennemann T, Wiedenbeck M (2009) The carbon isotopic composition of natural SiC (moissanite) from the Earth's mantle: new discoveries from ophiolites. Lithos 113:612-620

Xu A, Wu W, Xiang W, Yang J, Chen J, Ji S, Liu Y (2008) Moissanite in serpentinites from the Dabie Shan Mountains in China. Mineral Mag 72:899-908

МИНЕРАЛОШКО-ПЕТРОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА МИКАШИСТИТЕ ОД ОКОЛИНАТА НА С.БОНЧЕ, ПРИЛЕП

[1]Филип Јованоски, [1]Тена Шијакова-Иванова, [1]Блажо Боев, [1]Виолета Стефанова

[1]*Факултет за природни и технички науки, Универзитет „Гоце Делчев"- Штип,*filip.131644@student.ugd.edu.mk
[1]*Факултет за природни и технички науки, Универзитет Гоце Делчев- Штип, tena.ivanova@ugd.edu.mk*
[1]*Факултет за природни и технички науки, Универзитет Гоце Делчев- Штип, blazo.boev@ugd.edu..mk*
[1]*Факултет за природни и технички науки, Универзитет Гоце Делчев- Штип, violeta.stefanova@ugd.edu.mk*

Абстракт
Во овој труд се објавени резултатите од испитувањето на примероциод микашисти, земени од околината на с.Бонче, Прилеп. Микашистите се откриени од десната страна на патот Слива-Бонче. Со рендгенско-дифракциона анализа еутврдено дека микашистите воглавносе изградени од мусковит кварц и добро оформени кристали на кијанит и алмандин кои често се близнети или сраснати. Големината на кристалите на кијанитите е од неколку mm до 3-4 cm, а на алмандините од неколку mm до 1 cm. Останати минерали кои се утврдени во микашистите, но кои се појавуваат во многу помала мера се: кварц, илит и серицит. Микашистите од с. Бонче се гранатскокијанитски микашисти со шкрилава текстура и лепидобластична структура.

Клучни зборови: кијанит, алмандин, рендгенска дифракција, Бонче, Македонија.

ВОВЕД

Селото Бонче, се наоѓа на 29 km, југоисточно од Прилеп. На десната страна од патот кон селото има појава на голема микашистна серија, во која има појава на неколку различни минерали. Геолошката градба на теренот околу с. Бонче и местата од каде се земени примероците се дадени на (Сл.1).Пелагонискиот метаморфен комплекс е со прекамбриска и палеозоиска старост. Оваа зона е изградена од високо кристалести метаморфни карпи, гнајсеви, микашисти и мермери. Микашистите од северната страна се ограничени со средно и крупнозрнести масивни гранодиорити, а од јужната страна со тракасти мусковитско-биотитски гнајсеви (Барич.Љ 1956; Бундовски Н 1974; Стојанов Р., 1974).

Микашистите се карпи кои имаат среден до висок кристанилитет. Структурата им е лепидобластична, а текстурата шкрилеста. Тоа се карпи кои настануваат со метаморфизам на глиновито седиментни карпи. (Боев, Б., Стојанов, Р., 1994; Стојанов, Р., Боев, Б. 1996).

Во улога на главни минерали кај микашистите сепојавуваат: мусковит, парагонит и биотит, па според тоа се разликуваат мусковитски, биотитски и парагонистки микашисти. Како споредни минерали кај микашистите се појавуваат изразито метаморфни минерали како што се: гранатите, кијанит, силиманит, стауролит, магнетит, графит и др. Микашистите од околината на с.Бонче се гранатско кијанитски микашисти (Сл.2) и во нив присутни минерали се мусковит, кијанит и алмандин. (Дивљан С., Ќебиќ В., Цветиќ С:1960). За кијанитите е карактеристична светло синатa и сивкастата боја. Се појавуваат во добро искристализирани облици со табличеста издолжена форма и големина до неколку cm. Алмандинот има темна црвено кафеава боја. Се јавува во добро оформени кристали со различна големина. Мусковитот се појавува во лушпеста форма и е со сребренкасто бела боја, а на места и зеленкаста.

Карпите од групата на гнајсевите имаат висок степен на метаморфизам и среден до висок степен на кристалинитет. Гнајсевите од околината на с.Бончесе тракасто мусковитско-биотитски гнајсеви, во кои присутни минерали се: кварц, мусковит, биотит и др. По боја се светло до темно сиви. Текстурата е тракаста, а структурата е гранобластична. Гнајсевите се во основа изградени од: кварц, алкален фелдспат и плагиоклас и лискуни како главни минерали. Како споредни минерали се појавуваат: гранат, кордиерит, стауролит, силиманит и др. Од главните минерали

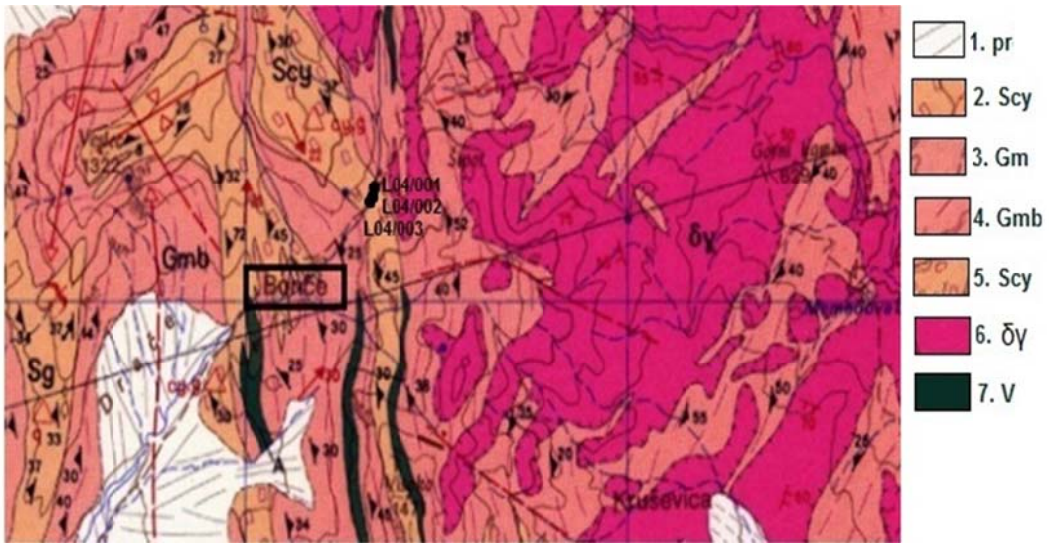
кварцот е најмногу застапен во составот на гнајсевите кои имаат кисел карактер. Се појавува во зрна со различна големина и скоро секогаш покажува структурни деформации. Фелдспатите најчесто се претставени со микроклин бидејќи тој има најстабилна структура од групата на фелдспати. На местото на микроклинот може да бидат присутни и албит или олигоклас.

Масивните гранодиорити се сиви до темно сиви. Структурата е хипидиоморфно зрнеста. Како главни минерали се јавуваат: калиски фелдспат,плагиоклас и биотит, а како споредни апатит, амфибол, титанит, циркон, гранат и магнетит. Секундарно се јавуваат серицит, хлорит, епидот, каолин и лимонит.

МЕТОДОЛОГИЈА

Рендгенско дифракционите испитувања се извршени со рендгенски дифрактометар, марка Shimadzu, XRD 6100.
Овој дифрактометар е опремен со автоматски пребарувач/споредбен софтвер како стандард за квалитативна анализа. Користена е ICDD (International Center for Diffraction Data) базанаподатоци и PDF2 софтвер –пребарувач. Снимањето е вршено при следниве услови:
-употребено е Cukα зрачење;
-напонот на цевката и струјата е 40 (kV) и 30(mA);
-θ-2θ (степени) 5.00-80.00
-брзина (степен / мин) 2,00/0,100;
-одредено време (во секунди) 0.12.

Анализите се извршени на три примероци од микашисти означени како (L04/001-L04/003)од кои претходно со помош на бинокулар се издвоени различните минерали.



Легенда. 1. pr*Пролувиум****2. Scy****Гранатско-кијанитски микашисти****3. Gm****Тракастомусковитскигнајсеви****4. Gmb****Тракастимусковитско-биотитскигнајсеви****5. Scy****Окцестоамигдалоиднидволискунскигнајсеви****6. δγ****Средно и крупнозрнести масивни гранодиорити****7. V Габро*

Слика 1. Геолошка карта на потесната околина на с. Бонче со означени места на земање на примероците (L04/001, L04/002 и L04/003)

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

Како што е спомнато погоре, со рендгенско дифракциони анализи, во микашистите се како главни минерали се утврдени: кијанит, алмандин и мусковит, а се појавуваат исто илит, кварц, серицит и др. во помала мера.

КијанитAl_2SiO_5:

Името го добил според сината боја**.** Се нарекува и дистен од грчкиот збор за две различни тврдини *dis* - две, *stenos*- спротивни, различни. Се појавува во доста правилини и издолжени кристали со големина од неколку mm до 3-4 cm. Застапени се призматските и пинакоидалните рамнини{100}, {010}, {001}, {110}. Се среќаваат и близнаци по{100},{001}. Кристализира триклинично, 1,a = 7.112Å, b = 7.844 Å, c = 5.574 Å, Z = 4; α= 90.12°, β= 101.1°, γ= 105.9°, V = 293.46.

За кијанитите од с.Бонче е карактеристична светло сината и сивкастата боја. (Сл. 3), која најверојатно е резултат на трансфер на полнеж $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$, $Fe^{2+} \rightleftharpoons Ti^{4+}$ или Cr^{3+}.Огребот е бел. Кијанитот има совршена цепливост по{100} и нешто послабо изразена по {010}. Поради полисинтетичките сраснувања по {001} има одвојување по {001}. Сјајноста му е стаклеста до седефаста. Прозирен е до провиден. Тврдината во различни правци е различна. На рамнината{100} во правец на оската"c"тврдината е 4-5, а во правец на оската"b" од 6-7. Густина е од 3.5 до3.7 g/cm^3. Под микроскоп е безбоен и со висок релјеф. n_α = 1.712 - 1.718 n_β = 1.720 - 1.725 n_γ = 1.727 - 1.734. 2V=82°. Максималниот агол на потемнување на рамнината{100} е 27-32°. Интерферентните бои се до црвена боја од прв ред. Многу често во нив се појавуваат кристали на алмандин, со големина од неколку mm до 0.5 cm. Има и честа појава на близнења.

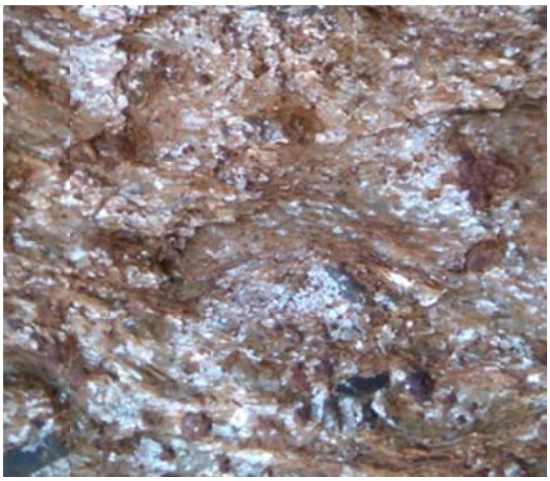
Алмандин $Fe_3Al_2(SiO_4)_3$:
Името му потекнува од латинскиот збор *granatum* – зрно. За алмандините од с.Бонче е карактеристична нивната темнацрвено-кафеава боја која потекнува од Fe^{2+}. Се појавуваат како зрнести или сраснати агрегати, а ги има и како инклузии во кијанитите. Големината на зрната се движи од неколку mm до 1 cm.(Сл.4). Кристализира тесерално, 4/m $\bar{3}$ 2/m,a=11.526 Å. Z=8. Кај некои зрна се гледат ромбоедарските{110}и икоситетраедарските{112} рамнини. Цепливост нема. Тврдина 7-7½.. Густина 3,6-4,3 g/cm^3. Огребот е црвен. Сјајноста е стакласта. Оптички е изотропен , n=1.83.

Мусковит$KAl_2(Si_3Al)O_{10}(OH,F)_2$:
Именуван според старото има на Москва. Мусковитот кој се појавува во микашистите од с.Бонче има светло сива, сребренкаста, а на места и зеленкаста боја. (Сл.5). Кристализира моноклинично 2/m,a=5.19Å, b=9.04Å, c=20.08Å, β = 95.5°, a:b:c = 0.574 : 1 : 2.221, V =937.77 Å^3. Огребот е бел. Сјајноста е стакласта. Цепливота е совршена по {001}. Тврдина 2½-3. Густина 2,76-3 g/cm^3.Оптички својства: n_α = 1.552 - 1.576 n_β = 1.582 - 1.615 n_γ = 1.587 - 1.618. Плеохроизамот е слаб, а релјефот е средно изразен.

Слика 2. Гранатскокијанитски микашист од околината на с. Бонче, Прилеп

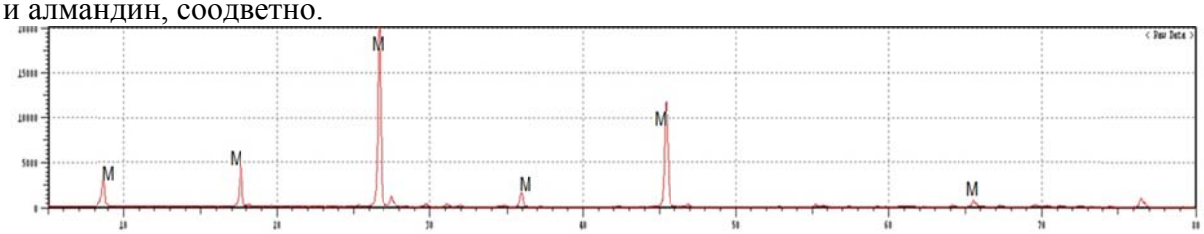
Слика 3. Кијанит во микашист од околината на с.Бонче

Слика 4. Алмандин во микашист од с. Бонче

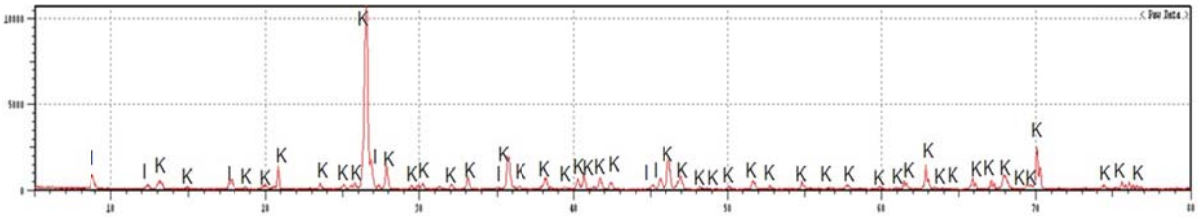


Слика 5.Мусковит во микашистот од с. Бонче

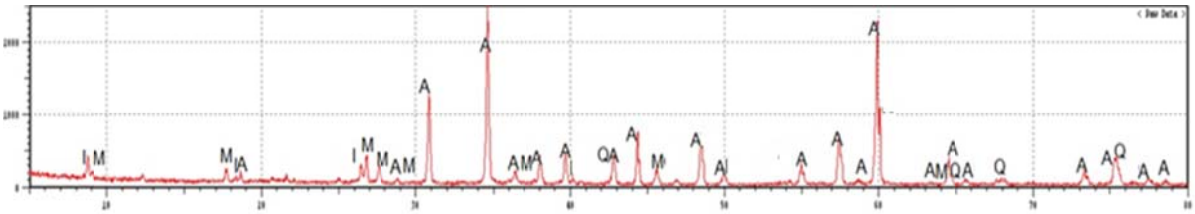
На сл. 6,7 и 8 се дадени рендгенските дифрактограмина минералите:мусковит, кијанит и алмандин, соодветно.



Слика 6.Ренгенскидифрактограм на мусковит,
М-мусковит



Слика 7. Рендгенски дифрактограм на кијанит,
К-кијанит, I-илит



Слика 8 .Рендгенски дифрактограм на алмандин
А-алмандин, М-мусковит I-илит, Q-кварц

Од (Сл.6) јасно се гледа дека испитуваниот минерал е мусковит. Отчитаните d-вредности и интензитети за карактеристичните пикови:3.351 (100), 2.562 (90), 2.010 (75), 4.46 (65), 5.02 (55), 4.48 (55) се во потполна согласност со податоците од JCPDS 00 058 2034.

Од дифрактограмот на сл. 7 може да се види дека станува збор за кијанит со мали примеси на илит. Добиените d-вредности и интензитети: 3.18 (100), 1.37 (75), 3.35 (65), 1.97 (55), 1.93 (50), 1.93 (50), 2.52 (30) се во потполна согласност со податоците од JCPDS 01 078 5459 за кијанит и 4.43(100),

2.56 (35), 3.66(40) за илит, споредени со податоците од JCPDS 00 058 2015.

Ренедгенскиот дифрактограм на алмандин е даден на (Сл. 8). Од дифрактограмот се гледа дека станува збор за алмандин, со мали примеси на кварц, мусковит и илит. Добиените d-вредности и интензитети: 2.569 (100), 1.540 (50), 2.873 (40), 1.599 (40), 4.04 (30), 1.866 (30), 1.660 (30) се во потполна согласност со податоците од JCPDS 01 082 1546 за алмандин.

Добиените d-вредности и интензитетиза кварц:3.32 (100), 2.282 (8), 1.81(14) се во потполна согласност со податоците од JCPDS 00 001 0649.

Добиените d-вредности и интензитети за мусковит: 3.32(100), 2.59 (90), 2.01(75)се споредени со JCPDS 00 058 2034;

Добиените d-вредности и интензитети за илит 4.43(100), 2.56 (35), 3.66(40) се во согласност со податоците од картичката JCPDS 00 058 2015.

ЗАКЛУЧОК

Испитувањата на микашистите од с.Бончесе извршени со цел да се утврдат минералите кои се присутни во нив и да се одредат нивните минералошки карактеристики. Утврдено е дека микашистите воглавно се изградени од мусковит, кварц и добро оформени кристали на кијанит и алмандин кои често се близнети или сраснати. Имаме честа појава на близнења кај кијанитите и чести инклузии од алмандин и мусковит, а на места и криптокристалест серицит. Големината на кристалите на кијанитите е од неколку mm до 3-4 cm, а на алмандините од неколку mm до 1 cm. Мусковитот е изразито лушпест, а на места има појавување на криптокристалест серицит. Во микашистите во многу мала мера се јавува и илит. Микашистите од с. Бонче се гранатскокијанитски микашисти со шкрилава текстура и лепидобластична структура.

ЛИТЕРАТУРА

Барич, Љ., 1956:Дистен андалузит и силиманит на подрачјето на Југославија, Трудови на Геолошки завод на СРМ, 8, Скопје.

Боев, Б., Стојанов, Р., 1994: Петрографија, РГФ, Штип

Бундовски Н., 1974: Секундарни лежишта на дистен во западните предели на Селечка планина, кај Волковскарека-прилепско, VIII, Југословенски геолошки конгрес Блед.

Дивљан С., Ќебиќ В., Цветиќ С.,1960:Резултати петрографскогиспитивања гранита и гнајсеваужеоколине села Витолишта у јужнојМакедонији, Гласник Природњачког музеја 13 Београд

Jovanovski, G., Boev, B., Makreski, P., Najdoski M., Mladenovski G., 2004:Minerals from Macedonia XI Silicate varieties and their localities – identification by FT IR Spectroscopy.

Korbel, P., Novak, M., 2001:The Complete Encyclopedia od Minerals

Rafferty P. J., 2012:Minerals, Britannica Educational Publishingin association with Rosen Educational Services, New York.

Стојанов Р., 1974:петролошки карактеристики на магматските и метаморфните стени од поширокатa околина на Прилеп, Докторска дисертација, РГФ Београд.

Стојанов, Р., Боев, Б.,1996:Петрологија на метаморфни карпи.РГФ, Штип

Шијакова-Иванова,Т.,2011:Минералогија, УГД, Штип

ИДЕНТИФИКАЦИЈА НА МИНЕРАЛИТЕ ОД НАОЃАЛИШТЕТО ЗА ОЛОВО И ЦИНК "ЗЛЕТОВО" СО ПРИМЕНА НА РЕНДГЕНСКО ДИФРАКЦИОНА МЕТОДА

[1]Елена Наунова, [1]Тена Шијакова-Иванова, [1]Блажо Боев

Факултет за природни и технички науки, Универзитет Гоце Делчев- Штип, elena.naunova@hotmail.com
Факултет за природни и технички науки, Универзитет Гоце Делчев- Штип, tena.ivanova@ugd.edu.mk
Факултет за природни и технички науки, Универзитет Гоце Делчев- Штип, blazo.boev@ugd.edu..mk

Абстракт
Во овој труд се претставени резултатите од рендгенскодифракциона анализа на повеќе различни минерали од Злетово. Анализирањето е изведено со инструментот XRD-6100 од фирмата Shimadzu. Рендгенско дифракционата анализа е многу брза анализа за идентификација на минералите и дава доста значјниинформаци за нив. Од добиените резултати и прикажаните рендгенски дифрактограми на прав заклучено е дека станува збор за минералите: галенит,барит, родохрозит, халкопирит,сфалерит, кварц и калцит.

Клучни зборови:XRD, барит, галенит, родохрозит, халкопирит, сфалерит, кварц, Злетово

ВОВЕД

Минералниот состав, структурно-текстурните карактеристики, парагенетските односи како и типовите на оруднување во Злетовското наоѓалиште во текот на изминатиот период детално се проучувани од страна на: Денковски (1974), Зариќ (1977, 1982), Ракиќ (1978), Блечиќ (1981, 1983) и др. Исто така минералниот состав и меѓусебните односи на минералните индивидуи подетално се обработувани од: Серафимовски(1990, 1993), Серафимовски, Боев (1990-91),Серафимовски, Петров, (1990-91),Ефремов (1993) и др. Врз база на податоците од претходните испитувања, во Злетовското рудно наоѓалиште е утврден комплексен минерален состав со околу 40 минерали. Водечки и најзначајни рудни минерали за продукцијата на олово и цинк во Злетово се галенит исфалерит. Со нив се јавуваат: пирит, халкопирит, тетраедрит, тенантит, марказит, сидерит и делумно барит, потоа одредено пиротин, енаргит, борнит, арсенопирит, халкозин и др. Од оксиднитеминерали кои се создадени воглавно во контактно-метаморфно-метасоматската фаза позначајни се: магнетит, јакобсит, хематит, хаусманит и др.

Од нерудните минерали најинтензивно е застапен кварцот, следен со калцит и калцедон. Сите останати рудни минерали иако имаат широк екстензитет на појавување немаат некое поголемо значење (Серафимовски, Доленц, Тасев, 2006). Од претходните испитувања на овој локалитет е познат неговиот минерален и хемиски состав, но не се презентирани рендгенско дифракциони податоци за присутните минерали, затоацелта на овој труд е да се презентират рендгенско дифракциони податоци за некои од позначајните минерали како (барит, галенит, сфалерит, родохрозит, халкопирит, кварц и калцит).

МЕТОДОЛОГИЈА

Минералните примероци најпрвин се издвоени поединечно, делумно спрашени и исчистени до чисти примероци. Вака средените примероци се прашат во ахатен аван и се поготвуваат за рендгенско дифракциона анализа. За анализа е користен дифрактометар на рендгенски зраци (XRD-6100) од фирмата Shimadzu. Испитувањето е изведено при континуирано скенирање во обсег 5.0000^0 – 80.0000^0, брзина на скенирање 2.000^0 во минута, време на скенирање 0.60 s, ротационен контролен мод со брзина на ротација 60.0 rpm. Инструментот е опремен со бакарна цевка за рендгенски зраци со бранова должина на зрачењето CuKα=1.54178 Å која работи на волтажа од U = 40.0 kV и струен ток I = 30.0 mA. Добиените резултати за 2Θ, d –вредностите и интензитетите (I), се споредени со литературните податоци и податоците од JCPD стандардите.

РЕЗУЛТАТИ И ДИСКУСИЈА

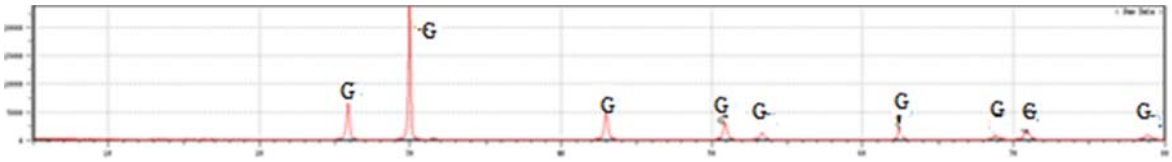
Со анализа беа опфатени следниве минерали: галенит, барит, сфалерит, родохрозит, халкопирит, кварц и калцит.

*Галенит (PbS)*е оловен сулфид и еден од најраспространетите сулфидни минерали. Кристализира тесарално, 4/m$\bar{3}$2/m, a= 5.936Å, Z = 4; V = 209 Å^3. Се јавува во добро оформени кристали кај кои се застапени рамнините {100} и {111}. По боја е оловно-сив до сребренасто-сив.(Сл.1).Сјајноста му е металична. Тврдината пак, 2½-3, а густината ρ=7,58 g/cm^3. Галенитот во Злетово се јавува заедно со пирит, пиротин, марказит, сфалерит, тетраедрит, халкопирит, тенантит, арсенопирит, хематит, сидерит,борнит, кварц и широк дијапазон на сулфосоли. Чести се: енаргит, борнит, халкопирит, буланжерит, барит, калцит, кварц (Серафимовски, Александров, 1995).

Рендгенскиот дифрактограм на галенитот е даден на (Сл. 3).Отчитаните d-вредности и интензитети за карактеристичните пикови се во потполна согласност со податоците од JCPDS 00 005 0592. Анализата покажува дека примерокот има најинтензивни пикови на 2.96 Å(100), 3.42 Å (84), и 2.09 Å (57), а помали на 1.79, 1.71, 1.48, 1.36, 1.32 и 1.21 Å.

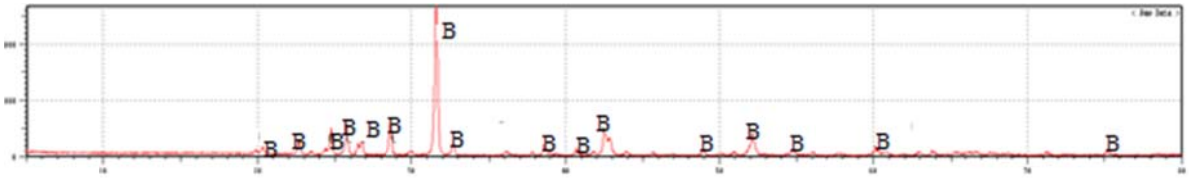
Слика 1. Галенит од Злетово

Слика 2. Барит од Злетово



Слика 3. Рендгенски дифрактограм на галенит (G-галенит)

Баритот е сулфат на Ba, *($BaSO_4$)*, а заедно со целестин, англезит и анхидрит ја сочинува баритската група. Кристализира ромбично 2/m2/m2/m, a = 8.87Å, b = 5.45Å, c = 7.15Å, Z = 4; V = 346.05Å^3. Застапени кристални форми се:{110},{010},{102},{201}. По боја е бел до слабо кафеав. (Сл.2). Сјајноста му естакласта. Тврдината е 3-3½, а густината ρ=4,5 g/cm^3. Оптички својства: X=c=1.6362; Y=b=1.6373; Z=c=1.6482; 2V=37°02´.На (Сл.4)е даден рендгенскиот дифрактограм на баритот. Податоците од добиениот дифрактограм се споредени со податоците од JCPDS 00 005 0448 по што е констатирано дека тие се во потполна согласност. Анализата покажува дека примерокот има најинтензивни пикови на 3.44 Å (100),3.10 Å (97), 2.21(80) и 2.10 Å (76), а помали на 2.48, 2.32, 2.30, 2.28, 2.20, 1.94, 1.85,1.78,1.53,1.49,1.47,1.45и 1.42Å. Во Злетово, баритот се создавал во средно до ниско-температурната сулфидно-сулфосолна и ниско-температурната оксидно-карбонатна парагенеза Серафимовски,Александров,1995)



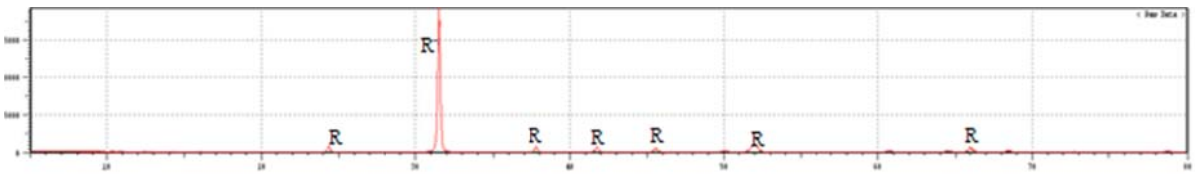
Слика 4. Рендгенски дифрактограм на барит (B-барит)

Родохрозит($MnCO_3$) Кристализира тригонално, $\bar{3}$m, a = 4.77Å, c = 15.67Å, V= 309.68 Å³, Z=6. Кристални форми во кои се појавува се: {1011},{1120}.Има розово-кафеава боја и се јавува во асоцијација со барит и галенит (Сл.5). Сјајноста му е стакласта. Крт е. Цепливоста е совршена $\{10\bar{1}1\}$. Тврдината е 3½-4, а густината ρ = 3.7 g/cm^3.Оптички својства:n_ω =1.814-1.816 n_ε = 1.596 - 1.598.Родохрозитот од Злетово е поврзан заниско-температурнатаоксидно-карбонатна парагенеза кога се создавале ниско-температурните минерали: сидерит, калцит, олигонит, барит, кварц и др.

Слика 5. Родохрозит со барит

Слика 6. Халкопирит (златно жолт) и барит

Добиените податоци за d-вредности и интензитети од рендгенскиот дифрактограм на (Сл.7) се во потполна согласност со податоците од JCPDS 01 083 1763. Трите карактеристични пика се:2.83Å(100), 3.65Å(35),1.75Å(35), а има помали на 2.16, 1.99,1.82,1.76,1.53,1.41Å.

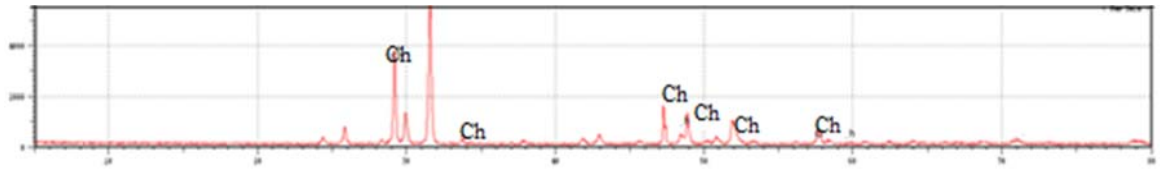


Слика 7. Рендгенски дифрактограм на родохрозит(R-родохрозит)

*Халкопирит($CuFeS_2$)*кристализира тетрагонално, $\bar{4}$2m, a = 5.289Å, c = 10.423Å, Z=4, V= 291.57 Å³.По боја езлатно-жолт.Крт е. Цепливоста е несовршена по {011}. Сјајноста му е метална. Тврдината 3½-4, а густината ρ = 4,1 g/cm^3. Оптички е непрозирен минерал. Во одбиена светлина има изразито жолта боја. Количината на одбиена светлина во воздух е 41%, а во масло 32%. Бирефлексијата е поизразена во масло додека во воздух е послабо изразена. Со вкрстени николи изотропноста е слабо изразена.

Се јавува заедно со галенит, родохрозит, кварц и калцит (Сл.6). Добиените податоци од рендгенскиот дифрактограм даден на (Сл.8), за d-вредности и интензитетите: 3.03 Å I

(100), 1.86 I (37) и 1.59 I (27) и помали на 2.64, 1.86, 1.57, 1.51, 1.32, 1.21 и 1.20 Å, се во потполна согласност со податоците од картичката JCPDS 00 035 0752.



Слика 8. . Рендгенски дифрактограм на халкопирит(Ch- халкопирит)

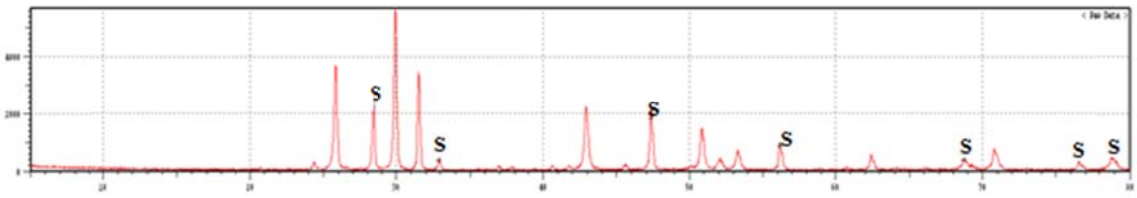
Сфалерит (ZnS) е главен минерал на цинкот. Кристализира хексагонално, $\bar{4}3m$, a = 5.406Å,Z=4, V= 157.99 Å³. Се појавува во добро оформени кристали на кои се развиени следниве форми: {111}, {001}, {211}, {112}, {110}. Се јавуваат близнаци по {111}.По боја е жолто кафеав до црн (Сл.9). Бојата на огребот е од светло жолта до жолто-кафеава. Тврдината 3½-4, а густината ρ = 3,9 g/cm^3. Во Злетово сфалеритот се јавува во повеќе генерации, наместа покажува структура на распад на цврст раствор со емулзии на халкопирит, најчесто е метаколоиден до коломорфен со зонарна градба и различни внатрешни рефлексии.

Слабо е кристален, често пати емулзионо сраснат со галенит, халкопирити тенантит, метасоматски развиен во галенитот или потиснуван од галенитот (Серафимовски, Александров, 1995).

Рендгенскиот дифрактограм на сфалеритот е даден на (Сл. 10).Главни рефлексии се: 3.13(100), 1.92(50) и 1.63(30). Овие резултати се во согласност со податоците од картичката JCPDS 00 024 1137.

Слика 9. Сфалерит и барит (бело)

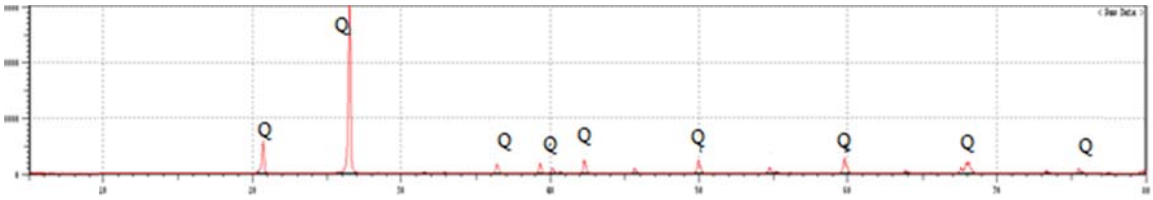
Слика 11. Кварц од Злетово



Слика 10. Рендгенски дифрактограм на сфалерит (S- сфалерит)

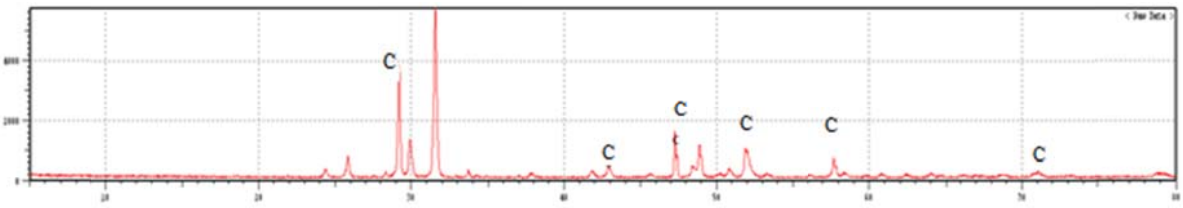
Кварц (SiO_2) според кристалната структура претставува силикат, додека според хемиската формула е оксид. Во Злетовскиот руден реон кварцот е еден од најзастапените минерали кој се среќава во сите минерални парагенези во асоцијација со бројни сулфиди, сулфосоли, оксиди и карбонати (Серафимовски, Александров, 1995).Тој е развиен во друзи со сивкаста боја се јавува заедно со калцит и повеќе сулфидни минерали (Сл.11). Кристализира тригонално, 32, a = 4.9133Å, c = 5.4053Å, Z=3, V=113.00

Å³. Најзастапени кристални форми се: $\{01\bar{1}1\}, \{11\bar{2}1\}, \{10\bar{1}0\}$. Сјајноста му е стаклеста. Тврдината е 7, а густината ρ = 2,65 g/cm³. Крт е. Во микроскопски препарати кварцот е безбоен, без цепливост и појави на метаморфоза. Покажува низокрелјеф и сиви интерферентни бои. Индексите на прекршување се мали.No-1.554,Ne-1.553. Оптички е позитивен. Интерферира во бела и сива боја од прв ред. Рендгенскиот дифрактограм на кварцот е даден на (Сл.12). Добиените податоци се во потполна согласност со податоците од картичка JCPDS 00 033 1161. Најинтензивни пикови кварцот има на: 3.34 (100), 4.25(22), 1.81(14) и други со послаб интензитет на: 2.45, 2.28, 2.23, 2.12, 1.97, 1.67, 1.65, 1.65, 1.54, 1.38, 1.37, 1.37, 1.25, 1.22, 1.19 Å.



Слика 12.. Рендгенски дифрактограм на кварц (Q- кварц)

*Калцит ($CaCO_3$)*кристализира тригонално, $\bar{3}$m, a=4.989Å, c=17.062 Å, Z = 6,V=367.78 Å³. Има жолтеникаво кафеава или сивкаста боја. Крт е. Има тврдина 3, а густината ρ = 2,71 g/cm³. Сјајноста му е стаклеста до бисерна. Оптички е негативен. No=1.658, Ne=1.486. Псеудоапсорпцијата на различни пресеци покажува различен интензитет. Најјака е во пресекот кој е паралелен со кристалографската оска "c". Под вкрстени николиинтрферира во бела боја од повисок ред. Често се забележуваат полисинтетички сраснувачки ламели по рамнината {0112} кои се паралелни со подолгата дијагонала наромбот. Поради ромбоедарската цепливост покажува симетрично потемнување.Се јавува заедно со галенит, халкопирит, родохрозит. Во Злетово, калцитот е претставник на средно до ниско-температурната сулфидно-сулфосолна и ниско-температурната оксидно-карбонатна парагенеза каде се јавува со галенит, сфалерит, халкозин, тетраедрит, лузонит, фаматинит, сидерит, родохрозит, барит, опал, калцедон и др (Серафимовски, Александров, 1995). Од рендгенскиот дифрактограмна (Сл. 13), се гледа дека калцитот има најинтензивни пикови на 3.03(100), 1.92(80),1.87(70) и повеќе пикови со послаб интензитет на2.10, 1.60, 1.52, 1.44 Å. Картичката со која е спореден добиениот дифрактограм на калцитот е JCPDS 00 002 0623.



Слика 13. Рендгенски дифрактограм на калцит(C-калцит)

ЗАКЛУЧОК

Врз основа на одредените минералошки карактеристики и добиените резултати од рендгенско дифракционата анализа во Злетово е утврдено присуство на следниве позначајни минерали:галенит, сфалерит, барит, родохрозит, халкопирит, кварц и калцит. Резултатите добиени со рендгенско дифракционата анализа се споредени со податоците од соодветните JCPDS картички. Користена е база на податоци ICDD (International Center for Diffraction Data) и PDF2софтвер–пребарувач.

ЛИТЕРАТУРА

Блечиќ, Н., 1981: Студија физичко-хемиских услова генезе лежишта Pb-Zn Злетово, на бази инклузија рудних раствора. РГФ-Београд, Београд.

Блечиќ, Н.,1983: Извори рудних компоненти хидротермалних лежишта (упоредна анализа генетских модела на примеру рудног лежишта Злетово). Докторска дисертација, Београд.

Денковски, Ѓ., 1974:Минерагенеза на жица бр. 2 во руднкот Добрево. -VIII Југословенски Геолошки Конгрес, Кн. 5, стр. 41-54, Блед.

Ефремов, И., 1993:Металогенија на Кратовско-Злетовската вулканска област. Докторска дисертација, Штип.

Зариќ, П., 1982: Минералошка испитивања у руднику Злетово: у студији: Регионална и детањнаметалогенетскаистраживањарудног поља Злетово, РГФ-Беогард, Београд.

Ракиќ, С., 1978:Некеструктурне и генетске особености полиметаличног орудњења у Злетовском рудном пољу. –IX Конгрес Геолога Југославије, стр. 611-619, Сарајево.

Серафимовски, Т., 1990:Металогенија на зоната Лече-Халхидик, Докторска дисертација, Штип.

Серафимовски, Т., 1993:Criteria for the metallogenetic distribution in the Kratovo-Zletovo ore district and ore mineralization zonality. Annual of the University of mining and geology, 39, 1, 73-78, Sofia.

Серафимовски, Т., Боев, Б.,: 1990-91:Хидротермални измени во олово-цинковото наоѓалиште Злетово врз примерот на рудна жица II и III, GeologicaMacedonica, Т. 5, Nr. 1, 121-132, Штип.

Serafimovski, T., Dolenec, T., Tasev, G., 2006:New data concerning the major ore minerals and sulphosalts from the Pb_ZnZletovo Mine, Macedonia, RMZ- Materials and Geoenvironment, Vol. 52, No. 3, pp. 535-548.

Серафимовски, Т, Петров, Г: 1990-91:Морфоструктурни карактеристики на рудниот реон Кратово-Злетово, Geol. Maced. Т. 5, Nr. 1, 133-148, Штип.

Серафимовски, Т, Александров, М., 1995: Наоѓалишта на олово и цинк во Република Македонија, Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ – Скопје, Рударско-геолошки факултет – Штип, Геолошки отсек, *Посебно издание бр. 4*, Штип.

GEOCHEMICAL FEATURES OF SILURIAN -DEVONIAN SECTION OF PELAGONIANE ZONE IN ALBANIA

Irakli Prifti, Ilir Alliu and Agim Ymeri

Polytechnic University of Tirana, Faculty of Geology and Mining. Kosovo Energy Corporation.
irakliprifti@yahoo.com ; alliuilir@yahoo.com; Agim.Ymeri@kek-energy.com

Abstract

Pelagoniane zone occurs in north-eastern part of Albania. It represents the northwest continuation of "Pelagoniane anticlinorium of Macedonia". Albanian geologists have distinguished three sub zones. This study is focused on the southern subzone called "Korabi Highland subzone". Geochemical study is oriented in three directions: Rock-Eval pyrolysis method of levels rich in organic matter; petrologic definitions of organic matter (maceral analysis and vitrinite reflektivity) and definitions of hydrocarbon components of gas shows. Organic matter is represented by organic carbon content ranging up to 5.3%. Other pyrolysis indicators are very low, indicating a high degree of metamorphism. The same conclusion reached by the results of organic petrology. Reflectivity of macerals are almost unified. Reflectivity of the vitrinite values are as high as 4. 269%. Micrinite content is high. This is residual product of unstructured liptinite, of hydrocarbons generating. These data indicate a high degree metamorphism of Silurian-Devonian section. We think that the higher degree of metamorphism should result of increasing thermal regime over geological time. Hydrocarbon gas-seeps are met to old flysch deposits. These gases are generated in the early stage of maturity. While hydrocarbon gas of Bulqiza mine is very mature. This is indicated by the carbon isotopic ratio of methane, which has increased of C^{13}. His maturity level is about the same as the Silurian-Devonian section of Pelagoniane zone. So we think that Bulqiza ultrabasic massive should be placed over the Pelagoniane zone (Korabi zone in Albania).

Key words: Pyrolysis, macerals, vitrinite, isotopic ratio, maturation, Bulqiza Mine

INTRODUCTION

Korabi zone has attracted the opinion of Albanian geologists to identify the natural resources. This is because it is the oldest geological section exposed in surface; presence of Ordovician- Silurian-Devonian shale; the diapirism evaporate formation (Perm-Triassic) and hydrocarbon gases seeps.
In this region we have conducted studies evaluating the potential for oil generation. Objects of study were: black shale and hydrocarbon gas shows. The Ordovician-Silurian-Devonian shale are overmatured therefore their organic matter has generated their potential and have only limited ability to generate thermogene methane.
Flysch deposits of Krasta zone (Cr_1-Pg_2) have the ability to generate early thermogene methane (Kosavec, Strikçan). Carbon isotope ratio of methane ($\delta^{13}C$-CH_4) takes values up to -53.17 ‰. Scientific debate has been about the origin of methane (CH_4) in the Bulqize chrome mine. Ultrabasic rocks environment can favour the formation of methane. But the fact that ($\delta^{13}C$-CH_4) the carbon isotopic ratio of methane is less than -20 ‰, ($\delta^{13}C$ –CH_4 = -24.53 ‰) suggests to us that methane in the chrome mine originated meanly from organic matter-of Silurian-Devonian-Ordovician shale of of Korabi zone (Pelagoniane zone).

GEOLOGICAL SETTING

Korabi area represents a geological nape of Palaeozoic and Alpine cycles deposits (Fig.1). Korabi Zone is the easternmost internal zone in Albania and it overthrusts the Mirdita Zone to the west, while it overrides the Tithonian to Lower Cretaceous flysch of the Krasta Zone along the Shengjergji corridor. To the south, the Korabi Zone is the equivalent of the Pelagoniane Zone in dhe Hellenides, while northwards (Figure 3), it equates with the Golia Zone of dhe Dinarides. Eastwards, it continues into Kosovo and Macedonia (Telo Velaj, 2015). The Korabi Zone may be separated into

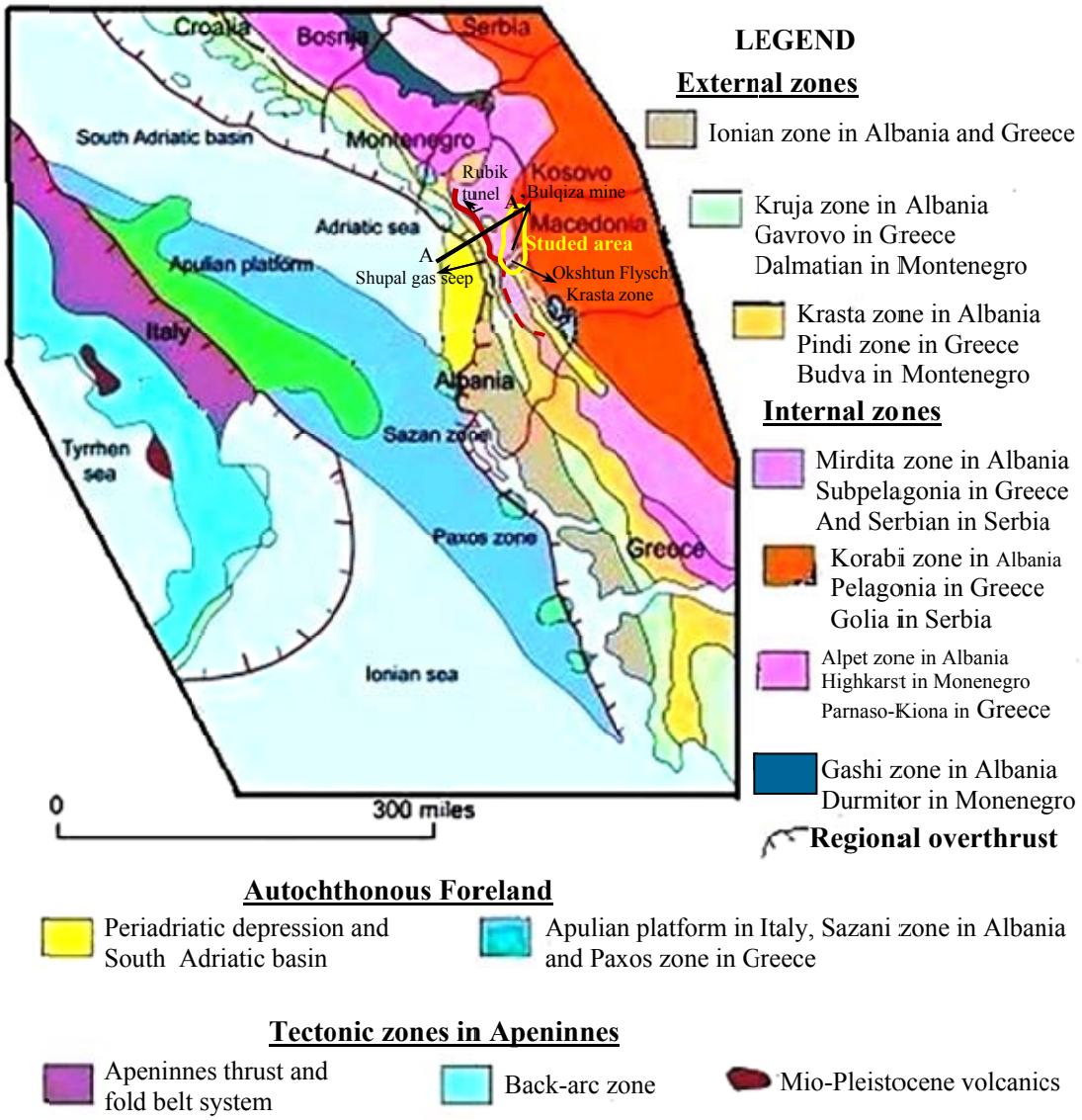


Fig. 1 *Tectonic zones in Albanides, Dinarides, Hellenides and Apeninnes (based on T. Velaj 2015)*

three sub-zones extending from east and northeast to south and south-west. They are the Kollovozi (Figure 2), the Çaja and the Korabi Highland (Meço and Aliaj, 2000).

Photo 1. *Sample on Miravec region (S-D)*

Photo 2. *Samples on Muhur region (S-D)*

Palaeozoic cycle deposits have undergone metamorphism process. They build Herceniane basement of Korab zone (Pelagonia) where the largest expansion has in the territory of Macedonia (unit "Pelagionan anticlinorium of Macedonia"). Alpine cycle begins with Triassic period represented by the "Luma" formation, age of Perm-Triassic. Ordovician section in Korabi is complete with sediments of terrigenous facies (sandstone, quartzite and schist part). Above continue with Silurian and Devonian deposits. In this region it lacks the upper section of Upper Devonian (D_3^2), Carbone and marine deposits of Perm.

Sedimentary section of Korab zone (Pelagonia zone) is divided into three formations (F.Diamanti et al., 1993):

1. Schist formation (sandstone- quartz) of (Photo 1) upper Ordovician (D_3), thickness 470-570m.
2. The formation of "black Schist" in Muhuri of Silurian (S_1 + S_2), thickness 50-200m.
3. Formation of "Schist and limestone with tentaculites"(Photo 2), Lower and Upper Devonian age (D_1 + D_2). Thickness varies 370-400m.

More representative schist outcrop on "Pelagionan anticlinorium of Macedonia", where their thickness ranges up to 150m (surveys in the field).

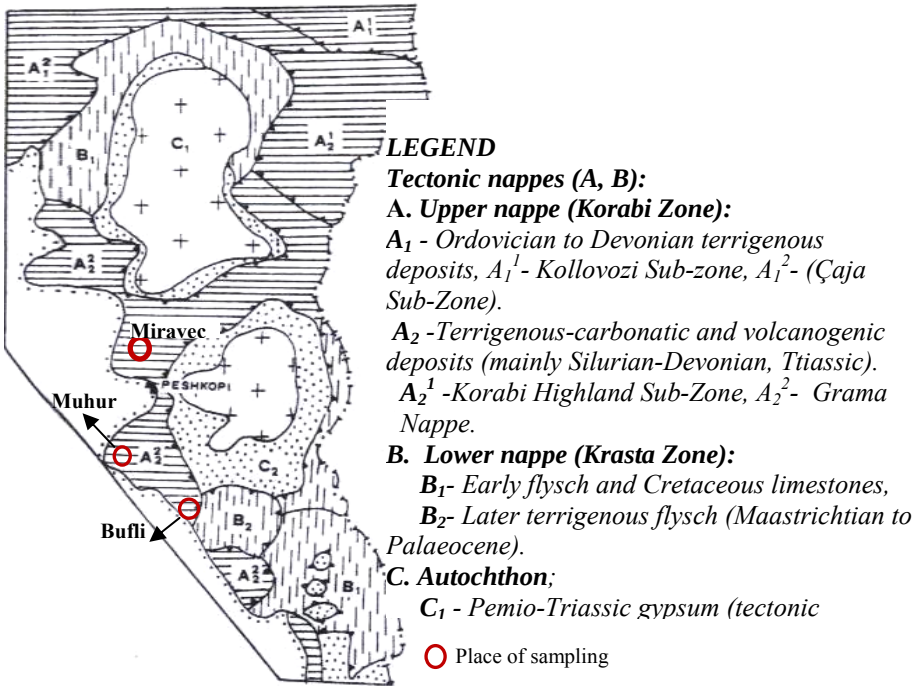


Fig. 2 *Tectonic map of dhe Peshkopi region (Meço and Alia, 2000)*

METHODOLOGY

Geological and geochemical studies have been conducted in several stages:

1. Geological studies have been conducted in the framework of regional geology and mineral research,
2. Geophysical studies of local character.
3. Geochemical studies (organic geochemistry) were conducted in the following areas:

a. Defining of the rock-eval parameters of shale;

b. Maceral Analysis and vitrinite reflectivity of concentrated organic matter;

c. Hydrocarbons and nonhydrocarbon composition of gaseous seep in the region of Peshkopi;

d. Determination of isotopic ratio ($\delta^{13}C$-CH_4) of methane carbon.

All settings are carried out in accordance with approved methods. While petrographic characteristics of organic matter (maceral analysis and reflectance of vitrinites) are performed by Irakli Prifti in accordance with the standard of the coal petrology.

We have mentioned above, geochemical properties of the organic matter in Paleozoic shale deposition are related to the quantity, quality and its maturity.

RESULTS AND DISCUSSION

Quantity of organic matter. Initially are defined "rock-eval characteristics" of organic matter through "Oil Show Analyzer" (Rock-Eval parameters). By means of this method are defined these parameters (Table 1):

S_0 (mg HC/g rock) - The free gaseous hydrocarbons present in the sample before the analysis.

S_1 (mg HC/g rock) - The free hydrocarbons present in the sample before the analysis.

S_2 (mg HC/g rock) - The volume of hydrocarbons that formed during thermal pyrolysis of the sample.

Tmax is the temperature of maximum rate of release of HC's (over the **S_2**) from the cracking of kerogen.

The hydrogen index (HI = mg HC/g TOC) corresponds to the quantity of pyrolyzable organic compounds.

In most of the analyzed samples, the content of organic matter (Total Organic Carbon - TOC) amounts to 5.3%.

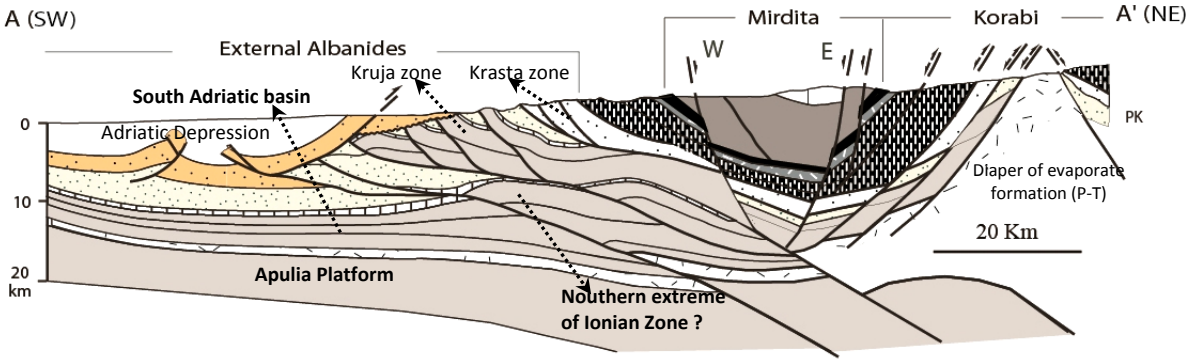


Fig. 3 *Geological profile A-A' in Albanides (based on Muceku et al, 2008. Modified by I.Prifti)*

Lower values have sedimentary section of carbonate-clay, while higher ones the sedimentary section of clay-graphitic as Bufli and Miravec region. We think that schists in Kicevo-Struga road should have a higher content of organic matter, because are more black (not the data available). But judging by the high degree of metamorphization, content of organic matter should have been higher. Thus the formation of black schists of Muhur (Silurian age), are more representative of Korab zone (Pelagoninan part in Albania). The type of organic matter can't determine by pyrolytic indicators such as hydrogen index (HI), as this indicator has the value "0". Likewise Tmax not used to evaluating the maturity of organic matter, because Paleozoic section is metaphorizing and can't be interpreted rock-eval indicators (I. Prifti et al., 2004).

Quality of organic matter. In all samples liptinite missing except for some specific samples in quantities 1.16 % - 6.15%. Cutinites are separated only by the external form, as are their reflektancat range of vitrinite and semifusiniteve (Table 2).

Constituents of organic matter are vitrinite maceral groups and inertinites including semifusinite, micrinite and sklerotinite (Photo 1,2). Of these predominate fuzinite and semifuzinite. Content of micrinite (Table 2) in all samples is in range of 5.81% - 41.35%.

Predecessor of Micrinites are groundmass bitumen (secondary organic matter absorbed by mineral phase) and bituminit, both together constitute sapropel.

High content of micrinite, is a result of overmatured organic matter. Micrinite represents the final product after the formation of hydrocarbons from the secondary organic matter (groundmass bitumen and bituminit).

Table 1. Rock-eval parameters of Paleozoic schests

Samples	So	S_1	S_2	Tmax	TOC	HI
Bufli-1	0	0	0	213	0,04	0
Bufli-2	0	0	0	272	0,09	0
Bufli-3/1	0	0	0	254	5,3	0
Bufli-4	0	0	0	345	1,67	0
Bufli-5	0	0	0	247	0,29	0
Bufli-6	0	0	0	247	0	0
Bufli-7	0	0	0	237	0,76	0
Bulaç-1	0	0	0	446	0,84	0
Bulaç-3/1	0	0	0	327	0,72	0
Bulaç-8	0	0	0,01	392	1,04	0
Bulaç-12/1	0	0	0,01	359	1,8	0
Miravec-1/1	0	0	0	382	2,25	0
Miravec-3	0	0	0	190	1,98	0
Miravec-4/1	0	0	0	229	1,5	0
Miravec-6	0	0	0	229	2,54	0
Miravec-8	0	0	0	219	0,88	0
Muhur-10	0	0	0	428	0,39	0
Muhur-2	0	0	0	212	1,79	0
Muhur-5/1	0	0	0	360	3,63	0
Muhur-7	0	0	0	199	0,96	0

Table 2. Maceral analyses and Reflectance of vitrinites (Paleozoic schests)

Samples	**Maceral composition of organic matter (concentrated)**					Reflectance of vitrinites (Ro- %)
	Liptinite (%)	Vitrinite (%)	Inertinite (%)			
			Fusinites+ semi fusinites	Sclerotinite	Micrinite	
Bulaç-1	-	23.64	52.76	trace	23.64	2.895
Bulaç-3/1	-	36.54	18.27	3.85	41.35	2.886
Bulaç-8	1.33 (kutinit)	52.7	26.67	2.67	17.83	3.34
Bulaç-12/1	-	40.79	23.68	trace	13.16	3.945
Miravec-1/2	-	25.0	72.92	-	2.08	4.269
Miravec-3	3.7 (kutinit)	43.38	46.98	trace	4.94	4.088
Miravec-4/1	1.16 (kutinit)	20.93	69.77	2.33	5.81	3.95
Miravec-6	-	70.6	13.33	trace	6.67	4.018
Miravec-8	-	46.15	34.62	trace	19.23	3.75
Miravec-14	-	41.67	43.06	trace	15.28	3.505
Muhur-2	-	58.49	24.53	7.55	9.43	2.97
Muhur-5/1	6.15 (kutinit)	47.69	29.23	1.54	17.38	2.5
Muhur-7	-	68.67	28.92	trace	2.41	2.88
Muhur-10	-	26.69	47.83	17.39	8.7	2.8

High content micrinite is influenced by the high rate of metamorphism. Organic matter have belonged to a qualitative (I-II). Even any proof (Bufli = 3/1) micrinite is the main ingredient, which shows that the organic matter was initially rich in liptinite.

Content of microelements (Prifti et al. 2004) of Vanadium, Nickel and some other elements, help for the origin of organic matter. In conducted studies, Vanadium predominates on Nickel. Black shale of the upper Silurian (Ludovian) have higher values

of Vanadium (Prifti et al.2004), as a result of Higher values of vanadium are associated with clay shale with high contents of organic matter.

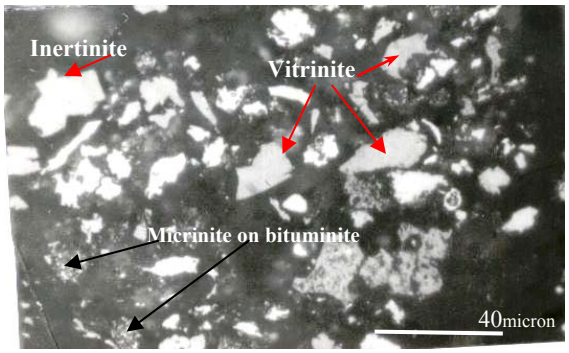


Photo 3.*Organic matter macerals of black Schist* ($S_1 + S_2$) in Muhur

The maturity of organic matter. Organic matter is overmatured based on reflectance of vitrinite (Ro). In the majority of samples Ro evidence ranging from 2.5% - 4.869%. These belong latest catagenesis (semianthracite of coal rank), has given its potential.
Reflectance of vitrinite was assessed using a standard suited to the level of maturity of concrete evidence. In each test was measured on 50 granules Ro as optimal number for this indicator assessment. On the basis of this indicator the Paleozoic shale of Korabi zone are matured in margins on gas generation (CH_4, H_2).
At this level of maturity, organic matter can generate dry gas and the latest products such as graphite and hydrogen.

Hydrocarbon gases seep.
Hydrocarbon gases seep included three tectonic zones:

In flysch deposits (Pg_3^1) of Kruja zone (Shupal-eastern extreme).

In Okshtun flysch deposits (Cr_1-Pg_2) belonging Krast zone (Kojavec, Strikçan).

In the galleries of the chromium (Table 3) mine in Bulqize (Mirdita zone, eastern part)

In samples gases of mine nonhydrocarbons composition was determined (Shkurtaj et al., 20012; I.Prifti et al., 2004). Starting from the compound and reports , we conclude:

Studied samples have Helium (Prifti et al., 1996; Prifti et al., 2004; Shkurtaj et al., 2002). This often produced by breakdowns of radioactive elements in basement rocks, has marine origin of organic matter.
In other variations of shale inside of Paleozoic section, organic matter must have been type II - III and type III (content of micrinite is 0).

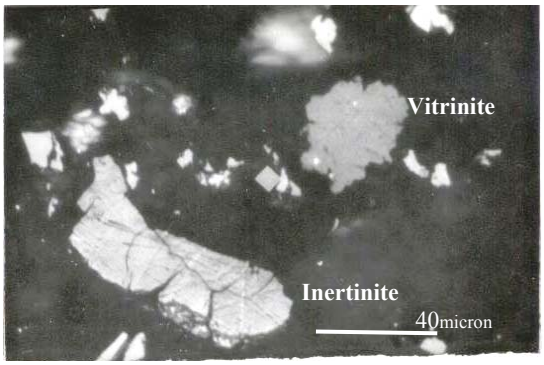


Photo 4.*Organic matter macerals of Schist and limestone (Devonian age)*

On the hydropower tunnel in Rubik (Mirdita zone, western part).
In the Chrome mines had often show methane gas. There have been explosions causing serious difficulties in carrying out the mine. By determinations made after 1990 it resulted mainly methane gas was very little ethane and hydrogen gas. These shows continue today.
Also during the works for the opening of a hydropower tunnel (June 2016) in very serpentinized harzburgite rocks had hydrocarbon gas shows (not analyzed).
Hydrocarbon gases seep, have very dry gases. This feature is clearly based on indicators CH_4/C_2H_6 (C_1/C_2) and CH_4/C_2H_{6+} (C_1/C_{2+}).
Also there have been determinations of carbon isotope ratio of methane. In Bulqize mine chrome, this indicator is $\delta^{13}C\text{-}CH_4$=-24.53‰. This is more mature gas in Albanian territory. It varies greatly with those in Strikçan ($\delta^{13}C\text{-}CH_4$ = -53.17 ‰) and Kojavec ($\delta^{13}C\text{-}CH_4$ = -55.49 ‰).
small diameter and easily migrate in thickness of geological section. Helium is collected and stored in insulated structure, so the amount of helium in a reservoir is determined by the distance from the place of origin and seal of rocks. Its content is low in chrome mine and must have influenced the lack of seal rocks.

Table 3. Composition of gas seeps

Samples	x	y	Rocks	CH_4 (Mole %)	C_2H_6 (Mole %)	N_2 (Mole %)	H_2S (Mole %)	CO_2	δ^{13} C-CH_4(‰)	C_2H_6/CH_4
Shupal gas seep	4587100	4409800	Flysch section of Kruja zone	99,6	0,37	n.detect	0.0	0,06	-68,4	0,003714859
Kosavec gas seep	4589360	4450360	Flysch section of Krasta zone	77,39	0,00	17,37	0.0	5,23	-55,49	0,00005168
Strikcan gas seep	4595280	4452180	Flysch section of Krasta zone	88,89	0,00	6,85	0.0	4,25	-53,17	0,000045
Bulqiza mine gas seep	4594200	4435620	Ultrabasic rock	78,8	0,052796	Helium 0.0018(%)	0.0	0.0	-24,53	0,00067
Rubik gas seep (tunel)	4625325	4401020	Serpentinized harzburgite	No analyzed						

Helium/Argon report is used as geochemical parameter. High values are typical for gasfields (0.1-0.4) and oilfields (0.05-0.2).
Thermal water sources this parameter varies in the range of 0:11 to 0:25, while in chrome mine of Bulqize fluctuate the range 0.0016-0.0022 (I.Prifti et al., 2004).

Origin of hydrocarbon gases.

This is a controversial problem of Albanian geologists. This problem is solved for Kruja tectonic zone, Ionian zone and Adriatic depression. Their origin is related to the type and maturity of organic matter of source rosks (Prifti et al., 1996; Shkurtaj et al., 2002).
Hydrocarbon gas seep in Shupal is generated from the organic matter of flysch deposits (Pg_3^1) of Kruja zone. Based on the carbon isotope ratio of methane (CH4-$\delta^{13}C$ = -68.4 ‰) this gas is generated by microbial processes.
Hydrocarbon gas seeps are meet on flysch deposits of Krasta zone (Strikçan and Kojavec). By carbon isotope ratio of methane these gases originate from those implicated as microbial and those of early thermogene ($\delta^{13}C$-CH_4 = ‰ -50 ÷ -60 ‰). These gases almost match the "Adriatic domain" that has presented F. Tassi (Tassi et al., 2012).
Gases met in magmatic rocks have contributed to the scientific debate about their origin. Etiope has established alternatives abiotic formation of methane. From these alternatives is the most hydrocarbon gases associated with high values of $\delta^{13}C$-CH_4> -20 ‰. Chromium mine appropriate serpentinization process (Fischer-Tropsch Type Reactions- FTT). Serpentinization may occur in mountain belts (present-day hydration by meteoric water in ophiolites or intrusive igneous massifs (Etiope et al. 2013).
The Fischer-Tropsch Type Reactions are probably the most widely invoked mechanism for generation of abiotic CH_4 in natural settings, especially with reference to serpentinized ultramafic rocks. Serpentinization, that is hydration of olivine and/or pyroxene, produces H_2 which then may react with C-gases (CO_2 or CO) forming CH_4.

CO2 + 4H2 = CH4 + 2H2O

The FTT synthesis, however, may be independent of serpentinization, whereby H_2 in many rocks can derive from other processes, such as radiolysis, cataclasis of silicates in fault zones, or magmatic degassing (Etiope et al. 2013).
Based on this alternative we think that should form methane. In general this gas is rich in ^{13}C. The correct conclusion to be issued after performed the geochemical tests especially isotopic radio of methane carbon.
The methane gas in the mine of Bulqize is analyzed and the results are included in the archived technical reports. Type hydrocarbon gas is very dry and carbon isotopic ratio of methane $\delta^{13}C$-CH_4 = -24.53 ‰. This value indicates that this gas is not of abiotic origin. Abiotic origin of the gases in Bulqize are positioned between them in the Apennine domain and the Tyrrhenian

gas discharges in sedimentary environments (Tassi et al., 2012).

Gasfields and oilfields in Albania have the highest value of C_2H_6/CH_4 (birth line of "oil window") than those in Italy (Tassi et al., 2012; G. Etiope et al., 2014). This is explained by the quality of the source rocks in Albanides.

While dead line of "oil window" expresses of the simplest graphic, since suorce rocks at this stage of maturity are nearly unified (Figure 4).

F. Tassi (F. Tassi et al,.2012) has adopted the follow conclusions on the origin of hydrocarbon gases in Italy:

1. CH_4 from the Adriatic domain and from Campo delle Monache is of microbial origin;

2. CH_4 released in the Apennine domain has a dominant thermogenic source with significant inputs of microbial gas;

3. CH_4 in geothermal and volcanic-hydrothermal gases might be predominantly abiogenic in origin,

4. CH_4 of the CO2-rich Tyrrhenian gas discharges in sedimentary environments might have been mixed from abiogenic and thermogenic sources.

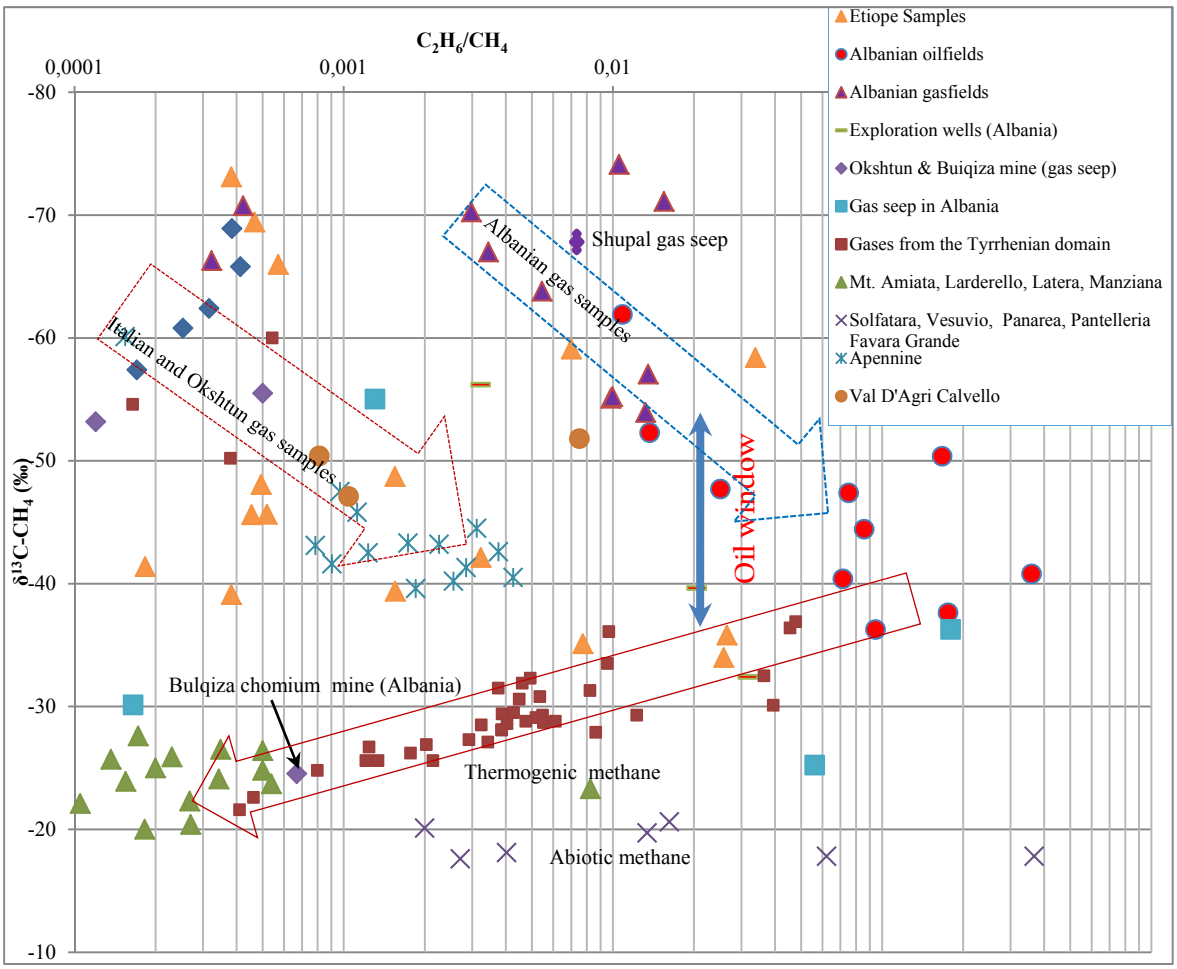


Fig. 4 *$\delta^{13}C$-CH_4 – C_2H_6/CH_4 diagram of Albanian and Italian natural hydrocarbon gases*

Given the above conclusions gase of Bulqize mine has dominant thermogenic source with significant inputs of abiogenic sources formed by the serpentinization process.

Its origin is related to more mature source rocks. This condition meet source rocks of Palaeozoic section Korabi zone (Pelagonia).

Once these rocks are the last generation phase.

CONCLUSION

Korabi zone represents a geological nape of Palaeozoic and Alpin cycle deposits. Korab Zone (Pelagonia) is the easternmost internal area in Albania and it overthrusts the Mirdita (subPelagonia) Zone to the west,

Sedimentary section of zone Korab (Pelagonia region) is divided into three formations:

1. Schist formation (sandstone- quartz) of upper Ordovician (D_3).
2. The formation of "black Shale " in Muhuri of Silurian ($S_1 + S_2$).
3. Formation of " Schist and limestone with tentaculites", Lower and Upper Devonian age ($D_1 + D_2$).

Geochemical studies (organic geochemistry) are conducted through rock-eval equipment; maceral analysis and reflectance of vitrinite in concentrated organic matter; hydrocarbons and onhydrocarbons composition of gas seeps in the region of Peshkopi.

Palaeozoic schists are overmatured and does not currently have the potential to generate hydrocarbons. Hydrocarbons formed are migrated in geological environments around the Paleozoic section.

Hydrocarbon gas shows in Shupal (flysch deposits Pg_3^1 of Kuja zone) are generated from organic matter as a result of microbial conditions.

Deposits flysch of Krasta zone (Okshtun, Cr_1-Pg_2) have generated hydrocarbon gas in early thermal conditions.

Hydrocarbon gases in the Bulqiza mine is of biotic nature and is formed by source rocks more mature that should be those of the Korabi zone.

Serpentinization process forms abiotic gas, that should have little impact on the performances of gas in mines.

Gas shows at Bulqiza mine correlate those of Apennine and Tyrrhenian domain.

Recently, more mining works have been performed and there were gas shows.

We recommend analysis of these gases.

REFERENCES

F.Diamanti, I. Prifti, A.Dulaj, 1993:Veçoritë gjeokimike të lëndës organike të rreshpeve të zeza argjilore të silurianit në zonen e Korabit.Nafta Shqiptare Nr. 3. 1993, pp. 44-61

F. Tassi, J. Fiebig , O. Vaselli, M. Nocentini. 2012: Origins of methane discharging from volcanic-hydrothermal, geothermal and cold emissions in Italy. Chemical Geology 310–311 (2012), pp 36–48

Giuseppe Etiope and Barbara Sherwood Lollar. 2013: ABIOTIC METHANE ON EARTH/American Geophysical Union. All Rights Reserved. Reviews of Geophysics, 51 / 2013, pp. 276-299

G. Etiope, G. Panieri, D. Fattorini, F. Regoli, P. Vannoli, F. Italiano,M. Locritani, C. Carmisciano.2014:Athermogenic hydrocarbon seep in shallow Adriatic Sea (Italy): Gas origin, sediment contamination and benthic foraminifera. Marine and Petroleum Geology, pp.283-293

I.Prifti,K.Mushka,B.Shkurti,1996: Përgjithësimi gjeokimik i përcaktimeve izotopike të karbonit të metanit të gazeve hidrokarbur të vendburimeve të gazit, kondesatit, naftës dhe shfaqjevesipërfaqësore. Archive of National Agency of Natural Resources.Fier: (unpublished), 70 p.

I.Prifti, F.Lulo, K. Koçi, Dh. Prifti. 2004:Studimi gjeokimik i shkembenjeve sedimentare Devon-Jurasik i poshtem ne Albanidet e brendeshme pershire zonat kufitare me Kosoven dhe Maqedonine. Archive of National Agency of Natural Resources.Fier: (unpublished), 110 p.

Muceku B., Van der Beek P., Bernet B., Reiners P., Mascle G. and Tashko A. 2008: Thermochronological evidence for Mio-Pliocene late orogenic extension in the eastern Albanides. Terra Nova, 20, pp.180 – 187

Shkurtaj, I.Prifti, F.Lula, 20012: Geochemical Characteristics of Bulqiza Chromium Mine Gas Seep. Progress in Mining and Oilfield Chemistry, vol.4 (Focus on Remining Oil and Gas Reserves – Akademiai Kiado, Budapest 2002). Selam Meço, Shyqyri Aliaj, 2000: GEOLOGY OF ALBANIA.GebrüderBorntraeger-Berlin-Stuttgart, 246 p.

Telo Velaj, 2015:The structural style and hydrocarbon exploration of the subthrust in the Berati Anticlinal Belt, Albania. REVIEW PAPER - EXPLORATION GEOLOGY./ Published online, pp.123-145.

GEOMICROBIOLOGICAL OBSERVATION IN MAJDANSKA REKA, ALLCHAR, MACEDONIA

[1]Vladimir Bermanec, [2]Jasna Hrenović, [3]Željka Fiket, [1]Ladislav Palinkaš, [4]Ivan Boev, [4]Blažo Boev

[1]University of Zagreb, Faculty of Science, Department of Geology, Division of Mineralogy and Petrography, Horvatovac 95, 10 000 Zagreb, Croatia
[2]University of Zagreb, Faculty of Science, Department of Biology, Division of Microbiology, Roseveltov trg 6, 10 000 Zagreb, Croatia
[3] Institute Rugjer Bošković, Bijenička bb, 10 000 Zagreb, Croatia
[4]University "Goce Delčev"- Štip, Faculty of Natural and Technical Sciences, Blvd.Krste Misirkov, 10-A, P.O.Box 210. 2000 Štip, Republic of Macedonia

Abstract
Allchar and surrounding area is well-known as polymetallic ore deposit with elevated concentrations of As, Tl, and Sb.
Such ore deposit has unique impact to environment in sense of elevated heavy metals concentration in waters, soils and air. Constant influence of these toxic elements enhanced with weathering process(es) of the outcrops containing rare sulfide minerals produce environment with endemic species, like Violica Allcharica (Boev & al., 2014).
Due to fact that Allchar area is distant from intensive anthropogenic influence, it represents an unique geochemical environment, but it was not studied yet for describing the geomicrobiological conditions. This study tries to identify specific interaction between mineral and living world.

Key words: Allchar, *Spirogyra* sp., *Audouinella* sp., metal content

INTRODUCTION

Specific environment in Allchar region is unique because of uncommon concentrations of heavy metals which could be leached in weathering processes from ore deposit.
Geochemistry of Allchar area is widely studied, because of possible influence to agricultural region (Lepitkova & al., 2013; Boev & al, 2014).

Fig.1 *Crossing of the road to Crven Dol and Majdanska Reka is position of sampling.*

METHODOLOGY

Algae samples were collected in Majdanska reka on two places at GPS E 00579790, N 04558224 (Fig. 1).

There are 3 groups of samples from the left banks: one up from the cataract, one at cataract and one after it. 11 samples of water were collected at 3 points and 2 samples of algae.

At cataract one boulder of about 20 to 25 cm in size had bunch of algae growing on its surface. It was obvious that algae were not of the same species, because of their position and morphology, so two separate samples were put in to two sterile plastic bags.
Water samples were collected in sterile glass bottles.

To determine the levels of trace elements in algae samples were dried at 105 °C and lyophilized (Alpha 1-2, Christ, Germany). Grounding and homogenization employed an agate mill.

Prior to analysis subsamples (0.1 g) of substrates were subjected to total digestion in the microwave oven (Multiwave 3000, Anton

Paar, Graz, Austria) in two-step procedure consisting of digestion with a mixture of 4 mL nitric acid (HNO_3), - 1 mL hydrochloric acid (HCl), - 1 mL hydrofluoric acid (HF) followed by addition of 6 mL of boric acid (H_3BO_3) (Babić et al. 2015). The multielement analyses of prepared samples were performed by high-resolution inductively coupled plasma mass Spectrometry (HR-ICP-MS) using Element 2 instrument (Thermo, Bremen, Germany). Typical instrument conditions and measurement parameters used throughout the work are reported earlier (Fiket et al. 2007).

RESULTS AND DISCUSSION

Measurements of physical parameters of water in situ were organized using multiparameter portable set (Table 1.).

Table 1. Physical parameters measured in situ.

	pH	Eh [mV]	Cond [µS/cm]	O_2 [mg/L]	sample
1	7,62	183	163,3	9,14	1, 2, 10
2	7,76	167	167,1	9,20	3, 4, 7, 8
3	7,80	170	169,8	9,46	5, 6, 9, 11

Algae samples, collected from one boulder on the beginning of cataract, were determined in laboratory as *Audouinella* sp. and *Spirogyra* sp. (Figs. 2 and 3).

Algae samples were dried in series of ethanol for SEM investigations and dried and digested for trace metal analyses and.

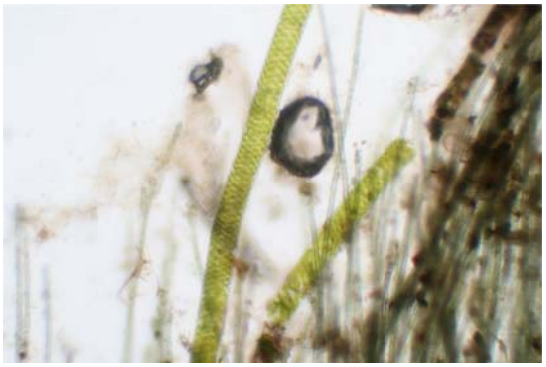


Fig. 2 *Spirogyra sp. from Majdanska reka.*

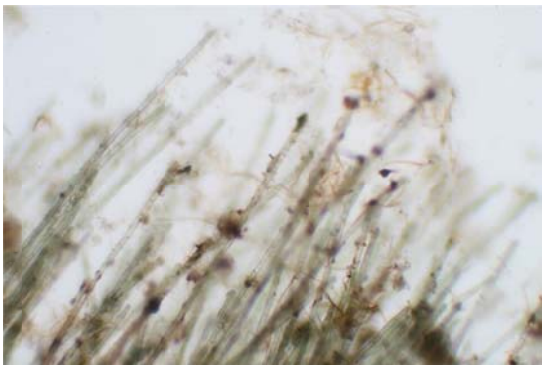


Fig. 3 *Audouinella sp. from Majdanska reka.*

Table 2. Measured concentration of metals in algae from Majdanska reka.

Element	**Concentration (mg/g)**	
	Audouinella sp.	Spirogyra sp.
Ag	0,239	0,131
Al	902	875
As	288	132
Ba	236	3043
Be	0,895	0,828
Bi	0,118	0,108
Cd	0,269	0,636
Co	9,21	20,6
Cr	178	86,7
Cs	7,12	3,32
Cu	23,7	10,1
Fe	12011	16289
Li	5,00	5,71
Mn	583	719
Mo	1,15	0,807
Ni	95,6	66,0
Pb	12,6	12,4
Rb	28,5	25,6
Sb	73,2	84,1
Sc	0,588	0,343
Se	0,86	<LOD
Sn	0,620	0,532
Sr	135	228
Ti	777	845
Tl	11,3	14,1
U	1,98	2,05
V	34,6	25,8
Zn	58,6	129

Measured metal concentrations in two observed algae species from Majdanska reka show that these species accumulate metals from environment (Table 2). Series of measured elements (Be, Bi, Fe, Li, Mn, Mo, Ni, Pb, Rb, Sb, Sn, Ti, Tl, U, and V) are present in both observed algae, but in almost equal concentrations.

Bioaccumulation of As, Cr, Cs, Cu, and Se is preferred in *Audouinella* sp., while Ba, Cd, Co, Sr, and Zn are more accumulated in *Spirogyra* sp.

It is interesting that elements accumulated in both species come from different sources. As, Cu, and Se in *Audouinella* sp. come from ore deposit, while Cr and Cs come from serpentinite and volcanic rocks, respectively.

Spirogyra sp. accumulates Cd and Zn from ore deposit, Sr and Ba from sedimentary carbonate rocks and Co from serpentinite. Extremely higher concentration of Ba was detected in *Spirogyra* sp. (almost 13 times more than in *Audouinella* sp.).

Complex geological situation, where the main units are carbonate sediments, ultramafic rocks and polymetallic ore deposit clearly reflects in bioaccumulation. But, some of available elements coming from the same geological unit are not necessarily accumulated in same living organism. For example Cr and Co originate from ultramafic rocks, but Cr is more accumulated in *Audouinella* sp. and Co in *Spirogyra* sp. Such combination of organisms could separate elements which are closely related in common geological or geochemical environment.

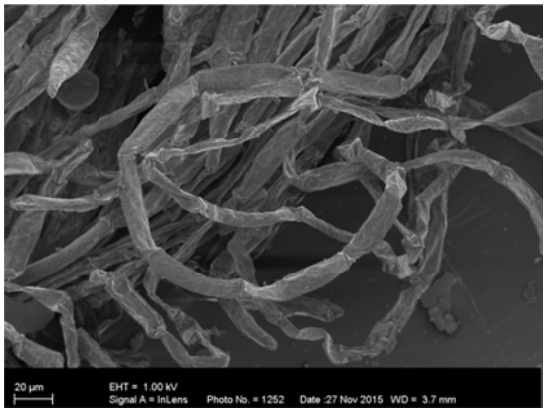


Fig. 4 *Spirogyra sp. from Majdanska reka, Allchar.*

High rate of bioaccumulation of Ba deserves more detailed study. Specially, because that the most probable source of Ba is carbonate host rocks, but not ore deposit.

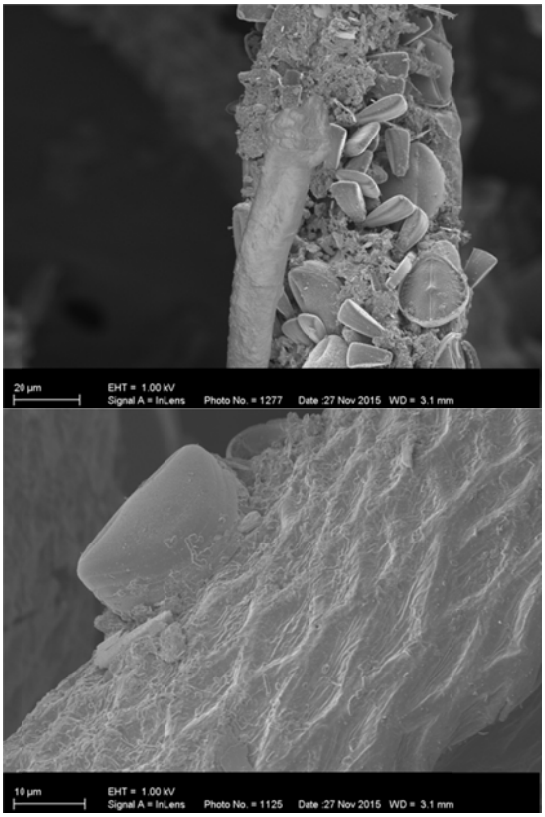


Fig. 5 *Diatoms in association with Audouinella sp. from Majdanska reka.*

During the SEM analysis diatoms were observed at the surface of examined algae. Based on its morphology (Fig. 4.) we can conclude that diatoms belong to many different species, but its determination was not done in this study.

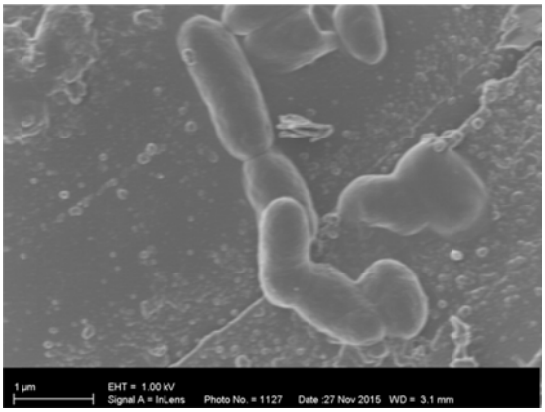


Fig. 6 *Bacilus-shaped bacteria from Majdanska reka in association with algae.*

Scarcer, some bacteria could also be found in association with identified algae. The most abundant bacillus-shaped form is given in Fig. 6.

CONCLUSION

Recent investigations is a new approach to investigation of live microorganisms in peculiar environment rich in heavy metals leached in weathering process, without important anthropogenic influence.

Natural association of living organisms, without significant artificial influence, but in unique environment like in Allchar is very important. Such association is adapted to particular environment and could tolerate elevated concentrations of heavy metals.

Extended exposure of living organisms to unusually high concentrations of metals in environment could also produce transformation of organisms or developing endemic species.

Bioaccumulation of As, Tl, and Sb is almost equal in both species.

High accumulation of Ba from environment shows that *Spirogyra* sp. could be useful organism in remediation of Ba from wasted environment.

Different metals available from environment are attracted to different organisms, even if they come from same geochemical environment.

Further, more detailed study to determine other living species in the association and to study interaction of geochemical exclusiveness to living species would be of scientific, but also of practical interest.

REFERENCES

Babić S, Dragun Z, Sauerborn Klobučar R, Ivanković D, Bačić N, Fiket Ž, Barišić J, Krasnići N, Strunjak-Perović I, Topić Popović N, Čož-Rakovac R (2015) Indication of metal homeostasis disturbance in earthworm Eisenia fetida after exposure to semisolid depot sludge. Sci Total Environ 526:127–135.

Boev, I, Šorša, A, Boev, B (2014) Trace elements in the onion originated from the Tikves area (Republic of Macedonia). ENIGMA. pp. 31-49.

Boev, B, Karakaseva, E, Boev, I (2014) Geochemistry of the endemic flora viola alsharica and thymus alsharensis of the Alshar site-Macedonia. ENIGMA. pp. 51-66.

Fiket Z, Roje V, Mikac N, Kniewald G (2007) Determination of arsenic and other trace elements in bottled waters by high resolution inductively coupled plasma mass spectrometry. Croat Chem Acta 80:91–100.

Lepitkova, Sonja and Boev, Blazo and Dimevski, Vance and Boev, Ivan and Eminov, Husein and Georgiev, Lazar (2013) Geochemical Analysis of a Bean seed in Certain Regions in the Republic of Macedonia. Geologica Macedonica, 25 (1). pp. 53-59.

RADIONUCLIDES IN SOIL, MOSSES, AND MUSHROOM OF THE PRAŠNIK RAINFOREST (CROATIA)

[1]Gordana Mednuić, [2]Gordana Marović, [2]Jasminka Senčar

[1]Faculty of Science, Zagreb, Croatia, gordana.medunic@gfz.hr
[2]Institute for Medical Research and Occupational Health, Zagreb, Croatia

EXTENDED ABSTRACT

Forests, 'lungs' of the planet Earth, represent an extremely important ecosystem. They are vital for the maintenance of surface environments while serving as watersheds, preventing soil erosion, and balancing atmospheric CO_2 and O_2. Forests have been primarily endangered by deforestation, and also air pollution which severely affects the health of trees. In addition to its well known Adriatic Coast, Croatia is also famous for being among the richest European countries with forests. One of them is the Prašnik rainforest, situated in its central part, near the highway linking Western and Eastern Europe. It has been protected as a special forest reserve since 1928. Its most famous member is a red oak tree (so called Gaibija's oak) which is 350 years old, and is the second tallest oak in Europe (39.6 m), whilst its girth extends to impressive 7.82 m. Tragically, war in Croatia was fought 23 years ago, when numerous mines were planted in the Prašnik region, having threatened visitors and scientists until recently [1]. During August 2015, we collected 10 topsoil samples, as well as mosses (Fig. 1) and mushrooms (Fig. 2) growing on oak trees near soil locations. The aim of the study is to determine whether moss and mushroom communities, and ultimately the forest itself, are possibly affected by roadside and long-range atmospheric emissions related to anthropogenic activities. Since mosses and mushrooms don't have roots and waxy cuticles, they are used as sensitive bioindicators of air quality and environmental health [2, 3, 4].All samples were either air- or oven-dried andhomogenised prior to the gamma-spectrometry measurements (Table 1). All samples were gamma-spectrometricallyanalysed using GMX series gamma-X HPGe and/or Ge(Li) detector (resolution 2.24 keV on 1.33 MeV ^{60}Co, relative efficiency 74.2%; resolution 1.78 keV on 1.33 MeV ^{60}Co, relative efficiency 16.8%) with electronic units and software for analysis of gamma spectra on a personal computer. Counting time was 80,000 s or higher, depending on sample activities. Efficiency calibration procedures were performed with the Czech Metrology Institute (CMI) standards. Quality assurance and intercalibration measurements were performed through participation in the International Atomic Energy Agency (IAEA), World Health Organization (WHO), and Joint Research Centre (JRC) international intercalibration programs.

Fig. 1 Moss sample – location Prašnik, P-2.

Fig. 2*Mushrum sample – location Prašnik, P-1.*

The results show increasing ^{137}Cs and ^{134}Cs activity concentrations, particularly for moss samples whose ^{134}Cs activity concentrations were 1.0 ± 0.6 Bqkg^{-1} (P-1), and 6 ± 1 (P-2). Generally, caesium (^{137}Cs, and ^{134}Cs), occurs in the biosphere as a result of nuclear explosions as well as nuclear accidents (like the one in Chernobyl in April 1986) [2, 5]. Hereby, ^{134}Cs was detected in all samples, even in mushrooms, below the detection limit though, what is indicative of a certain contamination of the Prašnik study area as a consequence of the global atmospheric contamination following the nuclear accident in Fukushima in March 2011.

Table 1. The activity concentrations of soil, moss, and mixed mushrum samples collected from the Prašnik rainforest at selected locations P-1 and P-2 in August 2015

Radionuclide	Prašnik, P-1			Prašnik, P-2	
	Soil	Moss	Mushrum	Soil	Moss
	Activity concentration / $Bqkg^{-1}$				
^{238}U	(5.07 ± 0.23)E+1	(1.27 ± 0.35)E+2	<(1.38 ± 0.83)E+1	(8.24 ± 0.46)E+1	(1.27 ± 0.49)E+2
^{226}Ra	(5.01 ± 0.19)E+1	(1.92 ± 0.22)E+1	(5.77 ± 0.30)E+0	(4.22 ± 0.10)E+1	(1.08 ± 0.13)E+1
^{210}Pb	(3.87 ± 0.94)E+1	<(6.99 ± 2.12)E+2	(3.43 ± 2.04)E+0	(4.32 ± 1.09)E+1	<(3.341 ± 2.41)E+2
^{235}U	(3.22 ± 0.43)E+0	(3.96 ± 1.86)E+0	(1.44 ± 0.52)E+0	(3.14 ± 0.50)E+0	(2.88 ± 0.93)E+0
^{232}Th	(4.35 ± 0.14)E+1	(1.78 ± 0.23)E+1	(3.81 ± 0.46)E+0	(4.58 ± 0.17)E+1	(2.03 ± 0.33)E+1
^{228}Ra	(4.35 ± 0.14)E+1	(1.78 ± 0.23)E+1	(3.81 ± 0.46)E+0	(4.58 ± 0.17)E+1	(2.03 ± 0.33)E+1
^{40}K	(5.34 ± 0.08)E+2	(3.10 ± 0.17)E+2	(1.90 ± 0.06)E+2	(6.21 ± 0.11)E+2	(2.04 ± 0.12)E+2
^{7}Be*	(4.82 ± 2.57)E+0	(3.18 ± 0.40)E+2	(8.38 ± 4.47)E+0	(2.23 ± 1.04)E+1	(1.04 ± 0.15)E+2
^{137}Cs	(1.46 ± 0.05)E+1	(5.13 ± 1.34)E+0	(9.41 ± 2.10)E-1	(2.88 ± 0.07)E+1	(1.48 ± 0.15)E+1
^{134}Cs	(6.86 ± 4.45)E-1	(1.04 ± 0.57)E+0	<(1.29 ± 0.43)E+0	(1.32 ± 0.34)E+0	(6.02 ± 1.30)E+0

* Activity concentrations corrected for the decay during the time elapsed between the sampling and the measurement

The on-going and systematic measurements within the environmental monitoring programme of the Republic of Croatia, performed by the Institute for Medical Research and Occupational Health in Zagreb, provide continuous data indicating any event that might adversely affect the quality of air, environment and people. In all samples, other detected radionuclides are of natural origin: potassium (^{40}K), beryllium (^{7}Be), and the members of the natural radioactive series (U-series, Th-series). Hereby, the external hazard risk index (H_{ex}) was calculated for the radionuclide members of the natural radioactive series. Its calculated values for the locations P-1 and P-2 are small, i.e. 0.414, and 0.577, respectively. Being less than 1, it indicates small values of an ambient dose equivalent. Presumably, the ongoing analyses will give more insight into the environmental situation in the Prašnik rainforest, directly related to the atmospheric processes.

The impact of the nuclear events in Japan has been seen in the atmosphere throughout the world. Therefore, it has been also detected in Croatia in a form of the additional radioactivity. It is noteworthy that the bioindicators like mosses accumulate that radioactivity. However, our measurements have confirmed that the consequences of this additional radioactivity have fortunately been small in Croatia. Although the detected activity concentrations of ^{134}Cs were elevated again for the first time following the Chernobyl accident, due to the Fukushima accident, the detected values have not significantly increased the total effective dose of ionising radiation received by either inhabitants of Croatia, or the environment.

REFERENCES

[1] Mesić Kiš, I., Karaica, B., Medunić, G., Romić, M., Šabarić, J., Balen, D., Šoštarko, K. (2016). Soil, bark and leaf trace metal loads related to the war legacy (The Prašnik rainforest, Croatia). The Mining-Geology-Petroleum Engineering Bulletin, 31, 2, 13-28.

[2] Marović G., Franić Z., Senčar J., Bituh T., Vugrinec O. (2008). Mosses and some mushroom species as bioindicators of radiocaesium contamination and risk assessment. Collegium Antropologicum, 32, 109-114.

[3] De Nicola F., Spagnuolo V., Baldantoni D., Sessa L., Alfani A., Bargagli R., Monaci F., Terracciano S., Giordano S. (2013). Improved biomonitoring of airborne contaminants by combined use of holm oak leaves and epiphytic moss. Chemosphere, 92, 1224-1230.

[4] Ćujić M., Dragović S., Sabovljević M., Slavković-Beškoski L., Kilibarda M., Savović J., Onjia A. (2014). Use of mosses as biomonitors of major, minor and trace element deposition around the largest thermal power plant in Serbia. Clean – Soil, Air, Water, 42 (1), 5-11.

[5] Dragović S., Nedić O., Stanković S., Bačić G. (2004). Radiocaesium accumulation in mosses from highlands of Serbia and Montenegro: chemical and physiological aspects. Journal of Environmental Radioactivity, 77, 381-388.

SCANNING ELECTRON MICROSCOPY STUDIES OF PARTICLES (PM-10) FROM THE TOWN OF KAVADARCI AND VILAGE VOZARCI, REPUBLIC OF MACEDONIA

Ivan Boev, Sonja Lepitkova, Blazo Boev

University "Goce Delčev"- Štip, Faculty of Natural and Technical Sciences, Blvd.Krste Misirkov, 10-A, P.O.Box 210. 2000 Stip Republic of Macedonia, e-mail: ivan.boev@ugd.edu.mk

Abstract
In this paper the results are presented which are obtained with an analyses on the PM-10 particles by applying the Scanning electronic microscopy from the region of the town of Kavadarci during the month of November 2014. The obtained results point to the fact that the PM-10 particles are mostly of litogenic origin, that is, the determined mineral contents point to the fact that the particles mostly originate from the local geological environment. Only in one sample it was determined the presence of anthropogenic particles which could be linked with the activity of the metallurgic factory for production of fero-nickel which is located near the researched region.

Key words: PM-10, litogenic, electron microscopy

INTRODUCTION

The town of Kavadarci is in Republic of Macedonia (south-East Europe) near the border with Republic of Greece (Fig. 1) About 40 000 inhabitants live in the town which is located in the south part of the Tikves area. The inhabitants are working in the field of agriculture (production of grapes and wine), and some of them work in the industry for production of fero-nickel as well as in the industry for production electro-parts for motor vehicle (Stafilov et al, 2008, Stafilov et al, 2010, Baceva et al, 2011, Boev et al 2013, Stafilov et al, 2013).

The geographical position and relief of Tikves valley is a significant factor which affects the overall climatic characteristics. It is an area where two zonal climates have their effects: Continental and Mediterranean.

The Continental climate exists on the north and continues along the River Vardar and Bregalnica. As a result there are short but quite cold periods.

The Mediterranean climate affects the south coming from the Aegean Sea, bringing mild winters with relatively high temperatures

The Tikves valley is a rather warm area, which positively affects the development of winegrowing. The average temperature in Kavadarci is 18.9°C (from the highest temperature of 41°C), in Demir Kapija 19.5°C (from the highest temperature of 44.5°C). The warmest months in Kavadarci are July and August with average monthly temperature of 24.7°C, and the coldest month being January with average monthly temperature of 1.5°C.

The largest part of Tikves valley is characterized by small amounts of precipitation. The area around Gradsko is considered to have the lowest precipitation in Republic of Macedonia. The average annual precipitation in Kavadarci is 484mm.

GEOLOGICAL SETINGS

The geological ingredients in the area of Tikves involves various geological formations (Rakicevic and Hristov, 1965) with different geological age (Fig.1). The oldest formations have a NW-SE direction and belong to the inner part of the Vardar zone. The lowest Paleozoic (Pz) metamorphic layer consists of two series amphibolites and amphibole-chloritic shale with marble pro-layers and quartz- sericite shale with marble pro-layer and phyllites. In the structure of the Vardar zone there is presence of serpentinites.

Over the Paleozoic formations the Mesozoic formations developed (Mz), mainly in the lower chalk zone. The Turonian sandstones

(K2), conglomerates and massive chalkstone stretch south-west and western part of the Tikves area. The diabase and submarion outpouring of spilite are also common in the lower part of this sequence, where there are smaller masses of gabrous. The Paleozoic and Mesozoic rocks cover almost 40km2 from the west and south-west part of Tikves area.

Upper eocenic (E3) flich sediments and yellow sandstones are present along the valleys of the Vardar, Crna Reka and Luda Mara, as well as in a small amount in the Tikves basin. These sediments with 3900m depth cover 35m2 of the northern part of the area.

The Tikves basin is filled with Pliocene (Pl) sediments represented with various series of sandstone. The Pliocene sediments cover the largest part of the area (about 190km2).

South-east of Kavadarci there are quartery (Q) pyroclastic vulcanic rocks represented by tufs, brecias and conglomerates, which cover about 25% of the area. The quarterly period is represented with diluvium (d), river terraces (t) and alluvium (al).

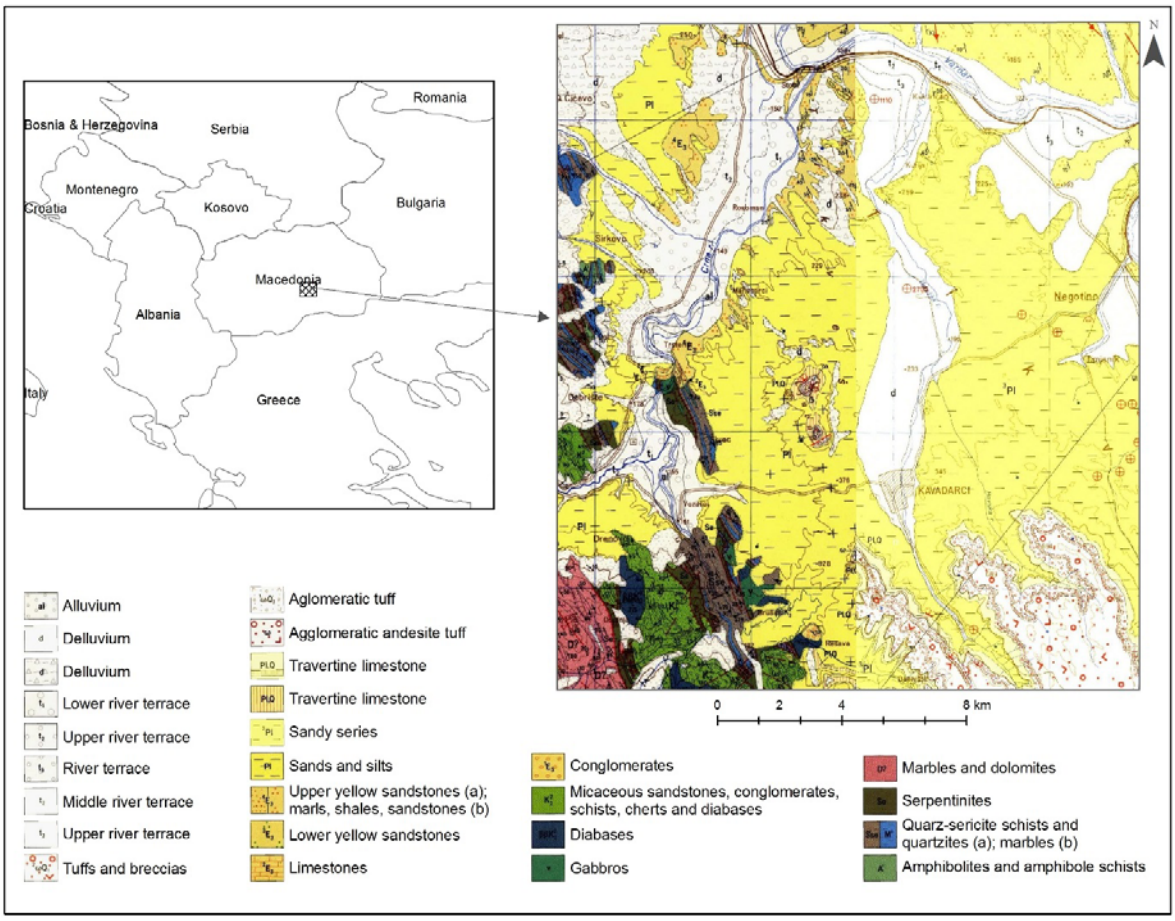


Fig. 1 *Geographical and geological map of area of Kavdarci (Ivan Boev, 2014)*

METHODOLOGY

Gathering samples is done according to standard procedures by setting up two mobile stations, one in the area of village Vozarci (near the iron smeltery for ferronickel) and the other in the urban part of the town of Kavadarci. 10 samples have been collected in the area of the village Vazarci, and 13 from the urban part of Kavadarci.

The determination of concentration of elements in traces is performed applying the ICP-MS method with accordance to ISO standards.

SEM analyzes were recorder on Scanning electron microscopy VEGA3 LMU and INCAEnergy 250 Microanalysis System for quantitative analyzes of the samples. SEM analyzes are made with SE detector on 20kV voltage. First we clean the samples and then put small piece on sample holder with carbon double – adhesive tape on it. The samples

were analyzed on high vacuum mode more than 0.018 Pa. Sample surface is motorized on 5 axes (x-y-z, rotation and tilt). For scanning electron microscopy is used VegaTC software.
The energy–dispersive X-ray system for SEM is fully quantitative SDD with excellent performance at low and high count rates. Capable of achieving a resolution better than 125eV on the MnKa , FKa and CKa peaks. The working distance for X-ray is 15 mm.

RESULTS AND DISCUSION

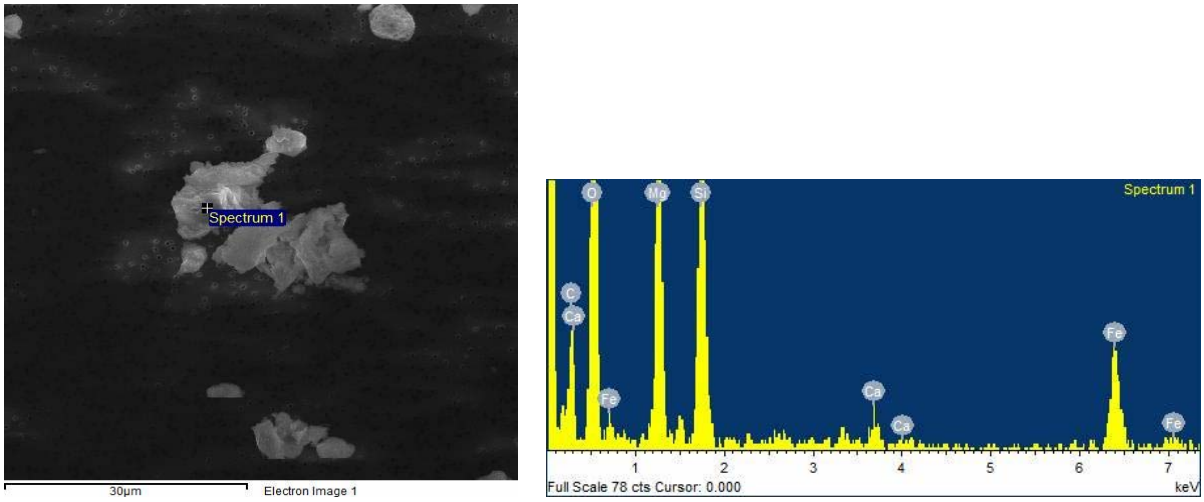
The concentration of the solid particles in the air, determined with the indicative measures conducted in the industrial zone of Kavadrci during the month of November 2014, on the measuring lots in Kavadrci and Vozarci are within the frames of the 24-hours limit for protection of human health prescribed but the procedure for limit values for levels and types of pollution substances in the air and levels of alarm, terms for reaching the limit values, margins of tolerance for limit values, objective values and long-term objectives 9"Official Newspaper of RM3, No. 50/05), except on 17 and 21 of March), when an insignificant (<10%) ноverflow of the limit value is observed.
It should also be noted that the geo-chemical contents of the particles ПМ-10 (Table 1.) points to the fact that there are no anthropogenic values and that the particles contents mostly correlates to the litogenic contents as a result of the geological structure.

Table 1. Chemical composition of paticles PM-10 (ICP-MS)

	07/PO37 Kavadarci	**08/PO37 Kavadarci**	**09/PO37 Kavadarci**	**10/37 Kavadarci**	**11/PO37 Kavadarci**	**12/PO37 Kavadarci**	**13/37 Vozarci**	**15/37 Vozarci**
	mg/kg							
Li	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
Be	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
B	230,85	147,08	205,51	126,42	426,07	123,96	1,59	151,11
Na	1949	2529	2343	1512	1848	1378	998	2038
Mg	158	177	272	272	114	96	194	285
Al	221	264	191	116	154	140	182	380
P	22,8	21,2	38,6	25,4	15,1	13,9	32,7	54,3
K	1405	2310	2413	1030	1173	1587	1183	1737
Ca	20	18	5849	4346	11	5188	2832	4457
Ti	<1,25	<1,25	<1,25	<1,25	<1,25	<1,25	<1,25	<1,25
V	<0,25	<0,25	<0,25	0,53	<0,25	<0,25	0,27	0,35
Cr	2,75	5,85	2,68	5,97	2,81	14,28	6,59	<1,25
Mn	4,99	2,44	4,43	5,98	2,57	1,63	5,72	6,66
Fe1	<12,5	<12,5	<12,5	115,32	<12,5	<12,5	134,25	185,53
Co	<0,25	<0,25	<0,25	0,38	<0,25	<0,25	0,27	0,30
Ni	**25,60**	**48,93**	**3,08**	**12,39**	**3,96**	**<1,25**	**7,76**	**11,71**
Cu	12,30	1,96	3,15	<1,25	<1,25	<1,25	2,32	4,29
Zn	43,70	**44.20**	45,40	40,38	37,82	14,98	46,86	30,08
Ga	0,20	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	1,04
Ge	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
As	<0,25	<0,25	1,60	<0,25	0,31	0,22	0,84	0,73
Se	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
Rb	0,60	1,33	1,88	0,08	1,06	1,29	0,59	2,13

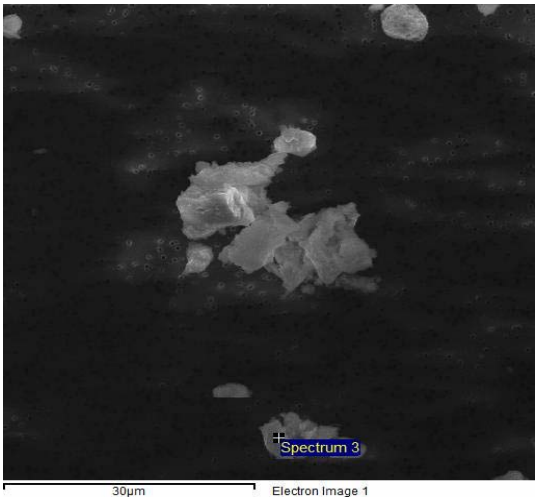
	07/PO37 Kavadarci	08/PO37 Kavadarci	09/PO37 Kavadarci	10/37 Kavadarci	11/PO37 Kavadarci	12/PO37 Kavadarci	13/37 Vozarci	15/37 Vozarci
	mg/kg							
Sr	<0,25	<0,25	1,47	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	0,25
Mo	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
Pd	0,43	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	0,97
Ag	<0,25	<0,25	<0,25	0,31	<0,25	<0,25	<0,25	0,18
Cd	<0,25	<0,25	<0,25	2,12	0,23	<0,25	0,28	0,57
Sn	2,47	3,09	5,42	6,97	6,76	50,43	13,96	18,62
Sb	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
Cs	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	0,23	<0,25	<0,25
Ba	13,39	10,14	8,72	0,98	6,62	1,58	10,43	46,67
Tl	<0,25	<0,25	**0.26**	<0,25	0,26	0,40	3,90	0,45
Pb	4,87	2,90	1,45	0,31	1,79	2,53	2,22	2,42
Bi	<1,25	<1,25	<1,25	<1,25	<1,25	<1,25	<1,25	<1,25
Th	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25
U	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25

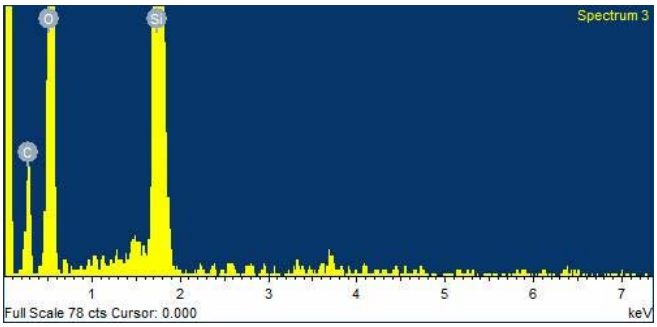
The studies conducted through SEM point to the presence of mineral phases from the type of feldspar, plagioclase, pyroxene and quartz (Fig.2-5).



Element	Weight%	Atomic%
O K	57.66	73.17
Mg K	14.36	11.99
Si K	12.37	8.94
Ca K	1.57	0.80
Fe K	14.04	5.11
Totals	100.00	

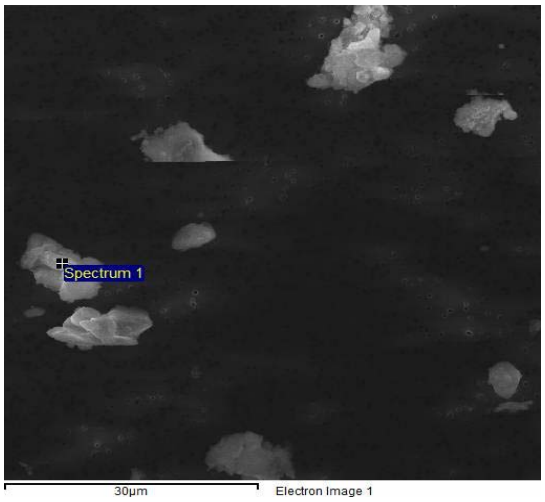
Fig. 2 *SEM-EDS analysis of particles PM-10 (pyrohene) Kavadarci*

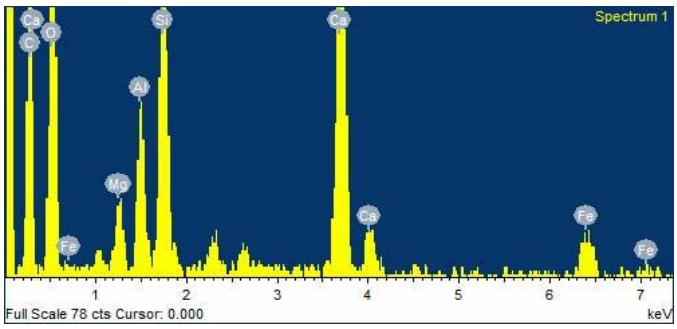




Element	Weight%	Atomic%
O K	58.85	71.51
Si K	41.15	28.49
Totals	100.00	

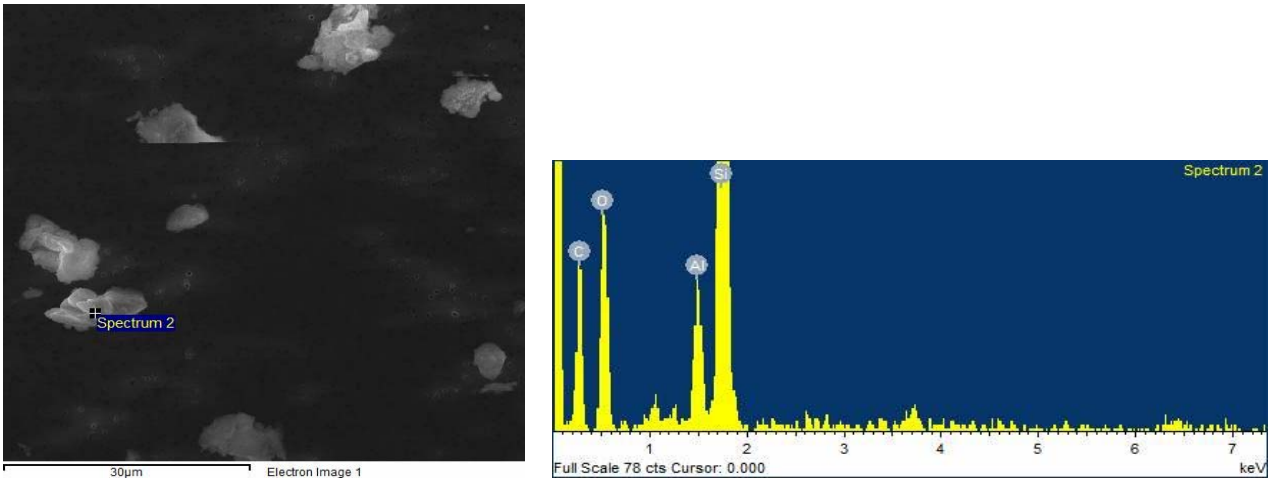
Fig. 3 *SEM-EDS analysis of particles PM-10 (quartz) (Kavadarci)*





Element	Weight%	Atomic%
O K	61.91	77.73
Mg K	2.32	1.92
Al K	4.61	3.43
Si K	9.48	6.78
Ca K	16.59	8.31
Fe K	5.09	1.83
Totals	100.00	

Fig. 4 *SEM-EDS analysis of particles PM-10 (Complex silicates) (Kavadarci)*



Element	Weight%	Atomic%
O K	47.93	61.66
Al K	5.86	4.47
Si K	46.21	33.87
Totals	100.00	

Fig. 5 *SEM-EDS analysis of particles PM-10 (Quartz) (Kavadarci)*

CONCLUSIONS

The paper presents results obtained with the analysis of PM-10 particles by use of Scanning electron microscopy on samples from the region of town Kavadarci during the month November 2014.

In general, the data stress the fact that the PM-10 particles in most part have lithogenetic origin i.e. the registered mineral composition show that most of the particles came from the local geological structure of the terrain. Only in one of the samples there were registered particles by anthropogenic origin besides the natural ones, and these can be related to the work of the metallurgical plant for production of ferronickel which is located in the near vicinity of the investigated region.

REFERENCES

Boev, Ivan, Spasovski Orce, Mirakovski Dejan, Karakaseva Elizabeta (2014) Geochemistry and origin of particles PM-10 in the area of Tikveš, Republic of Macedonia. Geologica Macedonica, 28 (2). pp.139-148. ISSN0352-1206

Stafilov, T., Šajn, R., Boev, B., Cvetković, J., Mukaetov, D.and Andreevski, M. (2008) Geochemical atlas of Kavadarci and the environs. Faculty of Science, Sts Cyril and Methodius University, Skopje.

Stafilov, T., Šajn, R., Pančevski, Z., Boev, B., Frontasyeva, M.V. and Strelkova, L.P. (2010) Heavy metal contamination of surface soils around a lead and zinc smelter in the Republic of Macedonia. Journal of Hazardous Materials 175, 896-914.

K. Bačeva, T. Stafilov, R. Šajn, C. Tănăselia, S. Ilić Popov, Distribution of chemical elements in attic dust in the vicinity of ferronickel smelter plant, Fresenius Environmental Bulletin, 20(9), 2306-2314 (2011).

Boev, Blazo and Stafilov, Trajče and Bačeva, Katerina and Šorša, Ajka and Boev, Ivan (2013) Influence of a Nickel Smelter Plant on the Mineralogical Composition of Attic dust in the Tikveš Valley, Republic of Macedonia. Environmental Science and Pollution Research, 20 (6). ISSN 0944-1344

Stafilov, Trajce and Sajn, Robert and Boev, Blazo and Cvetković, Julijana (2013) Geochemistry of soil of Kavadarci and the environs. 1st International workshop on the project - Environmental impact assessment of the Kozuf metallogenic district in southern Macedonia in relation to groundwater resources, surface waters, soils and socio-economic consequences (ENIGMA). pp. 109-122.

Hristov, S, M. Karajovanović, M. Stračkov,(1965): Basic geological map of SFRJ, sheet Kavadarci, M 1:100,000 (map & interpreter), Federal Geological Survey, Beograd, 1965, 62 pp.

КВАЛИТЕТ НА АМБИЕНТАЛЕН ВОЗДУХ-СУСПЕНДИРАНИ ЧЕСТИЧКИ (ПМ-10) ВО ОБЛАСТА ТИКВЕШ

[1]Иван Боев, [1]Дејан Мираковски, [1]Марија Хаџи Николова, [1]Блажо Боев

[1]University "Goce Delčev"- Štip, Faculty of Natural and Technical Sciences, Blvd.Krste Misirkov, 10-A, P.O.Box 210. 2000 Stip Republic of Macedonia, e-mail: ivan.boev@ugd.edu.mk

Абстракт
Во трудот се прикажани резултатите и интерпретациите на мерењата на квалитетот на амбиенталниот воздух во областа Тиквеш во периодот од 16.03.2015 до 22.03.2015 а кои се однесуваат на количината на присутните суспендирани честички (ПМ-10), нивниот хемиски состав одреден со методата на ICP-MS како и морфологијата и облиците на суспендираните честички со приемена на SEM-EDS техниката.

Клучни зборови: амбиентален водзух, суспендирани честички, ПМ-10

1. ВОВЕД

Областа Тиквеш е под влијание на поголем антропеген импакт и тоа во подолг временски период како последица на зголемената металургиска активност (Baceva et, al, 20111, Solomons, 1995, Dudka et al, 1997, Boev et al, 2013a, 2013b, Sajn, 1999, 2000, Stafilov et al, 2013). За таа цел во периодот 16.03.2015 до 22.03.2015 беа реализирани индикативни мерења на амбиентните концентрации на цврсти честички - фракција PM10, на една локација, на едно мерно место - MM1.

Мерењата беа реализирани од страна на стручен тим од Теренската лабораторија за животна и работна средина и електронска микроскопија – оддел АМБИКОН, Факултет за природни и технички науки – Штип, а во целост согласно стандардните процедури дефинирани со МКС ISO 12341:2007 Квалитет на воздух-Определување на фракција PM10 на суспендирани цврсти честички - референтна метода.

Оваа метода пропишува земање на примерок од воздух на дадена локација континуирано во текот 24 часа, 7 дена и одредување на балансот на масата и протокот. Согласно Директивата на комисијата 199/30/ЕС и Директива 96/62/ЕС, добиените резултати се изразуваат во $\mu g/m^3$, при што волуменот на воздухот е волумен на амбиентните услови близу до влезниот отвор во моментот на земање на примерокот.

Дополнително, а со цел да се проследат тенденциите на менување на концентрациите на цврсти честички со ЕАД < 10μm во текот на период од 24 часа, на истата локација беа извршени мерења со приближен (не референтен) метод на одредување во реално време на масена концентрација на цврсти честички во воздушен поток со распрскување на светлосен сноп, како и селекција на големината на честичките (на фракција PM10) со циклон со остар пресек при проток од 2 [l/min].
Мислењето и интерпретациите се базирани на одредбите од следниве национални прописи:

- Законот за квалитет на амбиентен воздух („Службен весник на Република Македонија", бр.100/12, 163/13, 10/15);
- Уредба за гранични вредности за нивоа и видови на загадувачки супстанции во амбиентниот воздух и прагови на алармирање, рокови за постигнување на граничните вредности, маргини на толеранција за гранична вредност, целни вредности и долгорочни цели („Службен весник на РМ", бр. 50/05).

Согласно, Уредбата за гранични вредности за нивоа и видови на загадувачки супстанции во амбиентниот воздух и прагови на алармирање, рокови за

постигнување на граничните вредности, маргини на толеранција за гранична вредност, целни вредности и долгорочни цели („Службен весник на РМ3, бр. 50/05), граничната вредност на цврстите честички како загадувачки супстанции кои го определуваат квалитетот на амбиентниот воздух е дефинирана на следниов начин (Таб.1):

Табела 1. Гранични вредности на ниво на концентрации и маргини на толеранција за суспендирани честички со големина од 10 μm (PM10):

Параметар	Период за пресметување на просекот	Гранична вредност	Маргина на толеранција
24-часовна гранична вредност за заштита на човековото здравје	24 часа	50 μg/m^3 PM10, не смее да биде надмината повеќе од 35 пати во текот на една календарска година	25 μg/m^3 (50%) при денот на отпочнување на примената на оваа Уредба, со намалување натаму на секои 12 месеци во еднакви годишни проценти, за да се достигне 0%
Годишна гранична вредност за заштита на човековото здравје	Календарска година	40 μg/m^3 PM10	20 μg/m^3 (50%) при денот на отпочнување на примената на оваа Уредба, со намалување натаму на секои 12 месеци во еднакви годишни проценти, за да се достигне 0%

2. ЦЕЛИ И ОПФАТ НА МЕРЕЊАТА

Мерењата на квалитетот на воздухот во Кавадарци се извршени исклучиво за научно истражувачки цели, во период од седум денови на едно мерно место во комерцијално резиденцијалниот дел на градот Кавадарци (Таб. 2). Локацијата на мерното место 1 е дефинирана како репрезентативна за урбаното подрачје на областа Тиквеш (Табела 2). Фотографија од мерното место е прикажана на Сл. 1.

Табела 2. Опис на мерното место

Мерно место	Шифра	Опис на локацијата	Координати според Државен координатен систем во Гаус-Кригерова проекција,	
			Y	X
1	MM1-AK	Комерцијален двор со паркинг, во објектот се вршат услужни дејности со ниска фреквенција, окружувањето е резиденцијална зона.	4588355	7583877

Слика 1. Автоматска мерна станица

На мерното место се дефинирани просечните 24 часовни концентрации (во μg/m^3) на суспендирани цврсти честички – фракција PM10, одредени согласно МКС ISO 12341:2007. Дополнително за тоа мерно место, со приближен (не-референтен) метод се дефинирани тенденциите на промена на масените концентрации на суспендирани цврсти честички – фракција PM10, упросечени на секои 5 мин. за период од 24 ч. Податоците добиени се прикажани на Сл.3.

Исто така, извршени се хемиски анализи на филтрите при што: 6 филтри се

анализирани со деструктивни хемиски методи за содржина на метали (ICP-MS) (Табела 5) во Лабараторијата за заштита на растенијата и животната средина во состав на Земјоделскиот факултет при Универзитетот „ГОЦЕ ДЕЛЧЕВ" во Штип, а еден филтер во одделот за електронска микроскопија (Сл.4).

За индикација на метеоролошките услови во кои се одредувани амбиентните концентрации на прашина, метеоролошките параметри вклучително; температура, релативна влажност, брзина и правец на ветер, се превземени од сајтот http://www.wunderground.com/ за најблиската достапна метеоролошка станица во конкретниот случај во Кавадарци.

3. МЕТОДОЛОГИЈА НА МЕРЕЊЕ И МЕРНИ ИНСТРУМЕНТИ

Постапката на подготовка и лабораториски анализи/пресметки (кондиционирање и гравиметриско одредување на концентрација на цврсти честички), како и земање на примерок од воздух на дадена локација се елаборирани детално во УП 5.4.3 Упатство за квалитет на амбиентен воздух – стандардна метода на гравиметриско мерење за одредување на PM 10 масена фракција од суспендираните цврсти честички, документ целосно базиран на следнава референтни извори (Сл.2).

- МКС EN 14907:2006 – Квалитет на амбиентен воздух – Стандардна метода на гравиметриско мерење за одредување на PM2,5 масена фракција од суспендираните цврсти честички;
- МКС EN 12341:2007 – Квалитет на воздух – Определување на фракција PM10 на суспендирани цврсти честички – Референтна метода и теренска тест процедура за демонстрирање референтна еквивалентност на мерни методи;
- ISO 7708 – Air quality – Particle size fraction definitions for health-related sampling;
- SOP ESCAPE Version 1 Date: 03.10.2008, ENV 2007.1.2.2.2. European cohort on air pollution;
- RUPIOH SOP 3.0, Date: 16.05.2009, ENV 2007.1.2.2.2. European cohort on air pollution.
- Мерниот ланец за земање на примероци од воздух, дефиниран согласно горе споменатите документациони основи, е даден во продолжение:

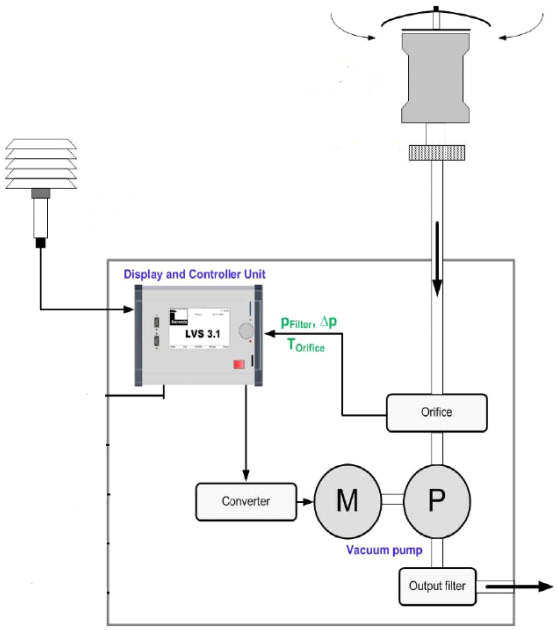
- *Влезен отвор за фракција PM 10 со низок проток, согласно МКС EN 12341:2007 за PM10*
- *Држач на филтер*
- *Спојна цевка*
- *Куќиште*

**Картон бр.4 – Посебни делови*

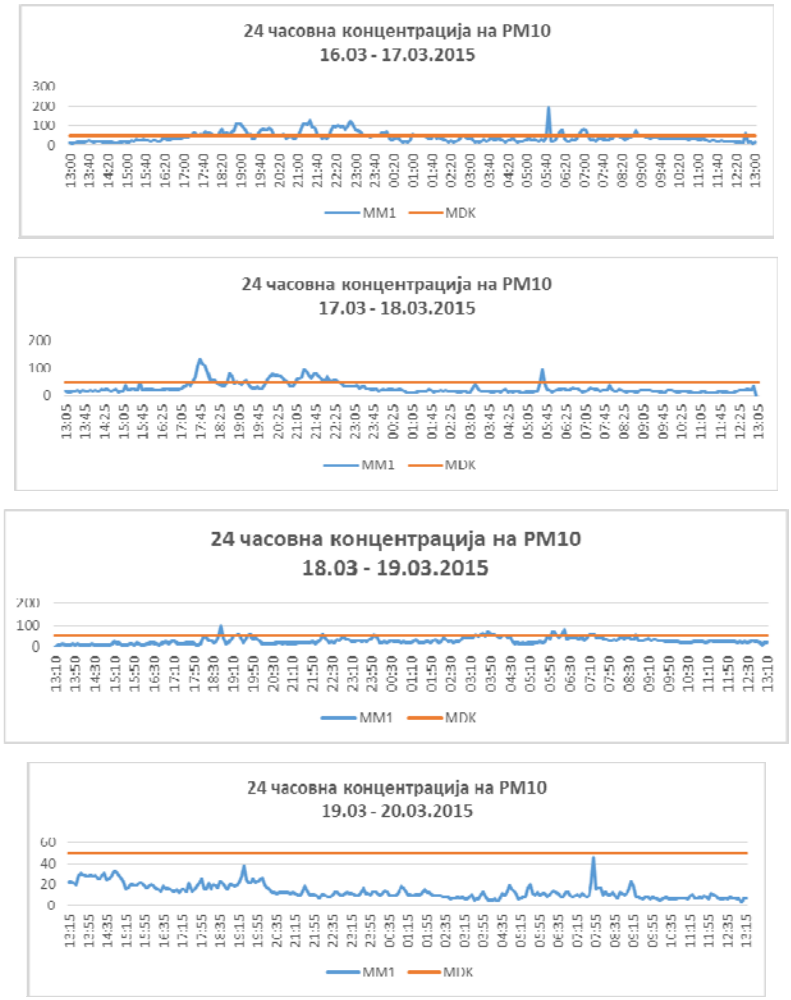
- *Пумпа со вграден уред за мерење на проток со вграден систем за контрола на проток со автоматска компензација на промени во отпорот на струење, сензори за мерење на температурата T, притисок p и протокот F на примерокот, сензори за мерење на Ta – температура, Pa – притисок во амбиентот.*

LIFETEK 55 XP-R PM, Mega System, srl. Italy,

**Картон број 4, сериски број 6018.*



Слика 2. Мерен ланец за амбиентни концентраци прашина (шематски приказ)



Слика 3. 24-часовни концентрации на честички ПМ-10

Калибрацијата на опремата се врши од страна на акредитирано тело на секои 3 години.

Дополнителната опрема/материјали користена при мерењето вклучува (Таб. 3):

Табела 3. Список на користена опрема при мерењата

Бр.	Опис	Сериски број	Производител	Картон број
1	Вага MYA 5.3Y.F (мерен опсег: 0.000001g ÷ 5g; Посебни делови: Дејонизатор DJ-03, Комора со контролирана атмосфера (температура и влажност), вградена антивибрациона маса и контролно /информационен систем,	36460 A52297 /	Radwag, Polska Radwag, Polska Софтек, Македонија	30
2	Инструмент за мерење на температура, влажност и притисок, SD 700	Q590460	Extech, Taiwan	13
3	Филтри GlassFiber, 47 mm	/	SKC	/
4	Инструмент за мониторинг на концентрации на цврсти честички (фракции PM 1, PM 2.5 и PM10) во амбиентен воздух во реално време Производител / тип: /E-Sampler	R13780	METONE, USA	29

4. РЕЗУЛТАТИ ОД МЕРЕЊАТА

Табела 4. Резултати од мерењата на Мерно место 1

Општи податоци								
Код на мерно место:	ММ1-АК	Време на мерење						
Координати на локацијата		Почеток		Крај				
Y	X	Датум	Час	Датум	Час			
4588355	7583877	**16.03.2015**	**12:45**	**17.03.2015**	**12:45**			
Метод	МКС ISO 12341:2007 Квалитет на воздух- Определување на фракција PM 10 на суспендирани цврсти честички – референтна метода							
Тип на филтер	Glas Fiber 47 mm	Код на филтер		10031506GF-47				
Метеоролошки услови								
	Минимум	Максимум	Средна	Врнежи				
Температура (°C)	-1	15	7	Вид:				
Влажност (%)	93	24	65	Количина (mm):				
Брзина на ветер(m/s)	0	4,16	Дом. правец:	СИ				
Суспендирани честички (фракција - PM10)				Вредност	Единица			
Измерена вредност (просечна 24 часовна)				29,32	[µg/m^3]			
Гранична вредност				50	[µg/m^3]			
Стандардна мерна неодреденост				±1.4	[µg/m^3]			
Проширена мерна неодреденост				±2.7	[µg/m^3]			
	17.03.2015	**12:51**	**18.03.2015**	**12:51**				
Метеоролошки услови								
	Минимум	Максимум	Средна	Врнежи				
Температура (°C)	5	14	10	Вид:				
Влажност (%)	25	87	59	Количина (mm):				
Брзина на ветер(m/s)	0	4,16	Дом. правец:	СИ				
Суспендирани честички (фракција - PM10)				Вредност	Единица			
Измерена вредност (просечна 24 часовна)				54,28	[µg/m^3]			
Гранична вредност				50	[µg/m^3]			
Стандардна мерна неодреденост				±1.4	[µg/m^3]			
Проширена мерна неодреденост				±2.7	[µg/m^3]			
	18.03.2015	**12:54**	**19.03.2015**	**12:54**				
Метеоролошки услови								
	Минимум	Максимум	Средна	Врнежи				
Температура (°C)	1	9	5	Вид:				
Влажност (%)	51	87	71	Количина (mm):				
Брзина на ветер(m/s)	0	4,72	Дом. правец:	ЈИ				
Суспендирани честички (фракција - PM10)				Вредност	Единица			
Измерена вредност (просечна 24 часовна)				45,82	[µg/m^3]			
Гранична вредност				50	[µg/m^3]			
Стандардна мерна неодреденост				±1.4	[µg/m^3]			
Проширена мерна неодреденост				±2.7	[µg/m^3]			
	19.03.2015	**12:56**	**20.03.2015**	**12:56**				
Метеоролошки услови								
	Минимум	Максимум	Средна	Врнежи				
Температура (°C)	0	7	4	Вид:	дожд			
Влажност (%)	43	100	77	Количина (mm):	0,3			
Брзина на ветер(m/s)	0	8,33	Дом. правец:	СИ				
Суспендирани честички (фракција - PM10)				Вредност	Единица			
Измерена вредност (просечна 24 часовна)				23,25	[µg/m^3]			
Гранична вредност				50	[µg/m^3]			
Стандардна мерна неодреденост				±1.4	[µg/m^3]			
Проширена мерна неодреденост				±2.7	[µg/m^3]			

Табела 4. Резултати од мерењата на Мерно место 1 (продолжение)

Општи податоци							
Код на мерно место:	MM1-AK	Време на мерење					
Координати на локацијата		Почеток		Крај			
Y	X	Датум	Час	Датум		Час	
4588355	7583877	**20.03.2015**	**12:59**	**21.03.2015**		**12:59**	
Метод	МКС ISO 12341:2007 Квалитет на воздух- Определување на фракција PM 10 на суспендирани цврсти честички – референтна метода						
Тип на филтер	Glas Fiber 47 mm	Код на филтер		10031509GF-47			
Метеоролошки услови							
	Минимум	Максимум	Средна	Врнежи			
Температура (°C)	-2	9	4	Вид:			
Влажност (%)	17	80	53	Количина (mm):			
Брзина ветер(m/s)	0	7,77	Дом. правец:	СЗ			
Суспендирани честички (фракција - PM10)				Вредност	Единица		
Измерена вредност (просечна 24 часовна)				46,64	[µg/m^3]		
Гранична вредност				50	[µg/m^3]		
Стандардна мерна неодреденост				±1.4	[µg/m^3]		
Проширена мерна неодреденост				±2.7	[µg/m^3]		
	21.03.2015	**13:03**	**22.03.2015**		**13:03**		
Метеоролошки услови							
	Минимум	Максимум	Средна	Врнежи			
Температура (°C)	-6	15	4	Вид:			
Влажност (%)	6	86	48	Количина (mm):			
Брзина ветер(m/s)	0	3,05	Дом. правец:	СИ			
Суспендирани честички (фракција - PM10)				Вредност	Единица		
Измерена вредност (просечна 24 часовна)				56,46	[µg/m^3]		
Гранична вредност				50	[µg/m^3]		
Стандардна мерна неодреденост				±1.4	[µg/m^3]		
Проширена мерна неодреденост				±2.7	[µg/m^3]		
	22.03.2015	**13:07**	**23.03.2015**		**13:07**		
Метеоролошки услови							
	Минимум	Максимум	Средна	Врнежи			
Температура (°C)	-3	13	5	Вид:	дожд		
Влажност (%)	24	93	65	Количина (mm):	0,8		
Брзина ветер(m/s)	0	4,72	Дом. правец:	ЈЗ			
Суспендирани честички (фракција - PM10)				Вредност	Единица		
Измерена вредност (просечна 24 часовна)				29,52	[µg/m^3]		
Гранична вредност				50	[µg/m^3]		
Стандардна мерна неодреденост				±1.4	[µg/m^3]		
Проширена мерна неодреденост				±2.7	[µg/m^3]		

Резултатите од мерњата се прикажани во Табелата 4 а резултатите од испитувањата на хемискиот состав на честгичките ПМ-10 со примена на методата на ICP-MS се прикажани во Табелата 5. На Сл.4 се прикажани испитувањата на честичките со примена на SEM-EDS техниката.

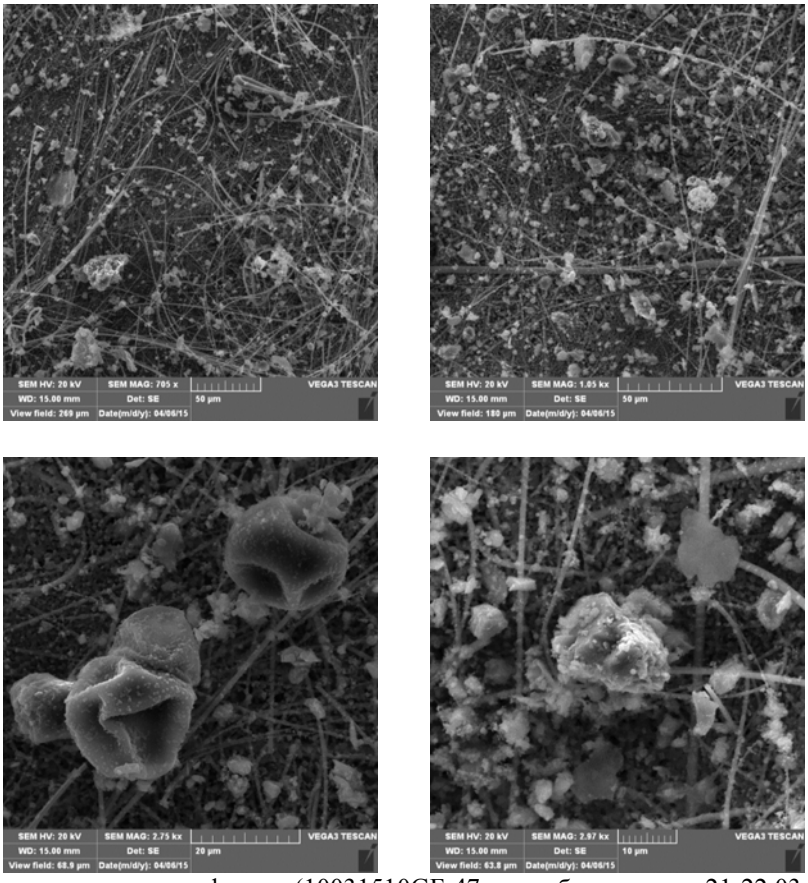
Табела 5. Хемиски состав на честичките ПМ-10 од областа Тиквеш (ICP-MS)

mg/m3	Li	Be	B	Na	Mg	Al	P	K	Ca	Ti	V
10031508 GF-47	0.00003 630	0.00000 000	0.05631 032	0.00498 468	0.00437 090	0.56749 715	0.00029 793	0.15195 405	0.06541 905	0.00472 886	0.00000 247
10031505 GF-47	0.00001 580	0.00000 000	0.01989 386	0.00107 632	0.00327 984	0.21492 820	0.00014 246	0.05929 456	0.03107 084	0.00212 379	0.00000 370
10031506 GF-47	0.00000 878	0.00000 000	0.01058 824	0.00067 218	0.00202 975	0.11791 959	0.00007 631	0.03151 456	0.01651 621	0.00116 714	0.00000 453
10031507 GF-47	0.00001 142	0.00000 000	0.01544 237	0.00096 348	0.00202 952	0.16229 324	0.00009 655	0.04263 581	0.02074 629	0.00140 096	0.00000 172
10031509 GF-47	0.00001 255	0.00000 000	0.01624 207	0.00103 853	0.00299 438	0.16808 520	0.00011 979	0.04578 330	0.02671 850	0.00193 774	0.00000 363
10031511 GF-47	0.00000 851	0.00000 000	0.01023 661	0.00066 746	0.00170 011	0.11751 263	0.00007 652	0.03234 198	0.01629 961	0.00112 865	0.00000 259

Табела 5. Хемиски состав на честичките ПМ-10 од областа Тиквеш (ICP-MS) (продолжение)

mg/m3	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se
10031508 GF-47	0.00011 656	0.00004 275	0.43579 301	0.00000 000	0.00008 886	0.00004 604	0.17440 250	0.01181 954	0.00000 000	0.00003 249	0.00000 011
10031505 GF-47	0.00005 346	0.00005 295	0.33974 292	0.00000 118	0.00004 281	0.00001 788	0.05996 984	0.00415 394	0.00000 000	0.00007 380	0.00000 116
10031506 GF-47	0.00004 189	0.00004 578	0.35337 787	0.00000 245	0.00008 624	0.00000 966	0.03274 799	0.00216 340	0.00000 000	0.00000 654	0.00000 046
10031507 GF-47	0.00003 853	0.00003 114	0.20178 690	0.00000 004	0.00000 907	0.00001 181	0.04528 435	0.00300 013	0.00000 000	0.00001 255	0.00000 067
10031509 GF-47	0.00003 880	0.00005 358	0.30796 432	0.00000 069	0.00002 379	0.00001 363	0.04645 804	0.00323 454	0.00000 000	0.00005 018	0.00000 065
10031511 GF-47	0.00002 755	0.00003 059	0.18380 139	0.00000 051	0.00004 460	0.00001 323	0.03237 535	0.00224 371	0.00000 000	0.00003 948	0.00000 047

mg/m3	Rb	Sr	Mo	Pd	Ag	Cd	Sn	Sb	Cs	Ba	Tl	Pb	Bi
100315 08GF-47	0.000 10469	0.003 89344	0.000 00651	0.000 01881	0.000 00000	0.000 00000	0.000 04097	0.000 00000	0.000 00000	0.136 88177	0.000 00385	0.000 01753	0.000 00000
100315 05GF-47	0.000 03894	0.001 40975	0.000 00095	0.000 00685	0.000 00000	0.000 00000	0.000 01128	0.000 00000	0.000 00000	0.046 35770	0.000 00386	0.000 01190	0.000 00000
100315 06GF-47	0.000 02072	0.000 74989	0.000 00067	0.000 00372	0.000 00000	0.000 00000	0.000 01832	0.000 00000	0.000 00000	0.024 83023	0.000 00089	0.000 00821	0.000 00000
100315 07GF-47	0.000 02890	0.001 07815	0.000 00104	0.000 00554	0.000 00000	0.000 00000	0.000 01582	0.000 00000	0.000 00000	0.036 37483	0.000 00037	0.000 00888	0.000 00000
100315 09GF-47	0.000 03100	0.001 09175	0.000 00064	0.000 00583	0.000 00000	0.000 00000	0.000 00583	0.000 00000	0.000 00000	0.035 94751	0.000 00168	0.000 00896	0.000 00000
100315 11GF-47	0.000 02184	0.000 78582	0.000 00046	0.000 00417	0.000 00000	0.000 00000	0.000 00402	0.000 00000	0.000 00000	0.025 49398	0.000 00226	0.000 00582	0.000 00000



Слика 4. Морфолошка анализа на филтер (10031510GF-47 за проба земена на 21-22.03.2015) напарен со злато со употреба на сканинг електронски микроскоп

5. ЗАКЛУЧОК И ИНТЕРПРЕТАЦИИ

Концентрациите на цврстите честички во амбиентниот воздух, утврдени со индикативните мерења, спроведени на локации во индустриската зона во Кавадарци во периодот од 16.03.2015 до 22.03.2015, на мерното место ММ1 се наоѓаат во рамките на 24-часовна гранична вредност за заштита на човековото здравје пропишани со Уредбата за гранични вредности за нивоа и видови на загадувачки супстанции во амбиентниот воздух и прагови на алармирање, рокови за постигнување на граничните вредности, маргини на толеранција за гранична вредност, целни вредности и долгорочни цели („Службен весник на РМ3, бр. 50/05), освен на 17 и 21 Март, кога е забележано незначително (<10%) надминување на граничната вредност.

Мора да се напомене дека покрај тоа што просечните концентрации се во рамките на дозволените, за сите денови карактеристични се периоди на екстремно високи концентрации на SPM во вечерните и утринските часови, детектирани со нефлометриските мерења.

ЛИТЕРАТУРА

Bačeva, K., Stafilov, T., Šajn, R. (2012) Monitoring of air pollution with heavy metals in the vicinity of ferronickel smelter plant by deposited dust, Macedonian Journal of Ecology and Environment, 1(1-2), 17-24.

Boev, I., Šijakova-Ivanova, T., Mirakovski, D. (2013) Scanning electron microprobe characterization of air filters from the Kavadarci town and Tikveš valley. Geologica Macedonica, 27(1), 13-24.

Boev, I. (2013) Wine geochemistry in the Tikves region. 1st 2nd International Workshop on the Project "Environmental Impact Assessment of the Kozuf Metallogenic District in Southern Macedonia in Relation to Groundwater Resources, Surface Waters, Soils and Socio-economic Consequences (ENIGMA), Kavadarci, 10th October 2013, Proceedings, pp. 103-108.

Dudka, S., Adriano, C.D. (1997) Environmental impacts of metal ore mining and processing: A review. Journal of Environmental Quality 26, 590-602.

Šajn, R. (1999) Geochemical properties of urban sediments on the territory of Slovenia. Geological survey of Slovenia, Ljubljana, pp. 1-136.

Šajn, R. (2000) Influence of lithology and antropogenic activity on distribution of chemical elements in dweling dust. Slovenia. Geologija 43, 85-101.

Salomons, W. (1995) Environmental impact of metals derived from mining activities: Processes, predictions, preventions. Journal of Geochemical Exploration 44, 5-23.

Stafilov, T., Šajn, R., Boev, B., Cvetković, J. (2013) Geochemistry of soil of Kavadarci and the environs. 1st International workshop on the project "Environmental impact assessment of the Kozuf metallogenic district in southern Macedonia in relation to groundwater resources, surface waters, soils and socio-economic consequences (ENIGMA)". Proceedings, Kavadarci, pp. 109-122.

GEOTHERMOBAROMETRIC INVESTIGATIONS OF HERCYNIAN GRANITOIDS OF EAST SERBIA

[1]Dragana Bosić, [1]Suzana Erić, [1]Kristina Šarić, [1]Bojan Kostić, [1]Vladica Cvetković and [2]Dragan Jovanović

[1]University of Belgrade - Faculty of Mining and Geology, Đušina 7, 11000 Belgrade, Serbia
dragana.bosic@rgf.rs; suzana.eric@rgf.bg.ac.rs; kristina.saric@rgf.bg.ac.rs; bojan.kostic@rgf.bg.ac.rs; vladica.cvetkovic@rgf.bg.ac.rs;
[2]Geological Survey of Serbia, Rovinjska 12, 11000 Belgrade, Serbia
dramar1965@gmail.com

EXTENDED ABSTRACT

Eight relatively large masses and few small occurrences of Hercynian granitoids intrude metamorphic complexes of Late Proterozoic to Early Cambrian terranes of the East Serbian Carpatho-Balkanides (Divljan and Divljan, 1967; Krstić and Karamata, 1992). These granitoids are still poorly investigated. The results of geothermobarometric calculations for the granitoids of Ziman, Tanda, Radičevac, Janja, Suvi Do and Ravno Bučje are presented and discussed in this study. According to modal mineral composition, the studied rocks are defined mostly as granodiorites and quartzmonzonites, whereas granites and granite-gneisses are subordinate. The granitoids are generally composed of plagioclase, quartz and alkali feldspar in different proportions, with biotite, amphibole and muscovite as femic minerals. Secondary alteration products are sericite and chlorite.

The results of SEM-EDS analyses on mineral compositions were used for calculating temperatures applying hornblende-plagioclase (Blundy & Holland, 1990), two-feldspars (Stormer, 1975) and Ti-in- biotite (Henry et al., 2005) geothermometers. Geobarometry was done on amphibole according to calibrations of Hammarstrom & Zen (1986), Hollister et al. (1987), Johnson & Rutherford (1989) and Schmidt (1992).

Results on the hornblende-plagioclase geothermometer (Fig. 1a) show a temperature range of 640-753 °C. The two feldspars geothermometry (Fig. 1b) gave T values of 264-970 °C, whereas the calculated temperatures based on Ti contents in biotites are considerably lower and range from as low as 124 °C to 503 °C. Geobarometric calculations, based on the total aluminium contents in hornblende, indicate pressures ranging from 1 to 3.5 kbar.

The calculated temperatures show large variations, with drastically low values calculated according to Ti content in biotite. Significant differences of temperature values obtained by the two-feldspar geothermometer are the result of very low contents of anorthite component in some individual feldspar grains. It can be concluded that all temperatures lower than 640 °C cannot be regarded as crystalization temperatures, but those related to subsolidus reactions, which also includes secondary alterations. The calculated pressures indicate depths of the emplacement of these granitoids somewhere between 3 and 9 km.

The results of this preliminary study revealed only rough estimates of crystalization temperatures and pressures of the studied Hercynian granitoids. All applied geothermometeric calibrations are very sensitive to changes in the contents of the elements used in calculating temperatures. Although in this study quantitative EDS analyses were made (i.e. analyzing polished samples, using appropriate external standards, etc.), it is necessary to do more accurate chemical analysis of mineral phases. In this context, the future investigations will include SEM-WDS and LA-ICP-MS mineral analyses and this will provide conditions for obtaining more reliable P-T values and, thereby, for unravelling differences in the emplacement of these intrusives.

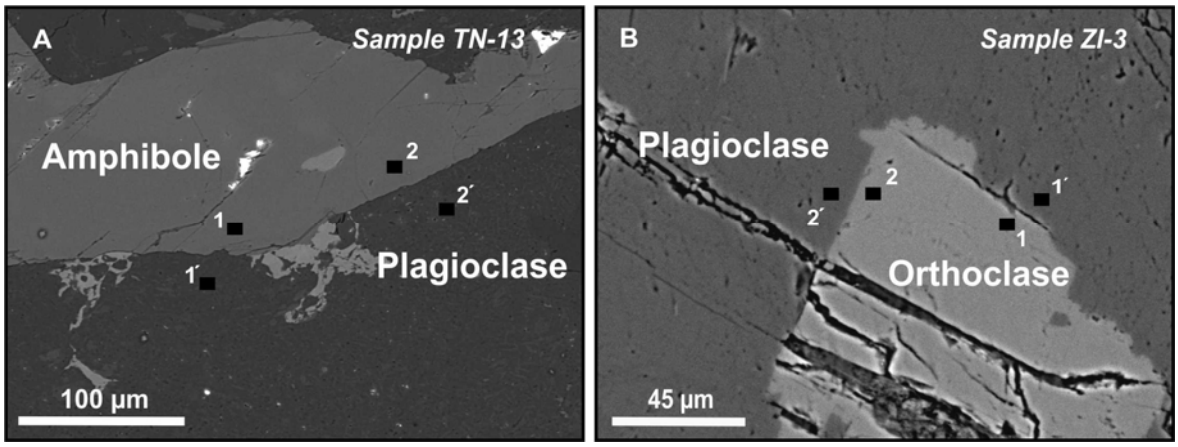


Fig. 1 BSE *images displaying analyzed spots along mineral contacts: amphibole-plagioclase (A) and orthoclase-plagioclase (B). The analyses 1-1' and 2-2' were used as pairs for geothermometric calculations.*

Key words: temperature, pressure, granitoids, East Serbia, Variscan orogen

ACKNOWLEDGEMENT
This study is funded by the project OI176016 of the Serbian Ministry of Education, Science and Technological Development. SEM-EDS analyses were done in the SEM laboratory of the University of Belgrade - Faculty of Mining and Geology.

REFERENCES

Blundy, J.D., Holland, T.J.B., 1990. Calcic amphibole equilibria and new amphibole-plagioclase geothermometer. Contributions to Mineralogy and Petrology, 104, 208-224.

Divljan, M., Divljan, S., 1967. Granitoidi Jugoslovenskog dela Karpato-balkanida istočne Srbije - VIII kongres KBGA, Geol. Pregl. KB., Beograd.

Hammarstrom, J., Zen, E., 1986. Aluminum in hornblende: An empirical igneous geobarometer. American Mineralogist, 71, 1297-1313.

Henry J.D., Guidotti V.G., Thomson A.J., 2005. Ti-saturation surface for low-to-medium pressure metapelitic biotites: Implications for geothermometry and Ti-substitution mechanisms. American Mineralogist, 90, 316-328.

Hollister, L.S., Grissom, G.C., Peters, E.K., Stowell, H.H., Sisson V.B., 1987. Confirmation of the empirical correlation of Al in hornblende withpressure of solidification of calc-alkaline plutons. American Mineralogist, 72, 231-239.

Johnson, M.C., Rutherford, M.J., 1989. Experimental calibration of the aluminum-in-hornblende geobarometer with application to Long Valley caldera, California volcanic rocks, Geology, 17, 9, 837-841.

Krstić, B., Karamata, S., 1992. Terranes of the Carpatho-Balkanides of the eastern Serbia. Comptes Rendus des Seances de la Societe Serbe de Geologie livre jubilaire (1891-1991), 57-74.

Stormer, J.C.Jr., 1975. A Practical Two-feldspar Geothermometer. American Mineralogist, 60, 667-674.

Schmidt, M.W., 1992. Amphibole composition in tonalite as a function of pressure: An experimental calibration of the AI-in-hornblende barometer. Contributions to Mineralogy and Petrology, 110, 304-310

MIGRATION OF MICROELEMENTS B, Ni, Mo, As, V IN COAL FORMATION SIBOVC FIELD OF KOSOVO BASIN

[1]Agim Ymeri, [2]Çerçiz Durmishi, [2]Irakli Prifti, [1]Adil Januzi
[1]Kosovo Energy Corporation, Engineering Department
[2] Polytechnic University of Tirana, Faculty of Geology and Minning, Tirana

Abstract
Kosovo is the richest region of the Balkan Peninsula with colossal reserves of lignite coal type. These coals are concentrated in three coal deposits: coal deposits in Kosovo basin, with reserves over 10 billion tons, coal deposits in Dukagjini basin, with reserves estimated at 2.5 billion tons, and coal deposits in Drenica basin, with reserves estimated at 95 million tons. More than 80 years of mining activity, was conducted just in the northern part of the coal deposits in Kosovo basin, initially in underground mining works, and since 1956 only with surface use. This basin is characterized by the coal formation development of a grandiose dimensions in existing mines and Sibovc field of about 90 m, where coal dominates xylite coal which, in is depth level associated with ash mass, and other inorganic materials. Microelements B,Ni,Mo,As,V are concentrated in powdery mass and other inorganic materials deposited synergic way of coal formation process. In this paper is presented data concentration of these microelements in vertical and horizontal direction coal deposits of Sibovc field.

Key words: kosovo coal basin, coal field Sibovac, reserves, mining activity, coal formation , microelements B,Ni,Mo,As,V

INTRODUCTION

Coal (lignite), is the most important energy resource in Kosovo with over 12 billion tons, and represents one of the biggest basins of the Balkan Peninsula and beyond. Kosovo basin is supplied by around 97% of total electricity production (fig. 1, 2, 3 and 4).

The most important basins of lignite in Kosovo are: Kosovo basin, Dukagjin Basin and Drenica basin. These basins are shown in Figure1.

Coalyr basin of Kosovo has a higher content of microelements compared with those of Serbia and Slovenia. High content should be related to some of their supply route in Kosovo Basin. Ymeri A. (2014).

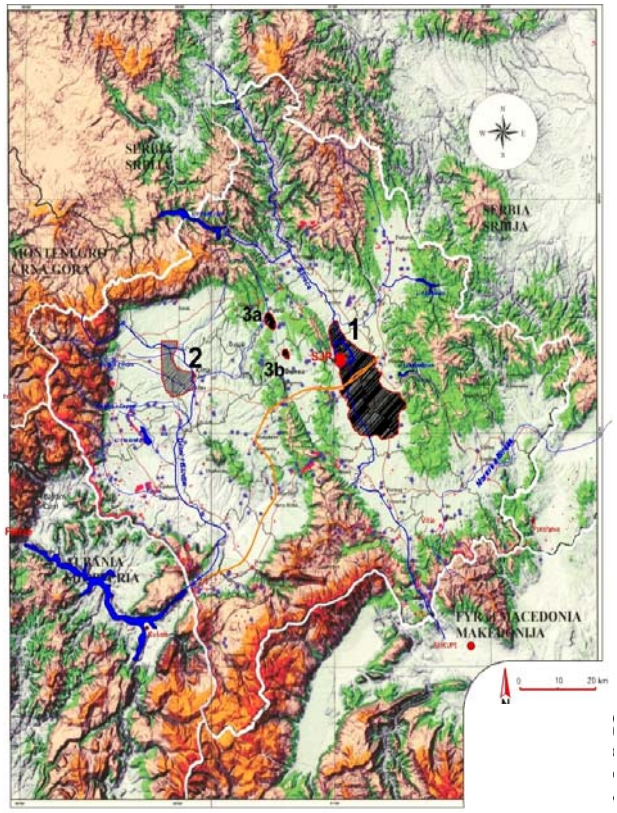


Fig. 1 *Coal basins in geographic map of Kosovo*

GEOLOGICAL SETTING

In tectonic terms coal basin of Kosovo represents a dynamic hole positioned within the Vardari geotectonic zone. The basin formation is performed by strong activity of postpliocene tectonic movements radial result of which is the formation of a large number of tectonic the degree and different intensity.

Kosovo sedimentary basin is genetic type of fluvial-lacustrine. Statigraphic column is developed with two subsystem: Miocene and Pliocene series characterized by a variety lithologic facies.

Lithological column series in Pliocene distinguished three lithological facies:

- Lithological facies on bottom of coal level
- Coal level
- Lithological facies on top of coal level

Lithological facies on bottom of coal level represented by various colored clays (green, blue, gray), sand, gravel or limestone with a thickness about of 300m. Atanaskovic, M., 1959

Coal level in Kosovo Basin has developed only one coal layer consisting average thickness about of 45m. At the bottom of coal series is described by some thin layers of clay and carbonate.

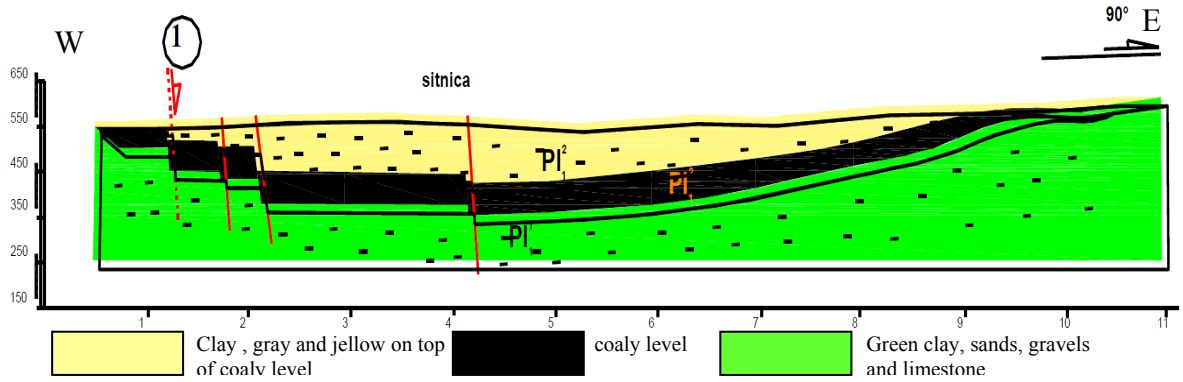


Fig. 2 *Geological profile A-A' of Kosovo Coal basin*

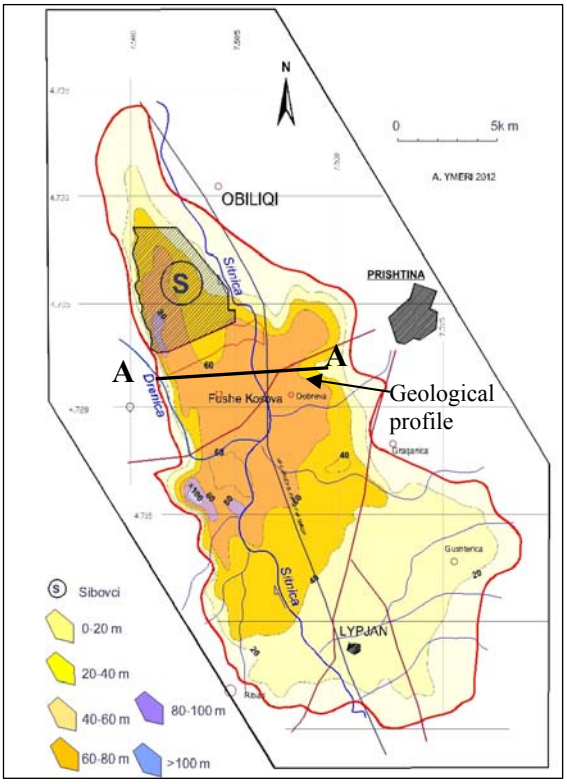


Fig. 3 *Coal thickness map in Kosovo Basin*

Lithological facies on top of coal level. This facie is typically deposited on lake conditions in different thickness from a few meters to several hundred meters. The greatest thickness is in their deepest coal layer. Represented by gray clay which passes on the upper yellow clay.

Quaternary (Q) - These deposits are widespread in the basin area. Genetically diverse are not studied. In the quaternary deposits distinguished, alluvial, deluvial proluvial sediments and river terraces. Ymeri A, (2014)..

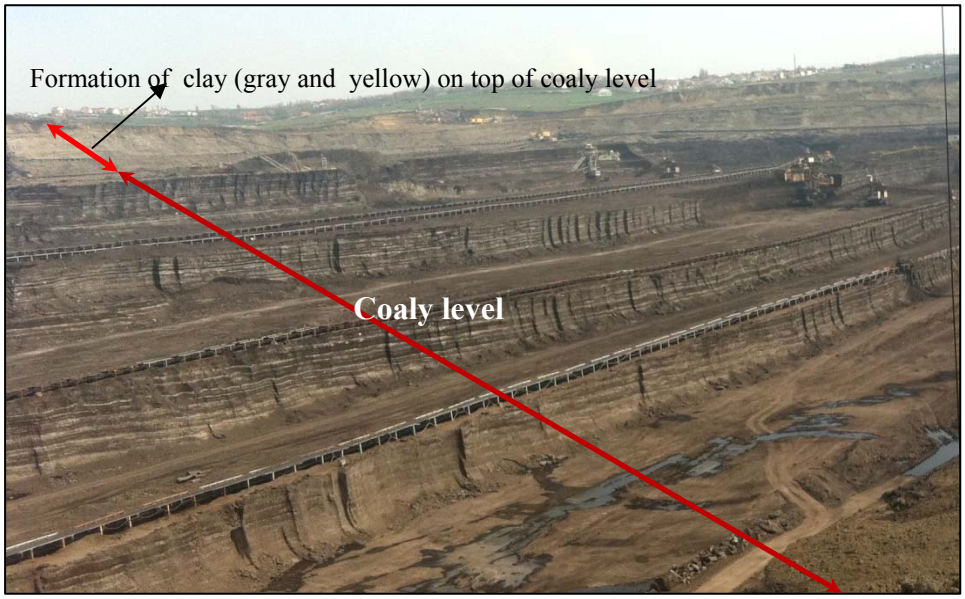


Fig. 4 *View of open front in* ***Sibovci*** *field*

METHODOLOGY

In 2007 in the Sibovc coaly field with an area of 20 km^2 with a donation of the European Agency were conducted 8 drilling structural wells to the field and get 24 samples at three levels: on top of coal level, on coal level and on bottom of coal level (Tab. 1).
Polyminerals of Pb-Zn in east and Fe-Ni in west of coal basin of Kosovo during their evolution have conditioned the concentration of microelements B, Ni, Mo, As, V through hydrogeological clapper as result of laundering peripheral parts of basin. Ymeri A, (2014).
Samples were analyzed in Laboratorijumin Pöyry Energy Oy, Tikka Oili FINLAND in accordance with Europian standard.

RESULTS AND DISCUSSION

Hydrogeological currents and surface water systems have enriched t micro elements in Kosovo basin during the geological time. The distribution of micro elements has more similarities with the Serbian coal basin. This is also the origin of coal, where the main contribution is from mainland plants. While the coal basin in Slovenia main contribution have marshy and water plants.
In this paper we present the averages of analyzed samples for 8 wells. Based on the results are prepared distribution maps of the micro-elements. Ymeri A, (2014).
Boron: His focus moves in range 99-490 ppm, with an average value of 263 ppm. Smaller values of this microelement in north-eastern area of the field, while going southwest grow, reaching maximum values at 490 ppm (Fig. 5). The largest concentration in the vertical element has in the central part of the coal level.

Table 1. Average concentration (ppm) of micro-elements in Sibovci field

Boreholes	B	Mo	As	Ni	V
S1	490.0	15.0	49.0	233.3	97.3
S2	119.7	18.7	35.7	146.7	116.3
S3	98.7	15.0	52.7	173.3	143.3
S4	273.3	19.7	43.0	310.0	79.0
S5	250.0	18.7	45.3	320.0	94.0
S6	266.7	13.0	49.0	253.3	78.7
S7	460.0	9.7	39.3	186.7	100.3
S8	150.0	9.0	47.0	135.7	85.7
Average	263.5	14.8	45.1	219.9	99.3

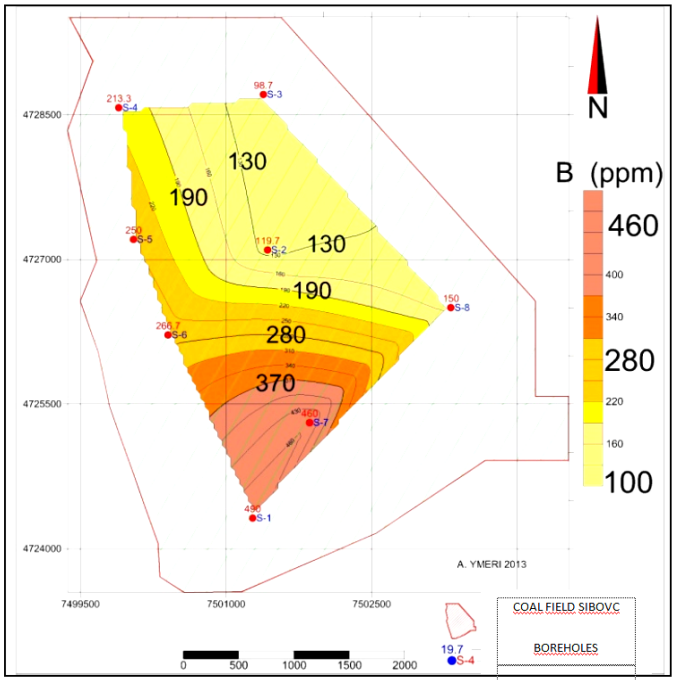


Fig. 5 *Boron isolines concentration (ppm) in Sibovc field*

Molybdenum: Mo values vary in the range of 9-20 ppm, 15 ppm average. Small values of this micro element in the eastern area of the field, while going north-west maximum values grow up to 20 ppm (Fig. 6)

The largest concentration in the vertical element has has in the formation of top coal layer.

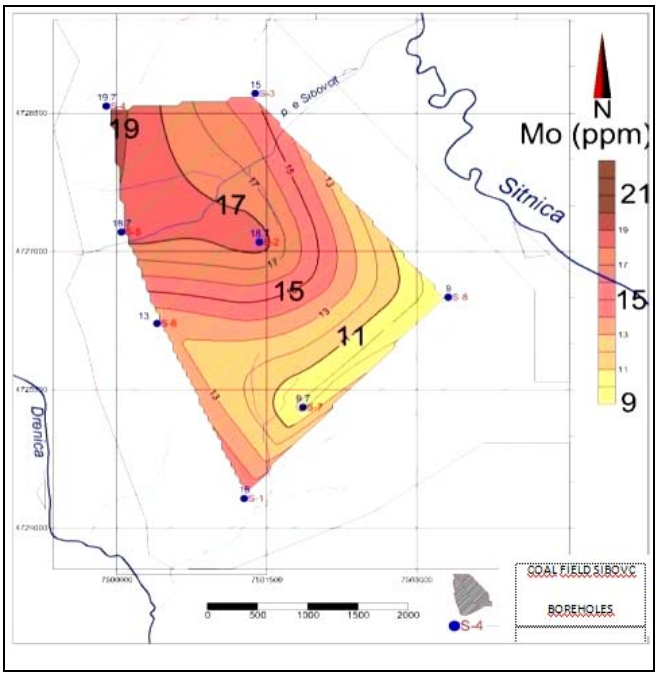


Fig. 6 *Molybdenum isolines concentration (ppm) in Sibovc field*

Arsenic: As values vary in the range of 35-53 ppm, average 45 ppm. Small values of this microelement in the central area of the field, while going to the northeast and southwest grow up to maximum values of 53 ppm (Fig. 7). The largest concentration has in the bottom formation.

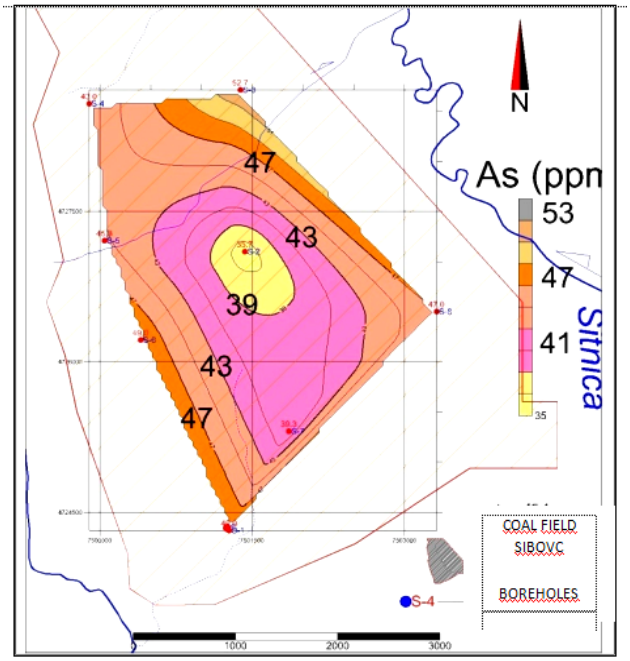


Fig. 7 *Arsenic isolines concentration (ppm) in Sibovc field*

Nickel: His focus moves to 136-320 ppm range, with an average value of 220 ppm. Smaller values of this micro-element is in the eastern area of the field, while going west increased by the maximum values reached 320 ppm (Fig. 5).

The largest concentration in the vertical element has in the bottom formation.

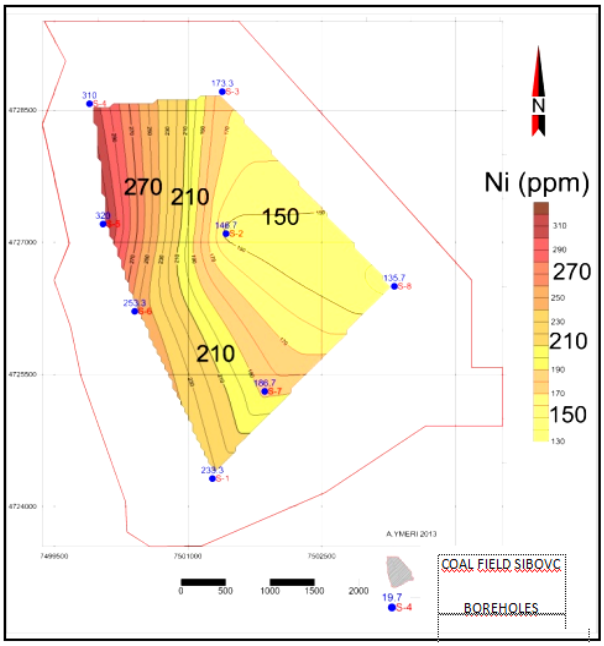


Fig. 8 *Nickel isolines concentration (ppm) in Sibovc field*

Vanadium: vanadium values vary in the range of 79-143 ppm, average 99.3 ppm. Small values of this micro-element in southern and western area of the field, while going north to north - east grow up to maximum values of 143 ppm (Fig. 9)

The largest concentration in the vertical element has in the bottom formation.

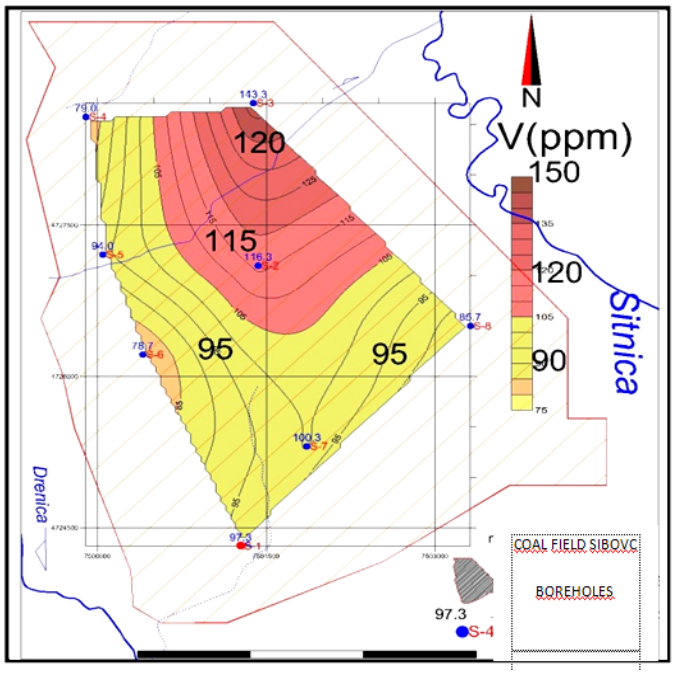


Fig. 9 *Vanadium isolines concentration (ppm) in Sibovc field*

The contents of nickel and vanadium have an interesting correlation one. Their correlation is inverse, so the increase in nickel is associated with reduced vanadium. Low content of vanadium is the result of a lower contribution to the flora and fauna of the water in the basin of Kosovo.

Not excluded the possibility of any external input.

The opposite occurs in the basin of Slovenia where the vanadium content is higher than nickel

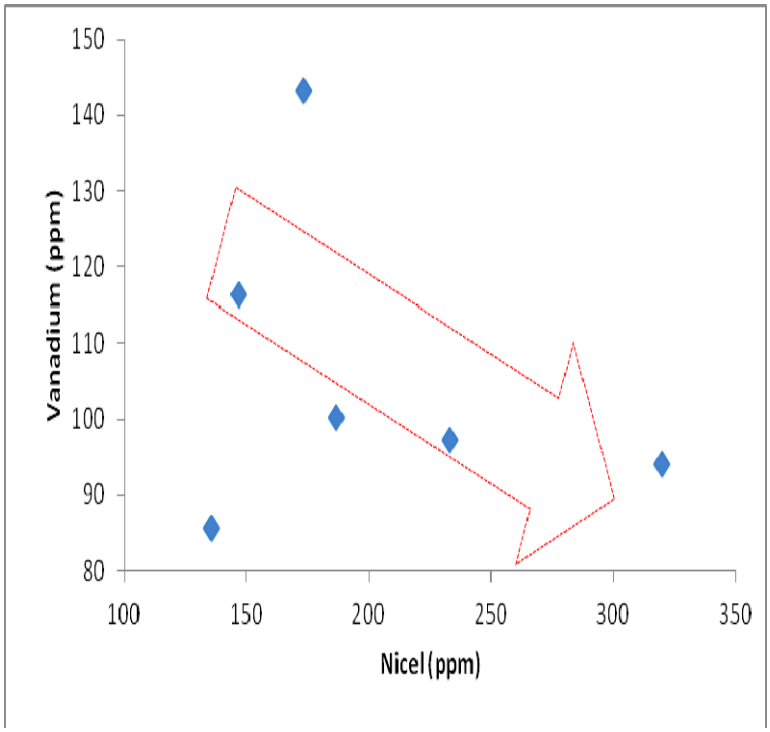


Fig. 10 *Correlation of Nickel vs vanadium*

Table 2. Correlation distribution of micro-elements B, Ni, Mo, As, V in coal formation of Sibovc field and other coal basins

COUNTRY	Ni (ppm)	Mo(ppm)	B(ppm)	As(ppm)	V(ppm)
USA (average in USA coal basins)	15.0	3.0	2.9	15.0	20.0
SLOVENIA (Velenje basin)	50.0	4.0	100.0	20.0	120.0
SERBIA (Koluara basin)	111.0	1.0	257.0	0.0	54.0
KOSOVO (Sibovc field)	**219.9**	**14.8**	**263.5**	**45.1**	**99.3**

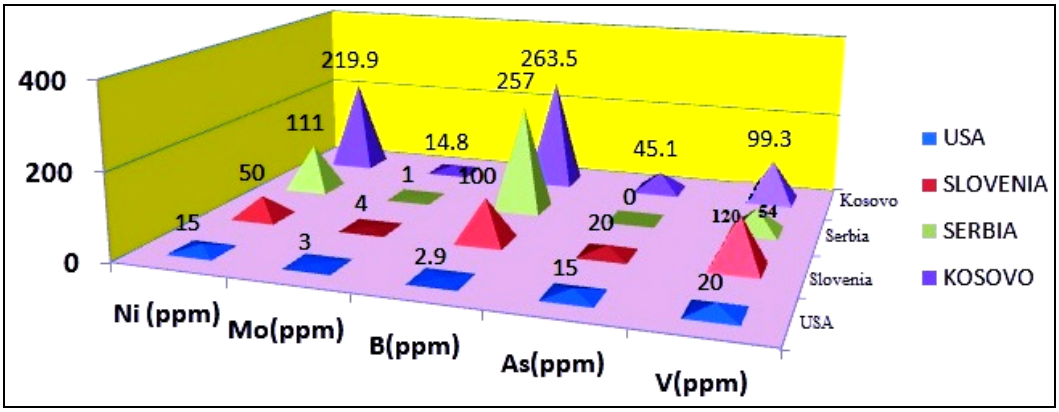


Fig.11 *The distribution of micro-elements of several coal basins*

CONCLUSION

The concentration of micro elements and their distribution nature, concluded that it is subordinated to the quality of coal basin, geochemical characteristics and nature of the chemical element.

The largest concentration of trace elements analyzed as As, V, b, Ni in vertical section has in the bottom formation dominated, while Mo in lithological facies on top of coal level with high content of Xylites.

Detected values of these micro elements and their distribution difference at different levels of coal formation. The concentration of these micro element are related to functional local geological conditions, environmental geochemical and character of the basin.

REFERENCES

Atanaskovic, M., 1959: Pliocen Kosovskog basena, Geoloski glasnik 3, Titograd

Dutina, A., 1975 :Kosovski basen, Kaustobioliti RGF, Beograd

Durmishi, C.,1983 : Analyse sedimentologique et petrographique sequentielle de la formation charbonneuse de Tepelene (Albanie)", These, docteur de 3-eme cycle-E.N.S.G., laboratoire Substances Utiles, Nancy-France

Ymeri, A., 1988: Gjeologjia e basenit te Kosoves, studim stratigrafiko tektonik, Prishtine

Ymeri, A., 2011: Tektonske prilike Kosovskog basena III hravtski geoloski kongres, Zagreb.

Ymeri, A., 1993: Elaborati gjeologjik i llogaritjes se rezervave per fushen qymyrore Bardh.

Ymeri, A., 2014: Vlerësimi gjeologo-sedimentologjik dhe veçoritë petrografike të pellgut Qymyror të Kosovës.Doktorska disertacija, Universitet u Tirani.

Ymeri, A., Durmishi, Ç., Prifti, I.,2014 :Rank Coalification of the lignite of SW Sibovci deposit Kosovo , XX Congress of the Carpathian Balkan Geological Association,Tirana, Albania, 24-26 September 2014 (Poster Sessions).

Ymeri,A.,Durmishi,Ç.,Prifti,I.,2014 :Macroscopic Lithotype and Petrographic Characterization of the lignite of SW Sibovci deposit – Kosovo" , XX Congress of the Carpathian Balkan Geological Association , Tirana, Albania, 24-26 September 2014 (Poster Sessions).

Ymeri,A., Prifti, I., Klinaku ,S., 2013: Petrographic Features of the Coal Formation of Kosovo

Basin", J. Int. Environmental Application & Science, 2013 Vol. 8 (4): 685-692.

Ymeri, A., Durmishi, Ç., Klinaku ,S., 2013: Veçoritë Litofaciale të depozitimeve tavanore të Basenit ymyror të Kosovës", Buletini i shkencave gjeologjike, Tiranë (Nr. 1/2013), 5-20.

Ymeri, A., Braha N., (2010): "Strukturne znacajke Kosovskog ugljenonosnog bazena 4. Croatian Geological Congress with international participation", Shibenik, Croatia.

Ymeri, A., Januzi, A., Klinaku, S., (2013): Roli dhe rëndësia e qymyrit vendore në rajonin europian", Konferencë shkencore, Energjetika dhe mjedisi për zhvillim të qëndrueshëm 30 tetor Akademia e Shkencave dhe Arteve e Kosoves, Prishtinë.

Vukanovic, M.,: 1982, Tumac za OGK – kartu Jugoslavia, list Podujevo.

Stanic ,N., : 1994, Neotektonsken karakteristike Kosovskog basena Radovi Geoinstituta br.30 Beograd.

Трет Конгрес на Геолозите на Република Македонија
Third Congress of Geologists of Republic of Macedonia

СЕИЗМОТЕКТОНСКИ ЗОНИ И СЕИЗМИЧКИ ХАЗАРД ВО РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

[1]Никола Думурџанов, [2]Зоран Милутиновиќ, [3]Радмила Шалиќ

[1]Булевар Видое Смилевски – Бато бр. 75/3-18, 1000 Скопје, nikola_dumo@hotmail.com
[2]Институт за земјотресно инженерство и инженерска сеизмологија (ИЗИИС), Универзитет Св. Кирил и Методиј, Скопје, zoran@pluto.iziis.ukim.edu.mk
[3]Институт за земјотресно инженерство и инженерска сеизмологија (ИЗИИС), Универзитет Св. Кирил и Методиј, Скопје, r_salic@pluto.iziis.ukim.edu.mk

Абстракт
Сеизмичката активност во Македонија е поврзана со современите тектонски поместувања вдолж нормалните раседи. Овие раседи се создадени со неотектонските вертикални диференцијални движења условени од екстензионите процеси кои почнале да се одвиваат на крајот од долен миоцен и го зафатиле централниот дел на балканскиот регион. Неотектонските движења условиле сегментација на теренитe на блокови на издигање (хорстови) и блокови на тонење (грабени). Движењата по некои од раседите се манифестираат и денес, како современи тектонски поместувања, особено вдолж наложените раседи со ориентација И-З до СИ-ЈЗ, кои претставуваат жаришта на деструктивни земјотреси.
Сеизмичката активност со деструктивен карактер е лоцирана во неколку сеизмотектонски зони со предоминантна И-З до СИ-ЈЗ ориентација. Предложениот сеизмотектонски модел во суштина го редефинира досегашниот модел на сеизмичноста на Македонија во кој еден од примарните носители на сеизмичноста е Вардарската зона и го заменува со парадигмата дека примарниот носител на сеизмичноста на Македонија е наложената трансверзална раседна тектоника со предоминантна ориентација во правецот И-З. Извршената редефиниција директно влијае врз просторната дистрибуција и вредностите на сеизмичкиот хазард во Македонија.

Клучни зборови: Неотектонски и современи тектонски движења, сеизмотектонски зони, сеизмичка активност, сеизмички хазард, Македонија.

SEISMOTECTONIC ZONES AND SEISMIC HAZARD IN THE REPUBLIC OF MACEDONIA

[1]Nikola Dumurdjanov, [2]Zoran Milutinovic, [3]Radmila Salic

[1]Boulevard Vidoe Smilevski – Bato 75/3-18, 1000 Skopje, nikola_dumo@hotmail.com
[2]Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology (IZIIS), Ss. Cyril and Methodius University in Skopje, zoran@pluto.iziis.ukim.edu.mk
[3]Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology (IZIIS), Ss. Cyril and Methodius University in Skopje, r_salic@pluto.iziis.ukim.edu.mk

Abstract
The seismic activity in Macedonia is associated with the recent tectonic movements along the normal faults. These faults are created with the neotectonic vertical differential movements conditioned by the extensional processes which begin from the late Miocene and cover the central part of the Balkan region. Neotectonic movements were the reason for the terrain segmentation into the rising (horsts) and sinking (grabens) blocks. Those movements along certain faults are present still in nowadays, like recent tectonic movements, especially along the transversal faults with E-W to NE-SW orientation, which are the sources of the destructive earthquakes.
Seismic activity with the destructive character is located into several seismotectonic zones with predominant E-W to NE-SW orientation. The proposed seismotectonic model in essence is redefinition of the actual model of seismicity of Macedonia in which one of the primary seismicity carrier is Vardar zone and replaces it with paradigm that the primary carrier of seismicity of Macedonia is transverse fault tectonics stretching predominantly in E-W direction. This redefinition has a direct influence on the spatial distribution and seismic hazard values in Macedonia.

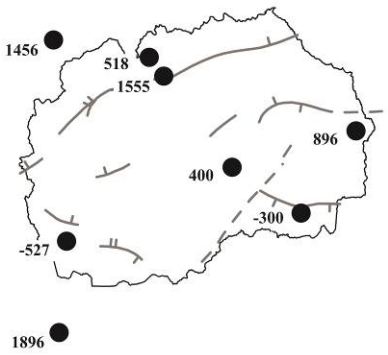
Keywords: Neotectonic and recent tectonic movements, seismotectonic zones, seismic activity, seismic hazard, Macedonia.

1. ВОВЕД

Сеизмичноста на територијата на Македонија е поврзана со современите тектонски движења кои се одвиваат вдолж нормалните раседни структури. Генезата на раседите е поврзана со неотектонските вертикални диференцијални движења условени од екстензионите процеси кои почнале да се одвиваат на крајот од долен миоцен и го зафатиле централниот балкански регион. Според постојните историски записи со различен степен на веродостојност како и утврдените траги на рушење на старите градски населби, денес археолошки локалитети, на територијата на Македонија и во нејзината блиска околина, од пред 1900 година се имаат случено повеќе земјотреси со деструктивен карактер и проценет интензитет од IX степени според европската макросеизмичка скала (Табела 1).

Табела 1. Значајни историски земјотреси (пред 1900 г.) со деструктивен карактер
Table 1. *Significant historical earthquakes (before 1900) with a destructive character*

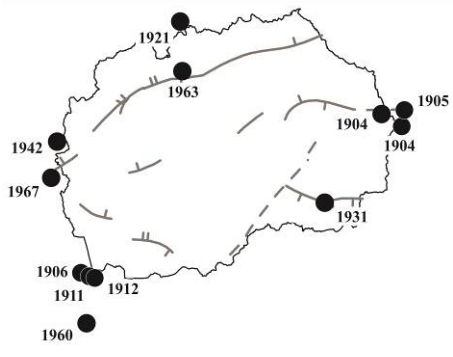
Година	Месец	Ден	M_W	I_0	Епицентрално подрачје
-300	-	-	6.08	IX	Валандово
400	-	-	6.08	IX	Градско (Стоби)
518	-	-	6.08	IX	Скопје (Скупи)
527	-	-	6.08	IX	Пештани-Охрид-Струга
896	09	04	6.08	IX	Пехчево-Кресна
1037	-	-	6.10	IX	Македонија
1456	06	16	6.08	IX	Призрен
1555	-	-	6.08	IX	Скопје
1641	-	-	5.64	IX	Ќустендил
1896	02	11	6.34	IX	Корча



По формирањето на погуста мрежа на сеизмолошки станици низ Европа после 1900 година, односно со започнувањето на инструменталната регистрација на земјотресите е отпочнат период на значаен напредок во полето на сеизмологијата. Земјотресите започнуваат на систематски начин да се регистрираат и каталогизираат, по однос на дефинирани магнитудни и интензитетни скали, со релативно прецизно дефинирање на земјотресните параметри. Во периодот после 1900 година на територијата на Македонија и во нејзината непосредна околина се имаат случено вкупно 11 земјотреси со деструктивен карактер. Жариштата на најголемиот број на овие земјотреси се лоцирани на наложени раседи и раседи со ориентација И-З до СИ-ЈЗ (Табела 2).

Табела 2. Значајни земјотреси во инструменталниот период (после 1900 г.) со деструктивен карактер
Table 2. *Significant recent earthquakes (after 1900) with a destructive character*

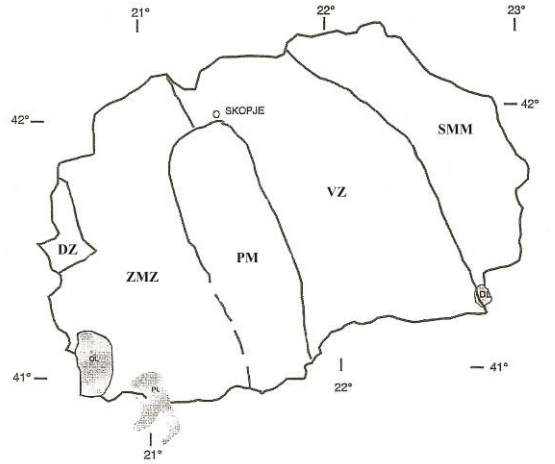
Година	Месец	Ден	M_W	I_0	Епицентрално подрачје
1904	04	04	6.68	IX	Пехчево-Кресна
1904	04	04	7.41	X	Пехчево-Кресна
1905	10	08	6.13	VIII	Пехчево
1906	09	28	6.04	VIII	Јужен дел на Ох. езеро
1911	02	18	6.68	IX	Јужен дел на Ох. езеро
1912	02	13	6.04	VIII	Јужен дел на Ох. езеро
1921	08	10	6.13	IX	Урошевац-Витина
1931	03	07	6.04	VIII	Валандово
1931	03	08	6.68	X	Валандово
1942	08	27	6.04	IX	Пешкопеја (Албанија)
1960	05	26	6.40	IX-X	Корча
1963	07	26	6.13	IX	Скопје
1967	11	30	6.49	IX	Дебар



2. ОСНОВНИ ТЕКТОНСКИ И НЕОТЕКТОНСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ

2.1. Главни структурни елементи

Во долгата геолошка историја, како резултат на полифазни тектонски, седиментациони и магматско-метаморфни процеси на просторот на денешната територија на Македонија и поширокиот балкански регион се оформиле 5 геотектонски единици: Српско-македонски масив, Пелагонски масив и Вардарска, Западномакедонска и Дебарска зона (Слика 1).



Слика 1. Геотектонски единици во Македонија SMM – Српско-македонски масив, VZ – Вардарска зона, PM – Пелагонски масив, ZMZ – Западно-македонска зона, DZ – Дебарска (Цукали-Краста) зона.

Fig. 1 *Geotectonic units in Maceodnia SMM – Serbo-Macedonian massif, VZ – Vardar zone, PM – Pelagonian masif, ZMZ – West-Macedonian zone, DZ – Debar (Cukali-Krasta) zone.*

Српско-македонскиот и Пелагонскиот масив претставуваат централни масиви изградени од протерозоиски високометаморфни комплекси со рабни ореоли од рифеј-камбриски ниско метаморфни шкрилци и метабазити. Јадрата на двата масива се претставени со гнајасно-микашистни и амфиболитски карпи и гранитоиди или метагранитоиди. Во Пелагонскиот масив преку гнајсно-микашистниот комплекс лежи мешана серија од гнајсеви, микашисти и циполини, а најгоре е развиена дебела маса од протерозоиски мермери. Во метаморфниот комплекс полифазно се интрудирани гренвилски гранитоиди. Во Српско-македонскиот масив преку протерозоиското јадро трансгресивно лежи комплексот на рифеј-камбриски шкрилци и метабазити. Во Пелагонскиот масив се сочувани примарните протерозоиски анти и синформни наборни структури, додека кристалестата маса на Српско-македонскиот масив е силно пренабирана и преработена со подоцнежните орогени фази, особено со херцинската фаза и орогените гранитоиди, како и со помладите алписки фази.

Вардарската зона сместена меѓу Српско-македонскиот масив на исток и Пелагонскиот масив на запад била формирана како палеоидна геотектонска единица во стар палеозоик, меѓутоа за време на јура истата била претворена во рифтова структура со развој на океански тип на земјина кора. Денес ова геотектонска единица се смета за тектонски најактивна структура во пред неотектонскиот период, односно рифтова структура на тектонски меланж, на лушпење и навлекување. На нејзиниот простор се сочувани тектонски блокови од протерозоиска старост, комплекси од рифеј-камбриска, од палеозоиска, од тријаска, од јурска, од горно кредна и горно еоценска и олигоценска старост, преку кои се развиени неотектонски грабени од средно и горно миоценска, од плиоценска и квартерна старост.

Западно-македонската зона е тектонски елемент од Динаридите, сместена меѓу Пелагонскиот масив на исток и Мердита и Дебарската зона на запад. Основната маса на зоната е изградена од камбриско-ордовициски ниско метаморфен комплекс на разновидни шкрилци и метабазити и од силурско-девонски анхиметаморфен комплекс од метапесочници и аргилошисти набрани во благи синклинални и антиклинални набори, пробиени со херцински гранитоиди. Значително помалку се распространети трансгресивни тријаски теригено-карбонатни седименти и јурски теригено-карбонатни седименти и базалтно-габроидни и ултрабазични карпи.

Дебарската зона (Цукали-Краста зона во Албанија) како тектонски елемент е создадена со ларамиската тектонска фаза во палеоцен. Во нејзината градба учествуваат горно кредни теригени и варовнички седименти и дијапир на анхидрит-гипсени маси распространети на планината Дешат и Стогово, преку кои се навлечени јурски седименти, и најгоре лежат реликти од трансгресивни горно еоценски теригени седименти.

За време на постарите тектонски фази од алписката етапа, особено за време на младокимериската и ларамиската фаза, сите наведени геотектонски единици биле изложувани на И-З компресија. Слично било и за време на пиринејската и последната савска (дунавска) компресија, кои се одвивале на крајот од олигоцен и почеток на миоцен. Компресиите од сите овие фази биле со правец СИ-ЈЗ до И-З. Контактите меѓу единиците и внатрешноста на единиците биле тектонски мошне активни. Тоа се одвивало со интензивно набирање, реверсно раседнување, лушпење и навлекување од исток кон запад, како и со тектонско втискување на тектонски ултрабазити или појава магматизам на контактите. Како резултат на тоа сите единици со регионални и помали димензии и раседните структури имаат генерална ориентација од динарски СЗ-ЈИ правец.

2.2. Неотектонска етапа на развој

Со крајот на дунавската компресија завршил палеотектонскиот развој на терените на Балканскиот регион и настапила пенепленизација која траела се до крајот на долен миоцен, кога почнала неотектонската етапа на развој.

Првите неотектонски истражувања за целата територија на Македонија се извршени од страна на Арсовски и Петковски (1975) кои ја изработиле и првата неотектонска карта на Македонија заедно со соодветен толкувач. Подоцна неотектонски исражувања се вршени и од Јанчевски (1987). Наменски неотектонски и сеизмотектонски истражувања за територијата на Македонија во рамките на Балканскиот регион се вршени и преку реализирани регионални проекти од страна на Институтот за земјотресно инженерство и инженерска сеизмологија (ИЗИИС) од Скопје. Последните истражувања во полето на неотектониката се публикувани од Думурџанов и соработници (2004, 2005) каде се презентираат податоци за неотектонската градба за територијата на Македонија.

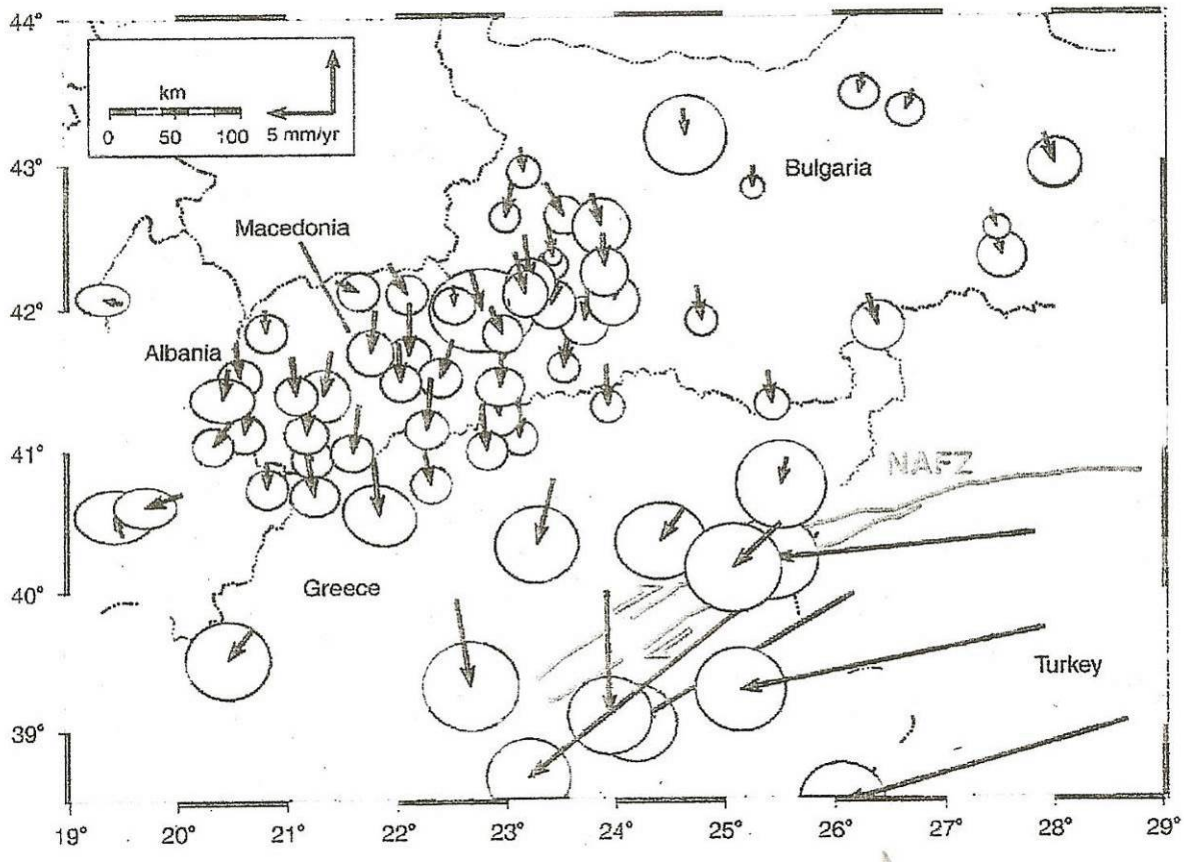
Според резултатите на истражувањата на погоре наведените истражувачи, неотектонскиот развој на терените на Македонија и централниот Балкан започнал на крајот од долен миоцен кога регионот бил зафатен со режим на екстензија. Овие екстензиони процеси биле поврзани со интензивирањето на тонењето на Средоземното Море и формирањето на Паратетиското Море во северниот дел од Балканскиот Полуостров со правец на протегање И-З.

За разлика од преднеотектонската фаза на развој, во неотектонската етапа се менуваат геодинамичките услови во балканскиот регион, а со тоа и на терените во Македонија. Имено, во западните делови од Динаридите (кај нас најзападниот дел од Западномакедонската зона) продолжила компресијата од запад кон исток под влијание на субдукцјата на Апулиската (Јадранската) плоча под Динаридите (Carminati и соработници, 2004), но во другиот дел од Балканот, а особено во централниот Балкан, сместен меѓу Паратетис и Средоземното Море, се појавила силна екстензија во правец С-Ј, односно напрегање напречно на генералната ориентација на геотектонските единици.

Територијата на Македонија и блиските простори на Бугарија и Грција и денес се наоѓаат во режим на јужна екстензија. Според Burchfiel и соработници (2006), резултатите од GPS мерењата во Македонија (Слика 2) покажуваат дека целата територија се движи кон Ј-ЈИ со брзина од 2 до 4 mm годишно. Таквата ориентација на екстензијата и брзината на движење претставуваат потенцијал за акумулирање на енергија и активирање на постари или формирање на нови наложени И-З до СИ-ЈЗ гравитациони раседи кои можат да бидат жаришта на силни земјотреси.

Во ново настанатите геодинамички услови, терените на Балканскиот Полуостров сместени меѓу овие две морски депресии,

како последица на екстензијата, биле зафатени со вертикални диференцијални движења. Формираните гравитациони раседи од регионален и локален карактер, предизвикале сегментација на терените на блокови на издигање и блокови на тонење. Имено, вдолж некои од раседите терените се издигале и се формирале хорстови, а вдолж истите раседи или други нормални раседи терените тонеле и се создавале грабени, кои постепено преминувале во слатководни езера.



Слика 2. GPS резултати за Македонија и нивното значење за јужно-балканскиот екстензионен режим (според Burchfiel и соработници, 2006)

Fig. 2 *GPS results for Macedonia and their importance for the South-Balkan extensional regime (according Burchfiel et al. 2006)*

Од тектонски аспект е многу значајно да се истакне, дека формираните неотектонски регионални раседи, хорстовите и грабените, со нивната локација не се поврзани исклучиво за просторот на постојните геотектонски единици, туку во ново настанатите геодинамички услови тие најчесто се јавуваат како наложени структури, образувани преку две и повеќе геотектонски единици, или на нивните граници, а исто така, и во самите единици.

Неотектонските раседи се јавуваат често како ново формирани руптури вдолж стари раседи, но поради режимот на екстензија С-Ј многу често тие се формираат како наложени раседи со И-З до СИ-ЈЗ ориентација, кои напречно пресекуваат и неколку геотектонски или помали геолошки единици издолжени во динарски правец. Ориентацијата на неотектонските хорстови, грабени и регионални раседи во источна, централна, и во дел од западна Македонија, доминантно е И-З до СИ-ЈЗ, додека во западниот Преспанско-Охридско-Дебарскиот регион истите имаат и С-Ј ориентација.

Неотектонските движења со различен интензитет се одвивале во повеќе фази. Тоа е документирано и со различната старост на грабените, во кои се наталожени дебели маси од слатководни седименти од средно и горно миоценска, од плиоценска и квартерна старост.

На територијата на Македонија, се издвоени 5 фази на засилени тектонски движења, односно циклуси на создавање на нови грабени и проширување на постојните (Думурџанов и соработници, 2004). Тоа се циклусите: баден-почеток на сармат, горен сармат-меот, горен меот-понт (туролиен, пикермиен), плиоцен и плеистоцен. Со овие циклуси се образувани 26 басени од средно миоценска до квартерна старост (Слика 3, Думурџанов и соработници, 2004).

Слика 3. Карта на неотектонските грабени и поважните сеизмички активни раседи во Македонија.

Квартер: 1- алувијални, пролувијални и езерски седименти, 2-глацијални седименти, 3-травертински наслаги; Плиоцен-Квартер: 4-вулканогено-седиментни агломерати, туф, песоци,травертин; Плиоцен: 5-вулкански карпи (кварцлатити, латити, андезити и др.), 6-континентални седименти (чакал, песок, алеврит); Миоцен-Плиоцен: 7-алкални базалти; Миоцен: 8-горно миоценски слатководни седименти, 9-средно миоценски седимент; Олигоцен-миоцен: 10-пирокластични карпи, 11-вулкански карпи (андезити, латити, кварцлатити, дацити и др.); Горен еоцен и олигоцен: 12-флишоидни и флишни седименти; 13-Карпести комплекси постари од еоцен; Структурни симболи: ------ гравитациони (нормални) раседи. (Превземено од Думурџанов и соработници, 2004, дополнето).

Fig. 3 *Map of neotectonic grabens and main active sesimic faults in Macedonia*

Quaternary: 1- alluvial, proluvial and limnic sediments, 2-glacial sediments, 3-travertine deposits; Pliocen-Quarternars: 4-aglomerates, tuff, sandstones, travertine; Pliocene: 5-volcanic rocks (quartz latite, latite etc.), 6-continental sediments (gravel, sand, silt); Miocene-Pliocene: 7-calcalkaline basalt; Miocene: 8-late Miocene freshwater sediments, 9-middle Miocene freshwater sediments; Oligocene-Miocene: 10-piroclastic rocks (breccias, tuff etc.), 11-volcanic rocks (andesite, latite, quartzlatite, dacite etc.); late Eocene-oligocene: 12-flishoide and flish sediments; 13- Pre Eocene complex rocks; Structural symbols: ------ normal faults. (According Dumurdjanov et al. 2004, revised).

3. СЕИЗМОТЕКТОНСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ

3.1. Сеизмотектонски зони

Жариштата на досега случените сеизмички потреси на територијата на Македонија се поврзани за дел од неотектонските раседи, со различна старост, кои се тектонски активни и во последните 10,000 години. Таквите млади движења, кои влегуваат во категоријата на современи тектонски движења, предизвикуваат акумулираната енергија да се ослободи во форма на послаби потреси, но често и со деструктивни земјотреси вдолж наложените раседи, односно раседите со ориентација И-З до СИ-ЈЗ.

За пресметка на сеизмичкиот хазард досега се користени главно постојните геотектонски единици како одделни сеизмотектонски зони, а најчесто е користена поделбата на територијата на Дримска, Вардарска и Струмска сеизмотектонска зона, односно за главен носител на сеизмичноста на Мекедонија се сметала Вардарската зона.

Ваквата класификација е глобална и несоодветна, и не одговара на реалните неотектонски процеси. На пример, земјотресите на епицентралните подрачја на Валандово и Скопје се сместуваат во Вардарската сеизмотектонска зона, иако овие земјотреси немаат никаква геодинамичка поврзаност. Истите се јавуваат на два различни наложени раседи со И-З ориентација, со различна старост, оддалечени меѓусебно околу 135km. Деструктивните земјотреси во Скопското епицентрално подрачје се поврзани со активната раседна зона Ќустендил-Крива Паланка-Куманово-Скопје-Гостивар-Маврово-Дебар-Елбасан-Валона, додека Валандовските земјотреси припаѓаат на Валандовско-Гевгелиска раседна зона. Сличен е примерот и со земјотресите во Дебар и Охридското Езеро, кои се сместувани во Дримската зона, а всушност Дебарскиот земјотрес (1967 и другите) припаѓа на сеизмичката зона Ќустендил-Крива Паланка-Куманово-Скопје-Дебар-Елбасан-Валона, додека земјотресите во Охридско припаѓаат на Охридско-Струшката зона. Локацијата на случените деструктивни земјотреси и воопшто концентрацијата на посилните и послабите земјотреси главно околу одредени раседи и раседни зони, со правец на протегање И-З до СИ-ЈЗ, јасно укажуваат на потребата од веродостојна сеизмотектонска реонизација на територијата на Македонија и ревидирање на претпоставката дека Вардарската зона е главен двигател на современите движења па и земјотресите.

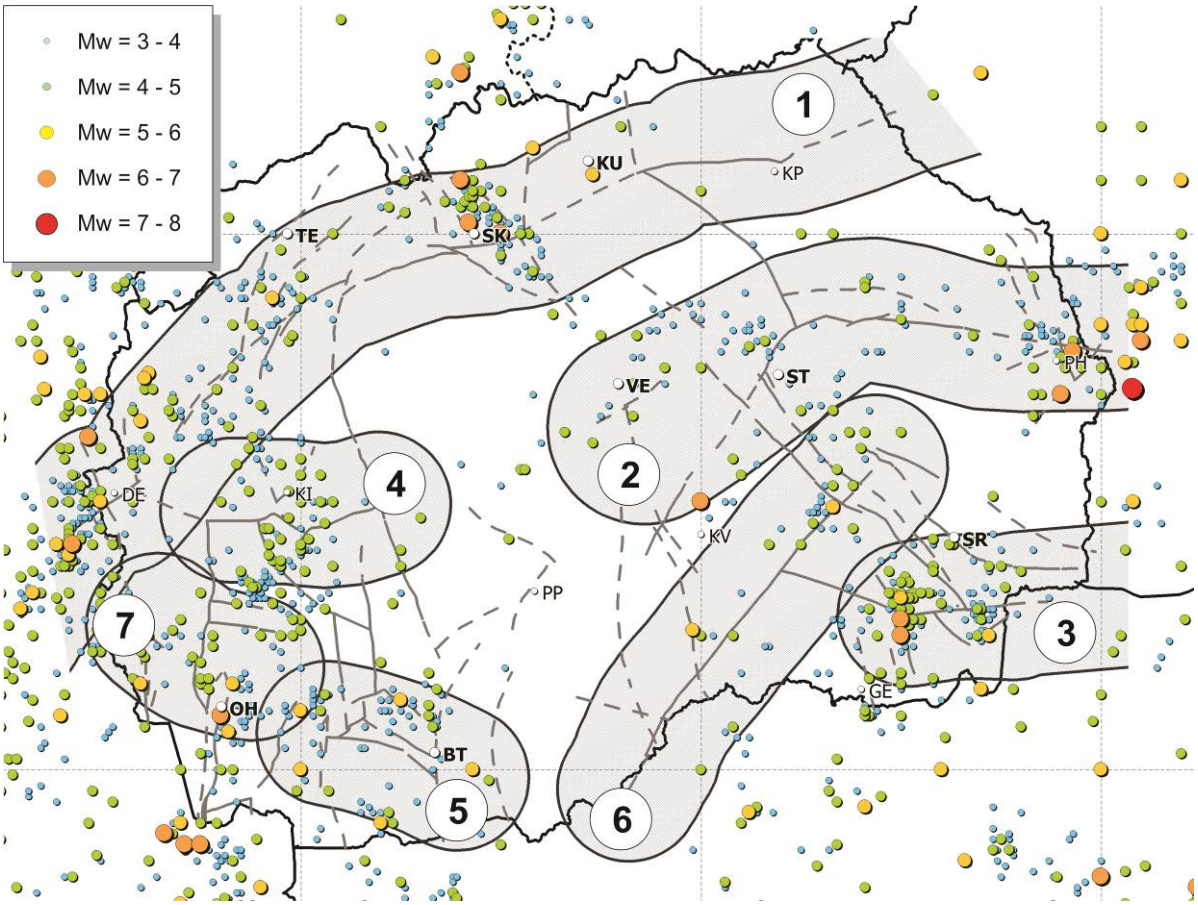
Локацијата на епицентрите на силните и концентрација на послабите земјотреси укажуваат, дека на територијата на Македонија се јавуваат повеќе сеизмички зони во кои се одвива континуирана сеизмичката активност, со потенцијал за деструктивни земјотреси во иднина.

Оттаму, досегашното зонирање го сметаме за несоодветно и предлагаме нова реонзација во која издвојуваме генерално 7 активни сеизмотектонски зони (Слика 4), во кои истовремено се лоцирани деструктивните земјотреси и се претежно концентрирани послабите земјотреси во Македонија. Општа констатација за сеизмотектонските зони е дека, носител на сеизмичноста во зоните во западниот дел од Македонија, т.е. во Кичевската, Битолско-Преспанската и Демирхисарска и Охридско-струшката зона се повеќе раседи со И-З, СИ-ЈЗ и СЗ-ЈИ ориентација, додека во другите четири зони кои припаѓаат на источниот и централниот дел на Македонија деструктивните земјотреси, односно жаришта на сеизмичноста се поместувањата вдолж главните раседи или раседни зони со кулисно распоредени гравитациони раседи, руптури кои имаат регионален карактер.

3.1.1. Сеизмотектонска зона Ќустендил-Крива Паланка-Куманово-Скопје-Гостивар-Маврово-Дебар-Елбасан-Валона-Елбасан

За прв пат, на потегот Ќустендил-Куманово-Скопје е издвоен расед со лево хоризонтално поместување од Арсовски и Петковски (1975) наречен Скопско-Ќустендилски расед. Подоцна, Јанчевски (1987) го издвојува како постар расед реактивиран во неотектонската етапа. Од Думурџанов и соработници (2005) е издвоен како горно миоценска регионална раседна сеизмички активна зона. Всушност

ова структура претставува наложена раседна зона која од исток кон запад напречно ги сече геотектонските единици Српско-Мкедонскиот масив, Вардарската зона, Западно-Македонската зона, Дебарската зона и продолжува кон југозапад кон Елбасан и Валона во Албанија, каде ги сече Цукали-Краста и Мердита зоните. Зоната на наша територија има должина околу 180-200 km. На исток има ИСИ-ЗЈЗ ориентација, потоа од Гостивар кон запад и во Албанија има ЈЗ протегање. На површината не се јавува со јасна континуирана раседна површина, туку вдолж зоната се јавуваат исто ориентирани ешалонски распоредени повеќе гравитациони раседи. Така кај Ќустендил и источно постои јасно изразен расед. Кон Крива Паланка не може со сигурност да се потврди постоењето на раседна структура, но потоа грабенот Славишко Поле од југоисточната страна е ограничен со гравитационен расед маркантно изразен во рељефот. Во продолжение до Куманово повторно се јавува послабо изразен расед.



Слика 4. Сеизмотектонска карта и сеизмички зони во Македонија

--- сеизмички активни раседи; ❍ сеизмолошки податоци: епицентри на случени земјотреси со магнитуда M=3-8; Сеизмотектонски активни зони: (**1**) Ќустендил-Крива Паланка-Куманово-Скопје-Гостивар-Маврово-Дебар-Елбасан-Валона, (**2**) Кресна-Пехчево-Виница-Штип-Стоби-Велес, (**3**) Валандово-Гевгелија, (**4**) Кичево, (**5**) Битола-Преспа-Демир Хисар, (**6**) Ниџе-Мрежичко-Демир Капија-Серта-Радовиш, (**7**) Охрид-Струга.

Fig. 4 *Seismotectonic map and seismic zones in Macedonia*

--- *seismic active faults;* ❍ *seismological data: earthquake epicenters with magnitude M=3-8; Active seismotectonic zones: (**1**) Kjustendil-Kriva Palanka-Kumanovo-Skopje-Gostivar-Mavrovo-Debar-Elbasan-Valona, (**2**) Kresna-Pehchevo-Vinica-Shtip-Stobi-Veles, (**3**) Valandovo-Gevgelija (**4**) Kichevo, (**5**) Bitola-Prespa-Demir Hisar, (**6**) Nidze-Mrezhichko-Demir Kapija-Serta-Radovish (**7**) Ohrid-Struga.*

3.1.2. Сеизмотектонска зона Кресна-Пехчево-Виница-Штип-Стоби

Оваа сеизмотектонска зона е посебно детално проучувана во Бугарија каде сеизмичката активност ја поврзуваат со Крупничкиот расед. Крупничкиот расед е стар 13 Ma и се протега во правец ИСИ-ЗЈЗ со пад кон ЗСЗ под агол од 60° (Meyer, Armijo и Dimitrov, 2001). Истиот се следи на должина од 20 km, маркиран со скарпи високи и до 2m, а има продолжение во Кочанскиот (Виничкиот) расед во Македонија. За земјотресот од 1904 година сметаат дека имал магнитуда M=6.9, додека претходно од Guthenberg и Richter (1954) истата е проценета на M=7.5, додека од Christoskov и Grigorova (1968) M_S=7.8, Ambraseys (2001) Ms=7.2, односно M=6.9 според Meyer и соработници (2002). Според нашиот официјален каталог на земјотреси, овој земјотрес има магнитуда M_W = 7.41 и I_o = X (СО/ПМФ[1]-Скопје, 2016).

Крупничкиот расед на подрачјето на Пехчево не е теренски подетално проучуван и се смета дека нема видлива манифестација во рељефот. Меѓутоа, има многу геолошки индикации, дека истиот има продолжение кон запад, кој маркантно е изразен во рељефот како што е Виничкиот расед, ограничувајки го Кочанскиот средно миоценски грабен од Плачковичкиот хорст. Пехчевско-Виничкиот расед несигурно се издвојува меѓу Пехчево и почетокот на Кочанската депресија на исток, но потоа од Виница на запад тој се манифестира како стрмен гравитационен расед, маркантен во рељефот со ориентација И-З и пад кон С под агол 65°-70°. Во продолжение кон запад, раседот нема континуитет и праволиниска форма и се манифестира прво како раседен отсек со ИСИ-ЗИЗ ориентација, потоа со раседен отсек И-З, за потоа кон Штип повторно да има континуитет и ориентација СИ-ЈЗ се до Лакавичкиот грабен каде истиот се губи. Повторно со слаба изразеност се јавува од Вардар низводно по долината на Црна Река кај Стоби. Возможно е земјотресот од 400 година од н.е. кој го уништил градот Стоби да е поврзан со овој расед. Во зоната влегува и сеизмички активниот расед со ориентација И-З, кој го формирал Велешкиот грабен.

3.1.3. Сеизмотектонска зона Валандово-Гевгелија

Зоната ја сочинуваат два квартерни грабени Валандовскиот и Гевгелискиот и два горно миоценски грабени Дојранскиот и Струмичкиот. Меѓу Струмчкиот и Дојранскиот грабен се издига хорстот Беласица, додека меѓу Дојранскиот, Валандовскиот и Гевгелискиот грабен се издига хорст со триаголна форма. Маркантни и сеизмички активни раседи се Струмичкиот расед со И-З ориентација, кој го ограничува Струмичкиот грабен од хорстот Беласица на југ, потоа Валандовскиот расед со И-З правец, раседот по долината на Вардар кај Смоквица со С-Ј ориентација и раседот со СИ-ЈЗ протегање кој го ограничува Дојранскиот грабен од север и северозапад.

Во зоната сеизмички најактивен дел е подрачјето на Валндово. Имено, јужно од Валандово се јавува тектонска депресија од квартерна старост, исполнета со погруб пролувјално-алувијален и падински материјал со дебелина до околу 70 m. Овој полуграбен со И-З ориентација од јужната страна е остро ограничен со контрастен гравитационен расед со пад 65°-75° кон С, кој се протега од село Марвинци спрема Брајковци-Честово до Башибос. Кон З, кај реката Вардар е пресечен со расед од С-Ј протегање каде се лоцирани епицентрите на двата деструктивни Валандовски земјотреса (СО/ПМФ-Скопје, 2016) случени 1931 година (7 март M_w=6.04 и 8 март M_W=6.68). Кон запад раседот е поместен и продолжува кон ЗСЗ, а кон исток има исто така, продолжение на грчка територија, каде се регистрирани повеќе земјотреси. Вдолж раседот се регистрирани голем број земјотреси со $M_W \geq 3$. Можна причина за уништувањата во историско време откриени на археолошкиот локалитет Марвинци е земјотрес лоциран на овој расед.

Струмичкиот грабен почнал да се формира во горен миоцен вдолж Струмичкиот расед, кој маркантно е изразен во рељефот, издвојувајќи го грабенот од хорстот

[1] СО/ПМФ-Скопје Сеизмолошка опсерваторија, Природно Математички Факултет, Скопје

Беласица. По овој расед поретко се јавуваат земјотреси со послаба магнитуда.
Дојранскиот грабен има кружна форма и почнал да се формира во горен миоцен. Најзначајна сеизмички активна раседна структура е раседот со СИ-ЈЗ правец, кој се протега од Беласица преку Дојран кон Гевгелија.
Гевгелискиот грабен, има асиметрична форма со мала издолженост во правец С-Ј. Исто така, и овој грабен е исполнет со квартерни алувијално-пролувијални, падински и елувијални не сортирани и не стратифицирани наслаги со дебелина од околу 80m. Сеизмичноста овде се манифестира вдолж раседот С-Ј по коритото на реката Вардар.
Во поново време најсилен земјотрес во зоната Валандово-Гевгелија е случен 1990 година со M_W =5.58 и I_o = VIII (СО/ПМФ-Скопје, 2016).

3.1.4. Сеизмотектонска зона Кичево

Оваа зона е претставена со активните раседи на Кичевскиот грабен. Грабенот се формирал во горен сармат-меот, на тектонски јазол од неколку гравитациони раседи. Главни сеизмички активни раседи се раседот, кој се протега по течението на реката Треска со И-З ориентација, потоа раседот со ССЗ-ЈЈИ правец кој го ограничува грабенот од западната страна, додека третиот расед со СИ-ЈЗ протегање од источната страна. Грабенот сеизмички е доста активен, особено во јужниот дел, со земјотреси со магнитуда меѓу 4 и 5, а најсилниот случен земјотрес е со магнитуда M_W=4.85 (СО/ПМФ-Скопје, 2016).

3.1.5. Сеизмотектонска зона Битола-Преспа-Демир Хисар

Сеизмичката активност во Битолско-Преспанската зона е поврзана со современите движења вдолж неколку неотектонски раседи кои го ограничуваат Пелистерскиот хорст, Преспанскиот и Пелагонискиот грабен. Сеизмички најактивен е Пелистерскиот напречен расед кој го ограничува Пелистер од северната страна меѓу Преспанската и Пелагониската котлина. Раседот е со лачна форма и се протега во правец од ЈИ кон СЗ, многу е маркантен и морфолошки изразен со стрмни падини и искривување на речните долини. Северно од него се јавуваат уште два паралелни раседи, со развиени скарпи, исто така сеизмичкли активни. Од сеизмички аспект многу значајни се и Битолскиот неотектонски расед со С-Ј протегање контрастно изразен меѓу Пелагонискиот грабен и Пелистерскиот хорст, како и преспанските раседи кои го ограничуваат Преспанскиот грабен од Пелистерскиот хорст на исток и хорстот Петрина-Галичица на запад, исто така контрастно изразени во рељефот.
Во оваа зона пред 1900 година се случил земјотрес со M_W=5.64 и I_o =VIII во 1870 г., додека по 1900 година значајни се земјотресите во Битола (1920) со M_W=5.22 и I_o =VII, Лерин (1958) со M_W=5.40 и I_o=VII, Преспа (1992) со M_W=5.03 и I_o=VI-VII и Битола-Ресен (1994) со M_W =5.31 и I_o =VII-VIII (СО/ПМФ-Скопје, 2016).

3.1.6. Сеизмотектонска зона Ниџе-Мрежичко-Демир Капија-Серта-Радовиш

На потегот јужна страна на Кајмакчалан-источно од село Мрежичко-мост на Вардар кај Демир Капија-Серта-Радовиш се јавува континуиран, со должина од преку 100km, вертикален расед со СИ-ЈЗ ориентација, маркантен и на сателитските снимки. Истиот создава каскада во коритото на реката Вардар. Во 1985 година по раседот се случи земјотресот кај Демир Капија со M_W = 5.40 (СО/ПМФ-Скопје, 2016). Најверојатно и земјотресот од 1910 година кај селото Мрежичко (Кавадаречко) со M_W=5.58 и I_o=VIII (СО/ПМФ-Скопје, 2016) бил поврзан со активноста на овој расед.

3.1.7. Сеизмотектонска зона Охрид-Струга

Зоната е претставена со Охридскиот грабен, ограничен со стрмни гравитациони раседи, маркантно изразени во рељефот со С-Ј протегање спрема хорстот Петрина-Галичица на исток и Мокра Гора-Јабланица на запад. Силна сеизмичка активност е регистрирана во јужниот дел од зоната, и тоа: во 1906 со M_W=6.04 и I_o=VIII (Охридско езеро), во 1911 со M_W=6.68 и I_o=IX и во 1912 со M_W=6.04 и I_o=VIII (Охридско Езеро) (СО/ПМФ-Скопје, 2016).

Според историските записи и во 527 година се случил земјотрес M_W=6.08 и I_o=IX (Охридско Езеро) (СО/ПМФ-Скопје, 2016).

Земјотресите со повисока магнитуда се поврзани со раседи од ЗСЗ-ИЈИ до И-З ориентација.

4. СЕИЗМИЧКИ ХАЗАРД ЗА МЕКЕДОНИЈА

4.1. Дефиниција

Сеизмичкиот хазард го опфаќа секој физички феномен поврзан со земјотресите (движење на тло, раседување, ликвифакција и сл.) кој има потенцијал да предизвика штета/и на почвата, создадените вредности и/или социо-економските системи (Милутиновиќ, 2001; Kijko, 2011). Во најскратена дефиниција сеизмичкиот хазард е потенцијал на земјотресот да предизвика штета и/или загуба (Милутиновиќ, 2001; Robin, 2004).

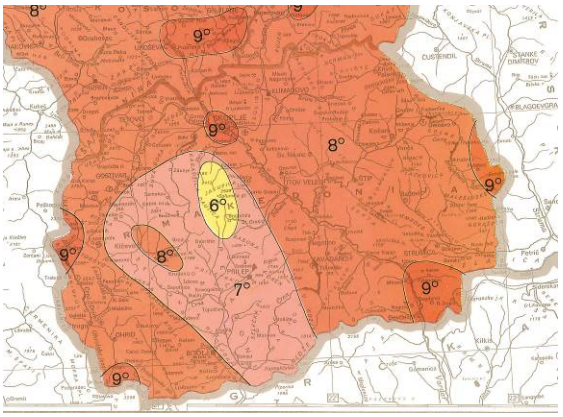
За квантитавно одредување на сеизмичкиот хазард развиени се повеќе нумерички методи со различно дефинирани пристапи и предпоставки. Изборот на методата е примарно условен од карактеристиките на расположивите податоци за сеизмичноста на локацијата/регионот.

4.2. Краток историјат

Процесот на дефинирање на сеизмичкиот хазард за територијата на Македонија датира од средината на минатиот век и еволуира заедно со мапите на сеизмичко зонирање преку имплементацијата и развојот на прописите за проектирање, но и преку бројните национални и интернационални научно-истражувачки проекти.

Скопскиот земјотрес од 1963 година покажал неконзистентности и слабости во одредени сегменти на прописите од 1948 година што било главна причина за донесувањето на ПТП-ГвСП64. Долго време по неговото донесување, се до 1990 година, составен дел на ПТП-ГвСП64, а покасно и на ПИОВС81 правилниците била Сеизмолошката карта на Југославија (Mihailović, 1950) издадена од Сеизмолошкиот завод на СФРЈ во 1950 година. За територијата на Македонија во 1979 година е озваничена картата на сеизмичко реонирање (Хаџиевски и Пекевски, 1976; Службен весник на СРМ бр. 2/79). Иако примената на истата била задолжителна за проектирање и градењето на инвестициони објекти и објекти на граѓани на територијата на Македонија (Службен весник на СРМ бр. 2/79), истата не нашла поширока примена во проектантската пракса.

Последните прописи од 1981 година, ПИОВС81, до 1982 година година се поврзани со картата на Mihajlović од 1950 година, во периодот 1982-1990 со Привремената сеизмолошка карта на СФРЈ (Сл. Лист на СФРЈ бр. 48/1982), а од 1990 година со сетот од карти за максимални очекувани интензитети со повратен период (ПП) од 50, 100, 200, 500, 1,000 и 10,000 (ПП50, ... ПП10,000) години со 63% веројатност од не-надминување (случување) од кои за проектирање на објекти од високоградбата класифицирани во II и III категорија се користи ПП500 картата (Сл. Лист на СФРЈ бр. 52/90).



Слика 5. Важечка ПП500 карта на сеизмичко зонирање за Македонија

Fig. 5 *Current RP500 seismic zoning map of Macedonia*

Македонија во моментов интензивно работи на адаптација и усвојување на Европските прописи. МКС EN 1998-1:2004 Еврокод 8 со кој е дефиниран форматот и процедурата за определување на проектните сеизмичките дејства врз градбите. Со Националниот анекс (НА) кон МКС EN 1998-1:2004 Еврокод 8 (НА-МКС EN 1998-1:2004) се дефинира нивото на национално прифатливиот степен на сеизмички ризик. Во овој контекст, а според

барањата на МКС EN 1998-1:2004 Еврокод 8 а во склоп на НА-МКС EN 1998-1:2004 завршени се референтните карти (Милутиновиќ и соработници, 2016) за:

- T_{DLR}=95 години со P_{DLR}=10% веројатност од надминување, каде индексот DLR означува критериум/ /барање за ограничување на оштетување, или *Damage Limitation Requirement*) на градбите, и
- T_{NCR}=475 години со P_{NCR}=10% веројатност од надминување, каде индексот NCR означува критериум/ /барање за ограничување на колапсот (уривање/деструкција, или *No-Collapse Requirement*) на градбата.

4.3. НА-МКС EN 1998-1:2004 Сеизмички хазард на Македонија - претпоставки, метод, податоци, резултати

Сеизмичкиот хазард за територијата на Македонија, анализиран за потребите на НА-МКС EN 1998-1:2004, е базиран врз интегрална мулти-дисциплинарна холистичка анализа на расположивиот фонд на податоци и резултати од сите претходни геолошки, тектонски, неотектонски и сеизмолошки истражувања, регионални истражувања на сеизмичкиот хазард, национални и регионални податоци од силните земјотреси и GPS мерења, а врз основа на квалитативно нов пристап во моделирањето на просторната дистрибуција на сеизмичноста.

Анализите на сеизмичкиот хазард се извршени со користење на веројатносниот пристап (PSHA) кој ги интегрира ефектите од сите можни сеизмички извори кои имаат влијание на локацијата од интерес преку пресметување на комбинирана веројатност од нивно надминување (Esteva, 1967; Cornell, 1968, SSHAC, 1997).

Изборот на методолошкиот пристап и претпоставките, заедно со користење на алтернативни модели на зонирана и порамнета сеизмичност, резултираше со:

- надминување на субјективизмот експлицитно вграден во моделите на зонирана сеизмичност;
- инкорпорирање на најновите сознанија за акумулација и кинематиката на деформациите на земјината кора и активната тектоника во регионот на Јужен Балкан добиени со GPS мерења (Думурџанов 2004, 2005; Burchfiel, 2006; Kotzev, 2008);
- инкорпорирање на алеаторната и епистематската несигурност во анализите на сеизмичкиот хазард; и,
- надминување на некомплементарноста на постојните методи и техники за оцена на сеизмичкиот хазард, во основа компатибилни со ПИОВС81 барањата, да генерираат продукти потребни за имплементација на МКС EN 1998-1:2004: Еврокод 8.

Моделирањето и евалуацијата на сеизмичкиот хазард на Македонија (Милутиновиќ и соработници, 2016) се базирани врз сеопфатните истражувања на Шаликќ (Шаликќ, 2015) и каталогот на земјотреси на Р. Македонија (СО/ПМФ-Скопје, 2016) рекомпилиран во географските граници Lon: 19.30-24.20 и Lat: 39.80-43.30.

Утврено е дека националните, меѓутоа и од регионот на Јужен Балкан, вкупно 672 тро-компонентални записи, на силни земјотреси (аналогни и дигитални) се недоволни (по број, епицентрални/хипоцентрални и други растојанија и магнитуди на случените земјотреси) за дефинирање на веродостојни модели на атенуација на земјотресните движења, односно GMPE (Ground Motion Prediction Models = Модели за Предскажување на Земјотресните Движења /МПЗД/).

Проблемот е надминат со селекција на четири МПЗД модели развиени во склоп на проектите NGA-WEST 2 и RESOURCE и нивната верификација со националните/Јужен Балкан податоци. Шаликќ (Salic и соработници, 2016) докажаа дека најкомпатибилни се следните 4 модела: BSSA14 (Boore et al, 2014), CY14 (Chiou and Youngs, 2014), Aetal14 (Akkar et al., 2014) и Betal14 (Bindi et al., 2014) и истите, со аналитички пресметани и статистички поткрепени тежински фактори (Salic и соработници, 2016) се применети во анализите на сеизмичкиот хазард на Македонија.

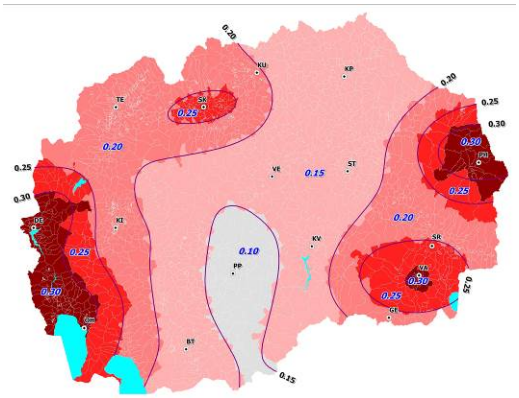
Сеизмичкиот хазард на Македонија е моделиран со два концептуално различни модела на сеизмичност:

- Модел на порамнета сеизмичност (Kijko и Smit, 2012), и

- Модел на зонирана сеизмичност, Шалиќ и Милутиновиќ (Шалиќ, 2015), Милутиновиќ и Шалиќ (Милутиновиќ и соработници, 2016) формулиран во географските граници Lon: 19.30-24.20 и Lat: 39.80-43.30 (Македонија со појас од 100-150 km од границите) во кој, делот кој се однесува на сеизмичноста на територијата на Македонија е базиран врз моделот прикажан на Слика 3.

Магнитудно-фреквентните релации на моделот на зонирана сеизмичност Милутиновиќ (Милутиновиќ и соработници, 2016) моделирани се со модифицираната, двострано ограничена, Гутенберг-Рихтер релација. За секоја зона поодделно, регресионите коефициенти се определени по методата на најголема веројатност, *maximum likelihood*, (Weichert, 1980).

ПП95 и ПП475 сеизмичкиот хазард на Македонија со 10% на веројатност од надминување, соодветно на барањата на МКС EN 1998-1:2004: Еврокод 8) се определен со логичко стебло комбинации *(logic tree combination)*. Агрегација на придонесите на усвоените МПЗД модели (28 анализи вкупно) е извршена со Шалиќ (Salic и соработници, 2016) тежинските фактори.



Слика 6. Прелиминарна ПП475 карта на сеизмичко зонирање на Македонија, Почвени услови тип А, *Vs ≥ 800 m/s* (Милутиновиќ и соработници, 2016)

Fig. 6. *Peliminary RP475 seismic zoning map of Macedonia, Groung type A, Vs ≥ 800 m/s (Milutinovic et al., 2016)*

Прелиминарната карта на сеизмичко зонирање на Македонија за повратен период од 475 години (50 години со 10% на веројатност од надминување) базирана врз логичко стебло агрегацијата на ПП475 анализите на сеизмичкиот хазард на Македонија е прикажана на Слика 6.

5. ЗАКЛУЧОЦИ

Сеизмичката активност во Македонија е поврзана со современите тектонски поместувања вдолж нормалните раседи формирани со неотектонските вертикални диференцијални движења со кои централниот дел на балканскиот регион бил зафатен од крајот на долен миоцен.

Движењата по некои од раседите се манифестираат и денес, како современи тектонски поместувања, особено вдолж наложените раседи со ориентација И-З до СИ-ЈЗ.

Во историско време, сеизмичката активност со деструктивен карактер се манифестирала во неколку сеизмотектонски зони со предоминантна И-З до СИ-ЈЗ ориентација.

Територијата на Македонија и блиските простори на Бугарија и Грција и денес се наоѓаат во режим на јужна екстензија (Думурџанов 2004, 2005; Burchfiel, 2006; Kotzev, 2008). Резултатите од GPS мерењата (Слика 2) покажуваат дека целата територија на Македонија се движи кон Ј-ЈИ со брзина од 2 до 4 mm годишно. Ориентација на екстензијата и брзината на движење претставуваат потенцијал за акумулирање на енергија и активирање на постари или формирање на нови наложени И-З до СИ-ЈЗ гравитациони раседи кои можат да бидат жаришта на идни силни земјотреси.

Врз основа на ригорозна анализа, корелација и синтеза на постојните тектонски, неотектонски и сеизмолошки податоци и резултатите од GPS мерењата (3 епохи), извршена е концептуална редефиниција на моделот на сеизмичноста на територијата на Македонија. Досегашната парадигма дека примарниот носител на сеизмичноста е Вардарската зона е заменета со парадигмата, поткрепена со мерењата на современите кинематички процеси во регионот на Јужен Балкан (Думурџанов 2004, 2005; Burchfiel, 2006; Kotzev, 2008), дека примарниот носител на сеизмичноста на Македонија е наложената трансверзална раседна

тектоника со предоминантна ориентација во правецот И-З.

Аналогно, редефиниран е сеизмо-тектонскиот и математичкиот модел на сеизмичкиот хазард на Македонија, Шалиќ (Шалиќ, 2015), Милутиновиќ (Милутиновиќ и соработници, 2016), Слика 4.

Резултатите на анализите на сеизмичкиот хазард на Македонија се сублимирани во ПП95 и ПП475 (прикажана на Слика 6) карти на сеизмичкото зонирање на Македонија изработени за потребите на НА-МКС EN 1998-1:2004: Еврокод 8 (Почвени услови Тип А, Vs ≥ 800 m/s).

Генералното совпаѓање помеѓу важечката (Слика 5) и предложената (Слика 6) карта на сеизмичкпо зонирање на Македонија е релативно добро, посебно во зоните на влијание на сеизмичките жаришта Скопје, Валандово и Пехчево-Кресна, но и во централна Македонија. Иако навидум постојат значителни разлики во Западна Македонија, истите се делумно резултат на:

- усвоениот сеизмотектонски и математички модел на сеизмичноста на Македонија;
- мапирањето на два физички различни параметри – сеизмички интензитет, со резолуција од 1 степен по MSK-64 скалата на сеизмички интензитет (Слика 5) и забрзување, со резолуција од 0.05% g, g=9.81 m/s (Слика 6); како и
- фактот дека важечка ПП500 карта на сеизмичко зонирање за Македонија (Слика 5) се однесува за средни почвени услови, додека ПП475 картата на сеизмичко зонирање на Македонија (Слика 6), изработена за потребите на НА-МКС EN 1998-1:2004: Еврокод 8 се однесува за почвени услови Тип А (цврсто тло) со Vs ≥ 800 m/s.

ЛИТЕРАТУРА

1. Akkar, S., M. A. Sandikkaya and J. J. Bommer (2014). Empirical ground-motion models for point- and extended-source crustal earthquake scenarios in Europe and the Middle East, B. Earthq Eng 12, 359-387.
2. Ambraseys, N.N (2001). The Kresna Earthquake of 1904 in Bulgaria, Anali di Geofisica, Vol. 44, No. 1, February 2001.
3. Bindi, D., M. Massa, L. Luzi, G. Ameri, F. Pacor, R. Puglia, and P. Augliera (2014a). Pan-European ground-motion prediction equations for the average horizontal component of PGA, PGV, and 5%-damped PSA at spectral periods up to 3.0s using the RESORCE dataset. Bulletin of Earthquake Engineering, 12(1): 391–430, 2014a. doi: 10.1007/s10518-_013-_9525-_5.
4. Boore, D. M., J. P. Stewart, E. Seyhan, and G. M. Atkinson (2014). NGA-West 2 equations for predicting PGA, PGV, and 5%-damped PSA for shallow crustal earthquakes. Earthquake Spectra, 30(3):1057–1085. doi: 10.1193/070113EQS184M.
5. Burchfiel, B. C., A. Todosov, R. W. King, V. Kotzev, N. Dumurdanov, T. Serafimovski, B. Nurce (2006). GPS results for Macedonia and its importance for the tectonics of the southern Balkan Extensional regime: Tectonophysics 413, 239–248.
6. Carminati E., C. Doglioni, A. Argniani, G. Carrara, Ch. Dabovski, N. Dumurdzanov, M. Gaetani, G. Georgiev, A. Maufret, Sh. Nazai, R.Sarfori, V. Scionti, D. Scrocca, M. Seranne, L. Toreli, I. Zagorchev (2004). The TRANSMED ATLAS. The Mediterranea Region from Crust to Mantle. TRANSMED TRANSECT III: Massif Central-Provence-Gulf of Lion-Provencal Basin-Sardinia-Tzrrhenian Basin-Southern Apennines-Apulia-Adriatic Sea-Albanian Dinarides-Balkans-Moesinian Platform. A publication of Mediteranian consortium for the 32 nd International Geological-Congress. Firenca, Italia, 2004.
7. Chiou, B. S.-J. and R. R. Youngs (2014). Update of the Chiou and Youngs NGA model for the average horizontal component of peak ground motion and response spectra. Earthquake Spectra, 30(3):1117–1153, Aug 2014. doi: 10.1193/072813EQS219M.
8. Christoskov L., E. Grigorova (1968). Energetic and space-time characteristics of the destructive earthljuakes in Bulgaria after 1900. Bull. Inst. Geoph. Sofia. DZII,79-107.
9. Cornell, A.C. (1968). Engineering Seismic Risk Analysis, Bulletin of Seismological Society of America, Vol. 58, No. 5, pp. 1583-1606.
10. Dumurdzanov, N., T. Serafimovski & B. C. Burchfiel (2004). Evolution of the Neogene-Pleistocene basins of Macedonia: Geological Society of America Digital Map and Chart Series 1 (accompanying notes), 20 pp.
11. Dumurdzanov, N., T. Serafimovski & B. C. Burchfiel (2005). Cenozoic tectonics of Macedonia and its relation to the South Balkan extensional regime: Geosphere 2005, 1, 1–22, Doi: 10.1130/GES00006.1.

12. Esteva, L. (1967). Criterios para la construcción de espectros para diseño sísmico. Proceedings of XII Jornadas Sudamericanas de Ingeniería Estructural y III Simposio Panamericano de Estructuras, Caracas, 1967. Published later in Boletín del Instituto de Materiales y Modelos Estructurales, Universidad Central de Venezuela, No. 19.
13. Gutenberg, B., F. C. Richter (1954). Seismicity of the Earth and Associated Phenomena, 2nd, Princeton Universitz Press. Princeton, NJ.
14. Kijko, A. & A. Smit (2012). Extension of the b-value Estimator for Incomplete Catalogs. Bull. Seism. Soc. Am, Vol. 102, No 3, pp. 1283–1287. doi: 10.1785/0120110226.
15. Kijko, A. (2011). Introduction to Seismic Hazard Analysis, Encyclopedia of Solid Earth Geophysics, Springer, 2011.
16. Kotzev, B., R.W. King, B. C. Burchfiel, A. Todosov, B. Nurce and R. Nakov (2008). Crustal Motion and Strain Accumulation in the South Balkan Region Inferred from GPS Measurements. Bo E.S. Husebye (ed.), Earthquake Monitoring and Seismic Hazard Mitigation in Balkan Countries. Springer Science + Business Media B.V. 2008.
17. Meyer, B., R. Armijo, D. Dimitrov (2002). Active faulting in SNJ Bulgaria: possible surface rupture of the 1904 Struma earthljuakes. Geophzsics J. Int. (2002), 148, 246-255.
18. Mihailovic, J. (1950). Seizmološka karta Yugoslavije (Seismologic Map of Yugoslavia), Radovi seizmoloskog zavoda FNRJ u Beogradu, 110 pp., 1950.
19. Robin, M. (2004). Seismic Hazard and Risk Analysis, Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, CA, USA.
20. Salic, R., M. A. Sandıkkaya, Z. Milutinovic, Z. Gulerce, Ll. Duni, V. Kovacevic, S. Markusic, J. Mihaljevic, N. Kuka, N. Kaludjerovic, N. Kotur, S. Krmpotic, K. Kuk, D. Stanko (2016). BSHAP Project Strong Ground Motion Database and Selection of Suitable Ground Motion Models for the Western Balkan Region, Bulletin of Earthquake Engineering, DOI: 10.1007/s10518-016-9950-z
21. SSHAC (Senior Seismic Hazard Analysis Committee) (1997). Recommendations for Probabilistic Seismic Hazard Analysis: Guidance on Uncertainty and Use of Experts, U.S. Nuclear Regulatory Commission, U.S. Dept. of Energy, Electric Power Research Institute; NUREG/CR-6372, UCRL-ID-122160, Vol. 1-2. Also a review of the document by National Academy Press, Washington, DC, 73 pp.
22. Weichert, D.H. (1980). Estimation of the earthquake recurrence parameters for unequal observation periods for different magnitudes, Bull. Seism. Soc. Am. 70, 1337-1346.
23. Арсовски, М. и Р. Петковски (1975). Неотектоника на СР Македонија, Публикација број 49, ИЗИИС, Скопје.
24. Јанчевски, Ј. (1987). Класификација на раседните структури по генеза, старост и морфологија со осврт на нивната сеизмичност на територијата на Македонија, Докторска дисертација. Рударско-геолошки факултет, Штип.
25. Милутиновиќ, З., Р. Шалиќ, Д. Томиќ (2016). Сеизмички хазард и сеизмичко зонирање на Република Македонија, Институт за земјотресно инженерство и инженерска сеизмологија, Универзитет Св. Кирил и Методиј во Скопје, Извештај ИЗИИС 2016-18, Март 2016.
26. ПИОВС81 - Правилник за техничките нормативи за изградба на објекти на високоградба во сеизмички подрачја. Сл. Лист СФРЈ бр. 31/81 (вклучувајки ги и измените и дополненията 49/82, 29/83, 21/88 и 52/90).
27. Правилник за измени и дополненија на правилникот за техничките нормативи за изградба на објекти на високоградба во сеизмички подрачја (Сл. Лист СФРЈ бр. 52/90).
28. ПТП ГвСП64 – Правилник за технички прописи за градење во сеизмички подрачја (Службен лист на СФРЈ бр. 39/6).
29. СО/ПМФ-Скопје: Чејковска, В., Л. Пекевски, К. Дрогеска, Ј. Најдовска (2016). Извештај по проектот на Институтот за стандардизација на Република Македонија со наслов Национални анекси за Еврокодовите, Природно математички факултет, Сеизмолошка обсерваторија, Универзитет Св. Кирил и Методиј во Скопје, февруари 2016.
30. Шалиќ, Р. (2015). Современ пристап за определување на сеизмичкиот хазард во Република Македонија. Институт за земјотресно инженерство и инженерска сеизмологија (УКИМ-ИЗИИС), Докторска дисертација, Март, 2015.

MAP OF THE MOHO DISCONTINUITY OF THE REPUBLIC OF MACEDONIA

[1]Todor Delipetrov, [1]Krsto Blazev, [1]Blagica Doneva, [1]Risto Popovski

[1]University "Goce Delčev"Štip, Faculty of Natural and Technical Sciences
goran.tasev@ugd.edu.mk; todor.serafimovski@ugd.edu.mk

Abstract
Conducted researches for determination of the depth of moho discontinuity in the Republic of Macedonia dates back a long time and starts with the completion of deep seismic sounding profiles along Tetovo - Kocani and Debar - Delcevo. Using these data in the paper is an analysis of the depth of moho discontinuity depending on the amount of relief, Bouguer's anomaly and speed of neo - tectonic elevation. An discretization is made on the space with network at a distance of 5 km and each point is defined correlation coefficient and depth mojo discontinuity of the presented parameters. Based on the results, a map of moho discontinuity in the Republic of Macedonia was made. Moho discontinuity depth varies from minimum depth near Sveti Nikole about 30 km to a maximum depth of the East to the Bulgarian border and west to Albania 45 to 50 km. The research reveals an interesting pick in the result section of Ohrid - Prespa region for a very small depth of Moho discontinuity but for this point of the research is necessary to perform additional analysis given that in this area is located Ohrid - Prespa aquifer basin with a large quantity of groundwater that have affected these studies. The analysis of the map of Moho discontinuity in the Republic of Macedonia shows that this limit has the smallest depth in the part of the Vardar zone and sinking going east towards the Rhodope mass in Bulgaria and to the West to the Albanian border, also, going to south, the depth shows slight decreasing.

Key words: Moho discontinuity, depth, deep seismic sounding, map

INTRODUCTION

Knowing the deep structure of the earth's crust can be obtained using geophysical methods: seismic, gravimetric, magnetic, geothermal etc. Leading place among them in accuracy and detail are seismic methods, i.e. deep seismic sounding (DSS).
For certain common regularities and also for the increased probability and appropriate realistic interpretation of results, often are used data from complex geophysical surveys. Thus, in defining a more realistic model of the earth's crust, complex researches are use, despite seismic (deep seismic sounding) include an analysis of anomalous gravimetric and magnetic field in the investigated area.
Using various methods, with unequally accuracy, leads to different interpretation. This depends of the density of the observation points and different methodology of research, which gives differences in accuracy. For determination of the thickness of the earth's crust to Moho discontinuity, data from the DSS on the profiles Debar - Delchevo and Tetovo - Kochani were used (fig. 1 and fig. 2).
These profiles show characteristics for the thickness of the earth's crust only in the northern part of Macedonia. Also, the results for the border part are not complete, because the points of observation are rare and there is no double - sided ignition, i.e. there was no ignition from the territory of Albania.

ANALYSES OF THE PROFILES OF DEEP SEISMIC SOUNDING

On the profile Tetovo - Kochani (fig. 1) are defined two borders. Border B at the beginning of the profile and border M (Moho discontinuity). Border B as border of the consolidated crust should be taken with reserve, because of the lack of data. It shows presence of two depressions: Tetovo with the depth of 4 km and Skopje depression with the depth of 2.5 km. Border M has maximal depth of about 45 km in the most western part and toward east the depth decreased and in the area of Ovce Pole is 32 km. In Serbian

- Macedonian mass the earth's crust sinks again, which could be seen on the profile Debar - Delchevo. On the Moho discontinuity were determined many profound faults located near Skopje, St. Nikole and Kochani.

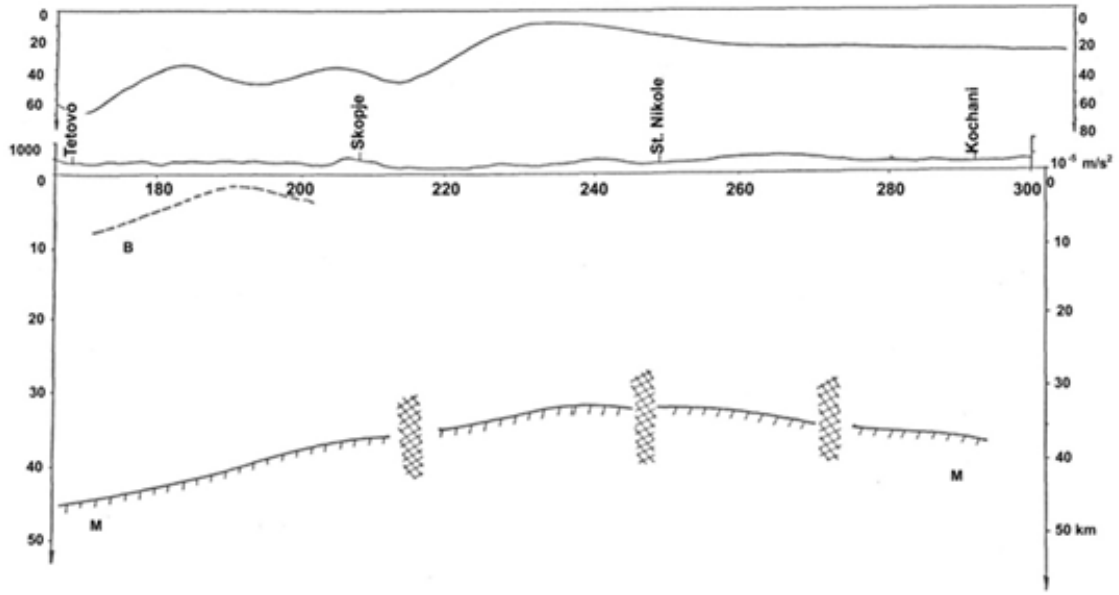


Fig. 1 *Profile of deep seismic sounding, Tetovo - Kochani*

Profile Debar - Delchevo (fig. 2) has direction east - west and cuts all structure zones on the territory of the Republic of Macedonia: Western Macedonian zone, Pelagonian massif, Vardar zone and Serbian - Macedonian mass. Heterogeneous, complex geological composition on this area has an impact on the seismic field which can be seen on the seismograms: diffraction waves, fast changes of the apparent velocities, interruption of the waves correlation, presence of large and negative apparent velocities (characteristic for steep slopes in the crust which determined fault structures) and exchange of the normal wave field with chaotic (characteristic for mosaic block structure with different physical features). In creating the depth profile were used average Vp and limit Vgr velocities estimated in the studying of these profiles. On fig 2 are marked two borders: B and M.

Border B was taken as basis of the granite layer. In other areas presents border with certain velocity in the consolidated part of the rock complex of the earth's crust. Velocities are within 5.3 - 6.6 km/s. This variation of the velocity of the border is because of the complex rock composition and different physical features. Western part of the profile is characterized with Vgr = 6.4 km/s and border B steep fall down toward west on the depth above 6 km. In the part of the Western Macedonian zone border B has syncline shape with depth of dipping to 4 km and it is perturbed with two profound faults and Vgr = 6.6 km/s. In the Pelagonian massif Border B is characterized with velocity Vgr = 6.6 km/s and depth of 2.3 km. The part of Vardar zone, in Ovce Pole, the border has velocity within Vgr = 5.3 - 5.7 km/s and it is the border of the Paleozoic metamorphic complex with depth 2.4 km. on the profile could be seen that Vardar zone is limited with two profound faults. In Serbian - Macedonian mass velocity is Vgr = 6.4 km/s and toward east the border sink to the depth of 4 km. Border M has limit velocity within 8.1 - 8.2 km/s and the depth of diping varies from 32 km near St. Nikole to 45 km toward east.

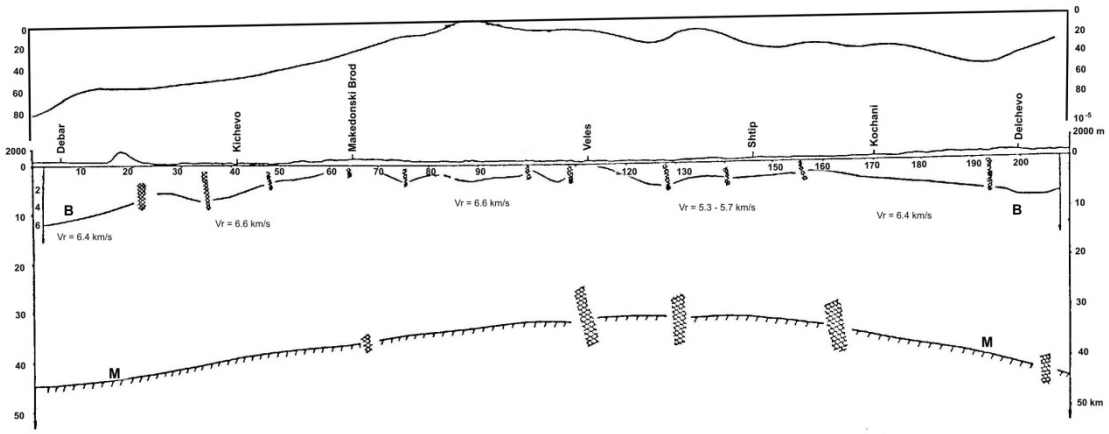


Fig. 2 *Profile of deep seismic sounding, Debar - Delchevo*

From the profile could be seen that the earth's crust is crossed with numerous profound faults which defined the borders of the geotectonic units on the territory of the Republic of Macedonia.

Bouguer's anomaly has smallest values on the western and the eastern part of the profile where the crust is thickest, and maximal values are in the central parts where the crust is thinnest.

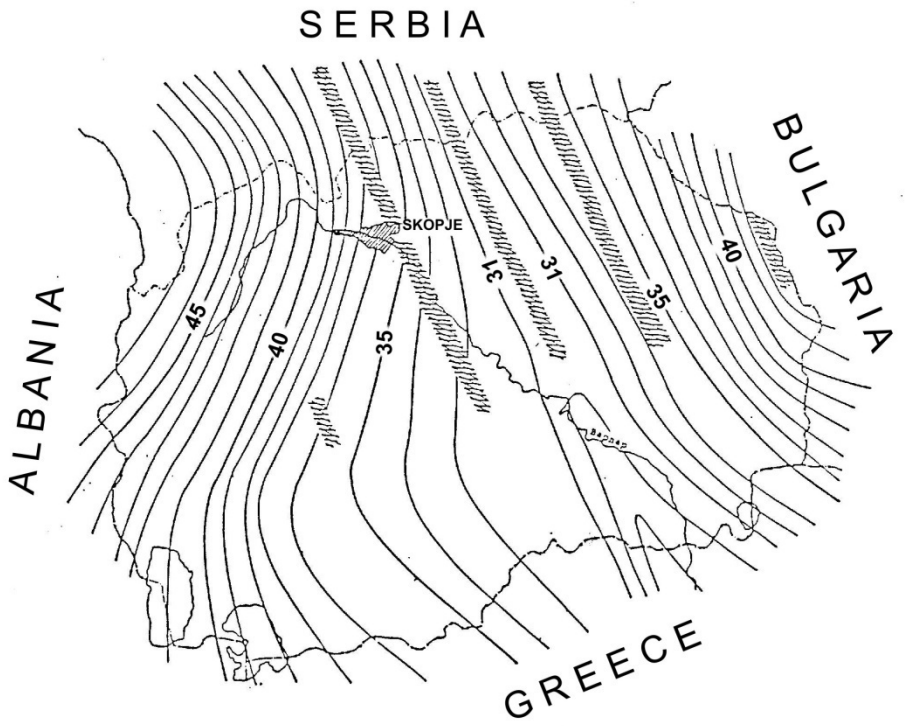


Fig. 3. *Structural map of Moho discontinuity according the data from the deep seismic sounding*

According the results from the profiles and data from the investigations about the relation between geophysical parameters and Moho discontinuity, the shown profiles define the situation of Moho discontinuity only n the northern part of Macedonia:

$$M = a + bH$$

$$M = a + \Delta g$$

where:

M - depth of Moho discontinuity
H - height of the relief
Δg - Bouguer's anomaly
a, b - coefficients of linear dependence of M from H and Δg.

Besides the above mentioned data on this map are marked the profound fault lines that divide Pelagonian massif from Western-Macedonian zone, then west marginal fault on the Vardar zone on the border with Pelagonian massif, then the central fault that divides the Vardar zone in two parts: the eastern fault on the border with Serbian-Macedonian mass and a fault which is on the border of Macedonia and Bulgaria (more in Bulgaria).

From the map could be seen that Moho discontinuity has minimum values in the part of the Vardar zone and sinks toward west (under the Pelagonian massif and the Western Macedonian zone) and toward east (under Serbian - Macedonian mass). In the southern part of Macedonia Moho discontinuity is not interpreted because of the lack of data from the deep seismic sounding (DSS).

It is interested to note that according the data from the analyses of the spreading of the seismic waves of the registered earthquakes, with determination of local hodohrones, three-layer medium is outlined in the territory of Macedonia whose parameters are not completely coincide with the parameters obtained by deep seismic sounding (DSS), but generally Mohorovichich discontinuity is located at about 40 km.

CONCLUSION

Moho discontinuity on the explored area varies in interval from 30 to 50 km. Minimal depth has in the end western part, and maximal depth has in the part of the Vardar zone.

Large differences in the depth of Moho discontinuity of such a small space is certainly one of the primary causes of strongly expressed tectonic processes that are manifested in these areas.

Investigations of this kind are the basis for defining more realistic model of the earth's crust, which basically serves a wide range of analysis in the field of geology.

REFERENCES

Boykova A., "Moho discontinuity in central Balkan Peninsula in the light of the geostatistical structural analysis", Physics of the Earth and Planetary Interiors 114, 1999 pp. 49–58

Delipetrov, T., "Correlation between crusts and subcrusts structures on the territory of Macedonia and seismicity", Doctor thesis, Stip, R. Macedonia, 1991

Delipetrov T., Petrov G., "Morphological - isostatic correlation of the profile Debar - Kriva Palanka", XII-th Yugoslavian Geological congress, Ohrid, 1990

Dragasevic T., Andric B., "Information about the results from the investigations of the structure of the Earth's crust with the method of deep seismic sounding in Yugoslavia", Skopje, 1982

Martinec Z., "The Density Contrast At the Mohorovičič Discontinuity", Geophysical Journal International, Vol. 117, Issue 2, 1994, pp. 539–544,

Skoko D., Prelogovic E., Alinovic B., "Geological structure of the Earth's crust above the Moho discontinuity in Yugoslavia", Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society, Vol. 89, 1987, pp. 379–382.

ТЕКТОНСКА РЕОНИЗАЦИЈА И СЕИЗМИЧНОСТ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

[1]Благица Донева, [1]Тодор Делипетров, [1]Ѓорги Димов, [1]Зоран Панов, [1]Радмила К. Стефановска

[1]Факултет за природни и технички науки, Универзитет Гоце Делчев, Штип, blagica.doneva@ugd.edu.mk

Апстракт
Врз основа на повеќедецениското истражување од областа на геологијата на територијата на Република Македонија, направена е тектонска реонизација на просторот и според опрделените геолошки критериуми издвоени се следните зони: Краиштидна зона, Српско - Македонска зона, Вардарска зона, Пелагониски масив, Западно - Македонска зона и Цукали - Краста зона. Овие зони, воглавно, се издвоени со длабински раседни структури и гледано низ геолошката историја, имаат различен развој.
Во неотектонската етапа, територијата на Македонија е поделена на три зони: Источно - Македонска зона која ги опфаќа Српско - Македонската маса и Краиштидната зона, Вардарска зона и Западно - Македонската зона која ја вклучува и Цукали - Краста зоната.
Досега регистрираната сеизмичност е директно поврзана со длабинските раседни структури ввдолж Вардарска зона, која е раседна структура од планетарен аспект, паралелните на неа Струмска зона и Дримска зона и попречните раседни структури на Вардарска зона тргнувајќи од север Тетово - Скопје - Крива Паланка, Дебар - Кочани - Делчево и Струмица - Валандово - Битола - Охрид.
Во трудот е анализирана досега регистрираната сеизмичност посебно локациите на земјотресите и нивните длабочини и издвоени се профили на кои се гледа распоредот на хипоцентрите на територијата на република Македонија. Анализата на длабочините на хипоцентрите укажува дека земјотресите во Македонија имаат тектонски карактер односно резултат се на нарпегање во земјината кора не подлабока од 40 km. Просторно гледано најактивните сеизмички зони се регистрирани на пресеците помеѓу раседните структури од Вардарски смер и попречните на нив. Тектонската реонизација дава добра корелација со досега регистрираната сеизмичност односно како нај стабилна зона се појавува Пелагонскиот блок како и Западно – Македонската зона.

Клучни зборови: тектоника, реонизација, сеизмичност, сеизмогени зони

ВОВЕД

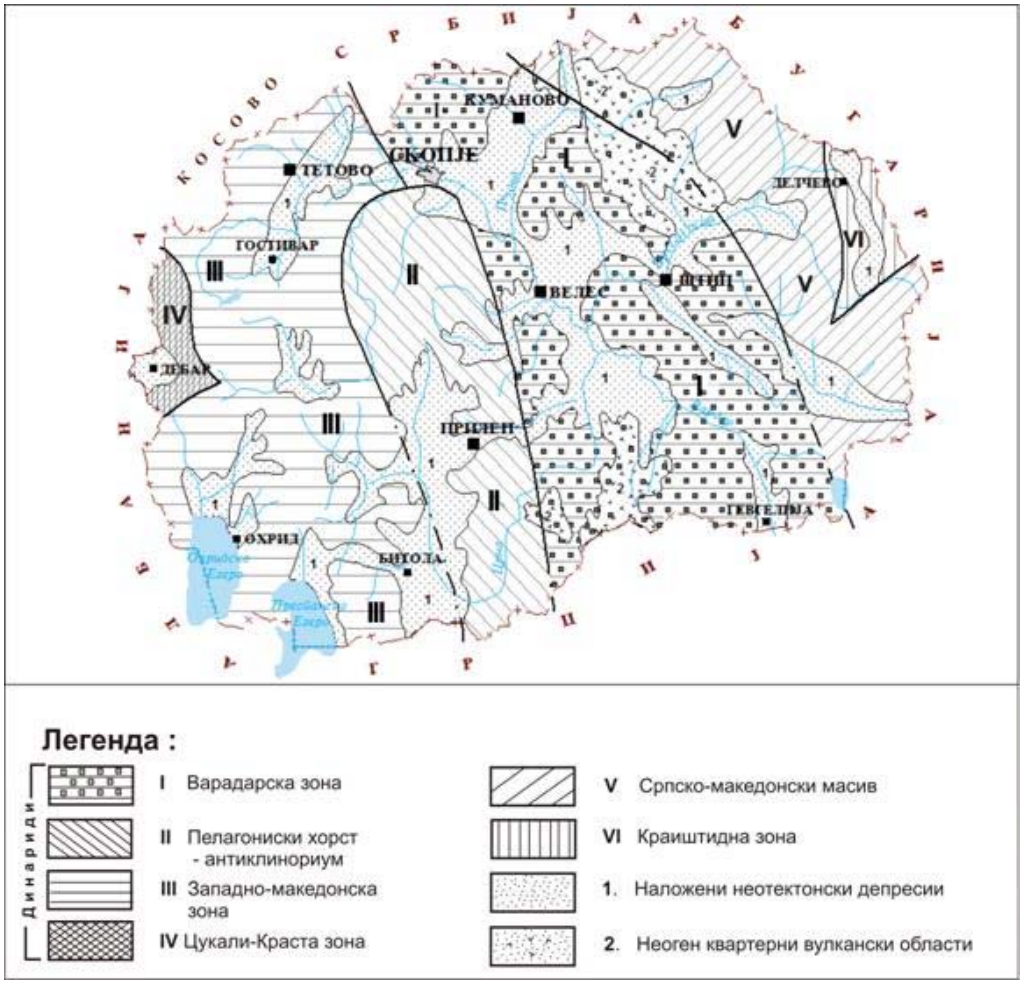
Територијата на Република Македонија тектонски е поврзана со геодинамичките процеси кои се одвиваат на Балканскиот полуостров.
Во денешно време, просторот на Балканскиот полуостров се наоѓа во зоната на колизија помеѓу три големи плочи: Евроазиската, Африканската и Арапската кои се делат на помали плочи.
Сегашната геодинамика на Балканскиот регион е под контрола на активните тектонски процеси во Источниот Медитеран и тоа: субдукцијата на Јадранската микро плоча под Динаридите, субдукцијата на Јонската и Левантинската микро плоча под Хеленскиот рововски систем и колизијата помеѓу Евроазиската и Арапската плоча кои се во врска со Северно Анадолскиот расед.
Територијата на Република Македонија како дел од Балканскиот регион, тектонски припаѓа на Медитеранската орогена област на Алпско-Хималајскиот појас.

ТЕКТОНСКА И НЕОТЕКТОНСКА РЕОНИЗАЦИЈА НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

Територијата на Република Македонија претставува дел од Балканскиот регион во која се вклучени неколку тектонски единици од прв (I) ред од Алпско-Хималајскиот појас.

Врз база на постојните принципи за тектонска реонизација, Западниот дел на територијата на Република Македонија, вклучувајки го и Повардарието (како географски регион) припаѓа на Динаридите - Хеленидите. Територијата на Источна

Македонија претставува дел од Српско-Македонскиот масив, додека по вдолжината на границатата со Бугарија се издвојува посебна зона, Краиштидна, која припаѓа на Карпато - Балканидите (сл. 1).
Територијата на Република Македонија во целост влегува во медитеранската орогена област во која, кон крајот на палеоген и почетокот на неоген, завршуваат геосинклиналните услови на развој, по што настапува континенталниот развој.
Неотектонскиот вулканизам во Македонија е широко распространет и тоа како во форма на големи вулкански маси, така и во вид на мали вулкански пробои и изливи.

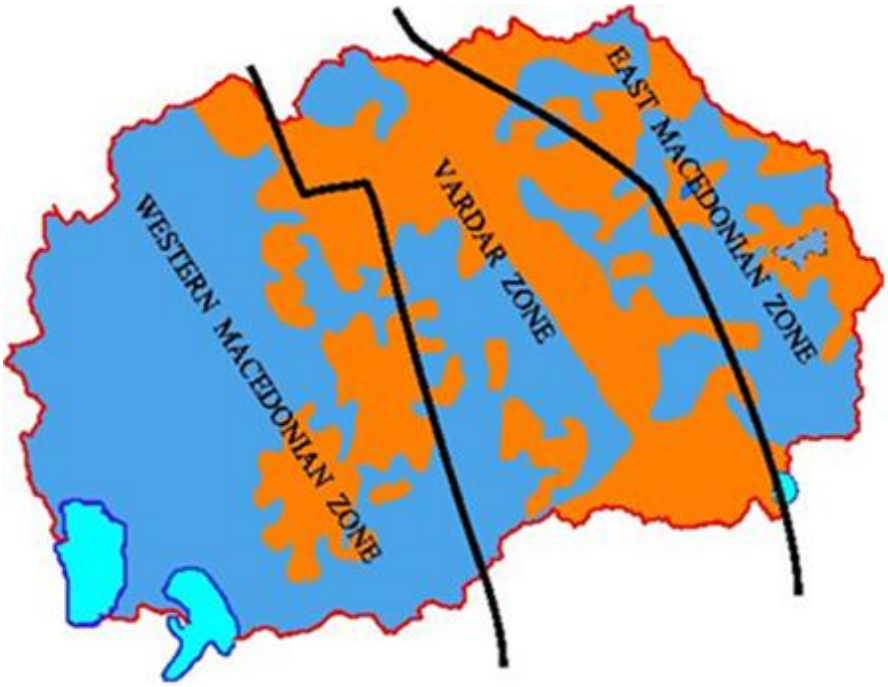


Слика 1. Карта на тектонска реонизација на Македонија, (Арсовски, 1997)

Од страна на М. Арсовски и Р. Петковски, извршена е неотектонска реонизација на територијата на Македонија (сл. 2). Во Западна Македонија доминираат морфоструктурите на издигање чија височина надминува 2000 m. Морфоструктурите на издигање претставуваат блокови издолжени во меридијален правец. Во овој правец се издолжени и грабенските структури. Сето ова укажува дека во неотектонска етапа на фонот на општото издигање доаѓа до експанзија ориентирана исток – запад. Морфоструктурите во Вардарска зона се карактеризираат со тоа што планинските масиви како морфоструктури на издигање имаат средна височина од 1000 – 1500 m.
Доминантна улога во Вардарската зона имаат депресиите (Скопска (I), Овчеполска (II), Тиквешка (III) и др.) кои се наложени преку постарите структури и имаат сложени форми, со тоа што нивната средна височина е 100 – 400 m. Со интензитетот на вертикалните движења, чиј одраз се гледа во современиот релјеф, а спрема морфоструктурите од повисок ред, е констатирано дека хоризонталната компонента на екстензија во различни зони е орентирана различно.

За разлика од Вардарската зона, во Источна Македонија морфоструктурите на издигање се претставени со планински масиви од 1600 – 1800 m, додека депресиите се претставени со гребени интензивно потонати и орентирани во правец исток – запад. И овде главна компонента на напрегање е орентирана во вертикален правец, додека оската на екстензија е во меридијански правец.

Издвоените неотектонски зони (Западно Македонската, Вардарската и Источно Македонската зона) меѓусебно доста се разликуваат.



Слика 2. Неотектонска реонизација на Република Македонија

ОСНОВНИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА СЕИЗМИЧНОСТА НА ТЕРИТОРИЈАТА НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

Територијата на Република Македонија, тектонски, припаѓа на Медитеранската орогена област на Алпско - Хималајскиот појас. Условена од ваквата тектонска припадност, сеизмичката активност на овој регион, според досегашните истражувања на Балканот (UNDP/UNESCO Survey of the Balkan Region, UNESCO, Skopje, 1974, и др.) е една од најсилните на копнениот дел на овој полуостров.

Во овој регион е честа појавата на катастрофални земјотреси со епицентрален интензитет до X според MSK-64 и магнитуда до 7.8 (која воедно е и највисока набљудувана магнитуда на Балканскиот Полуостров, Пехчево-Кресненскиот земјотрес од 1904 год., со магнитуда M = 7.8).

Епицентралните подрачја на територијата на Република Македонија се опфатени со три крупни сеизмогени зони: Западно - македонска, Вардарска и Источно - Македонска сеизмогена зона.

Западно - македонска сеизмогена зона - Кореспондира со две тектонски единици: Западно - Македонската зона со нејзините преодни делови кон Мирдитите во Република Албанија и Пелагонискиот хорст - антиклинориум. Во неа се издвоени неколку епицентрални подрачја: Тетово - Гостивар, Дебар, Кичево, Пештани - Охрид - Струга, Битола и Битола - Лерин.

Вардарска сеизмогена зона - Оваа зона е дефинирана како најлабилна тектонска единица на Балканскиот полуостров, во која што алпските орогени процеси биле многу изразени и истите провдолжуваат и во неотектонската етапа.

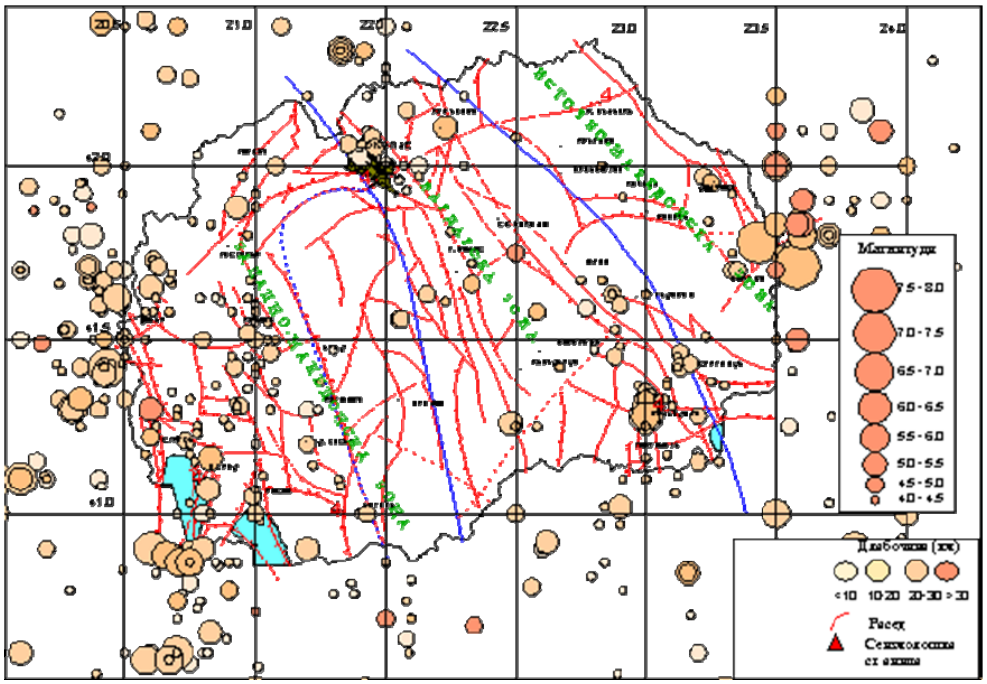
Сеизмичноста во оваа зона е особено изразена во подрачјата на вкрстување на реактивираните стари раседи од Вардарска насока со неотектонските раседи кои

доминантно се протегаат во напречен правец.

Епицентрални подрачја на силни земјотреси од оваа зона се: Скопје, Валандово, Гевгелија, Мрежичко.

Источно - македонска сеизмогена зона - Најдоминантно влијание врз територијата на Република Македонија од сите епицентрални подрачја од оваа сеизмогена зона има епицентралното подрачје Пехчево - Кресна. Ова подрачје главно е поврзано со неотектонските деструктивни процеси во Краиштидната зона.

Просторната распределба на епицентрите на земјотресите е прикажана на сл. 3.



Слика 3. Карта на епицентри на земјотресите од Република Македонија и пограничните предели во периодот од 1900-2000 година, 4.0 < M < 8.0 (Сеизмолошка опсерваторија Скопје-ПМФ)

Врз основа на сеизмолошките податоци, издвоени се главните сеизмогени извори (сл. 4) и сеизмогени зони (сл. 5) во Македонија.

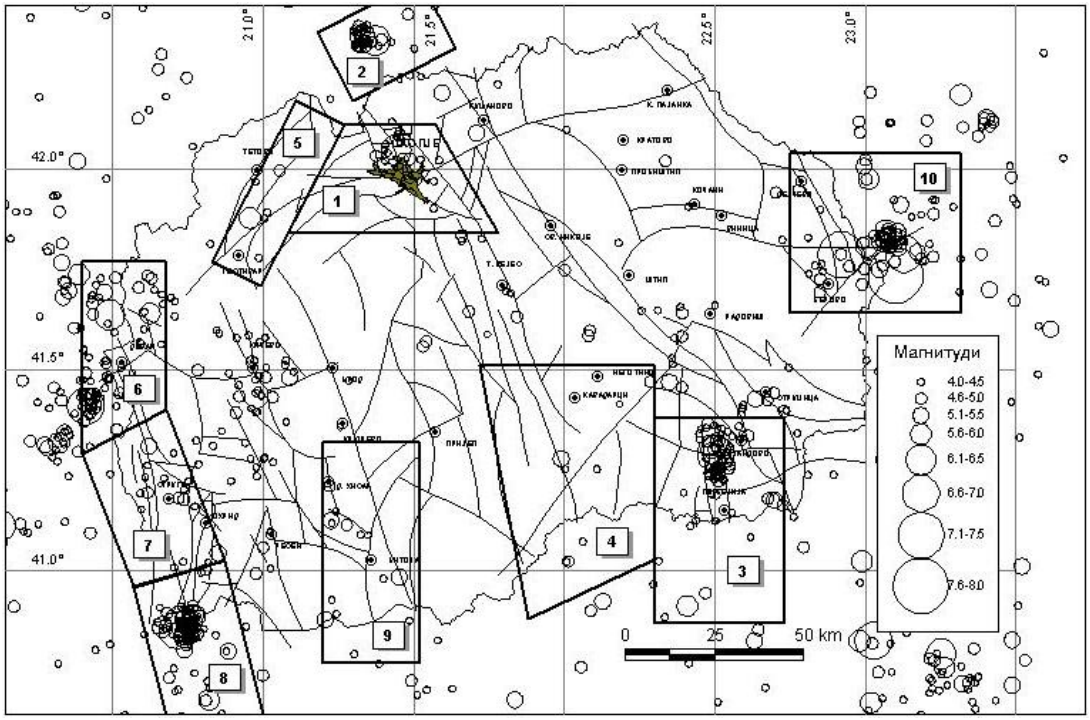
Анализата на епицентралните карти покажува дека земјотресите во Македонија настануваат скоро по целата територија, но нивната распределба покажува тенденција кон одредено просторно групирање. Јасно се забележува групирање на земјотресите во Македонија во три главни зони и тоа: Дримска, Вардарска и Струмичка.

Тие зони, покрај другото, се разликуваат и според следните поважни елементи: интензивност на сеизмичка активност, максимална магнитуда на најсилниот случаен земјотрес, длабочината на сеизмоактивниот слој во земјината кора, карактеристиките на функцијата N(M), карактеристиките на ослободувањето на сеизмичката енергија и коефициентот на придушувањето на таа енергија.

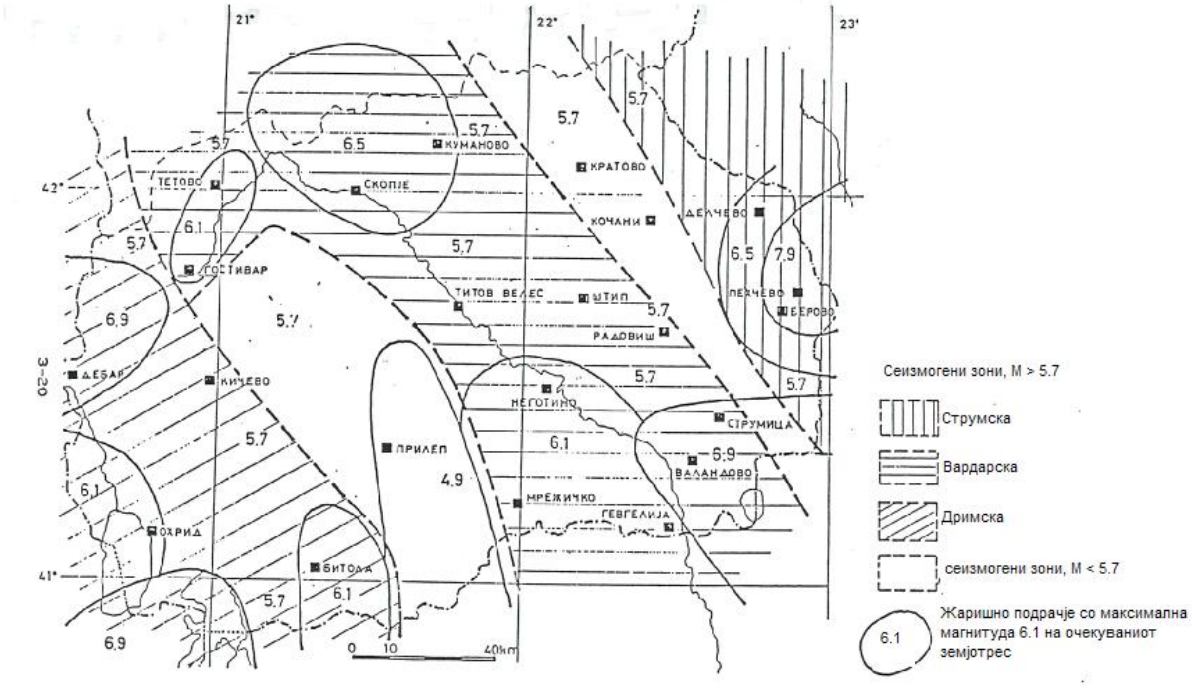
Плеистосеистите на плитките земјотреси (h<40 km), како што е случајот на земјотресите во Македонија, во доволна мера ја одредуваат сумарната енергија која потекнува од жариштето на земјотресот. Тие на површината на земјата истовремено приближно ја одредуваат и проекцијата на површината на раседот (т.е. жариштето). Истото својство го имаат и подрачјата кои на површината на земјата ги формираат афтершоковите на главните земјотреси.

Жариштата на сите до сега случени посилни земјотреси во Македонија се наоѓаат вдолж тектонските раседи, кои со различни големини и орентации ги одредуваат главните тектонски системи и тоа: дримскиот, вардарскиот и струмскиот. Со тоа се потврдува сознанието дека основните сеизмоактивните зони во Македонија се воедно и зони на крупни системи, регионални тектонски раседи и дислокации.

Забележано е исто така дека местата од тие зони во кои што се сечат или вкрстуваат раседи (тектонските јазли) се места со најинтензивна сеизмичка активност. Во едни случаи, тие места се извори на автохтони земјотреси, а во други се зони на аномална апсорпција на сеизмичката енергија од подалечни земјотреси.



Слика 4. Карта на сеизмогени извори на територијата на Република Македонија за максимална очекувана магнитуда ML ≥ 6.0 (1. Скопје; 2. Урошевац; 3. Валандово; 4. Мрежичко; 5. Тетово - Гостивар; 6. Дебар и Пешкопеја; 7. Пештани - Охрид - Струга; 8. Јужен дел на Охридско езеро; 9. Битола; 10. Пехчево-Кресна.)



Слика 5. Карта на сеизмогени зони на територијата на Република Македонија (според Д. Хаџиевски, 1985)

Насоките на подолгите оски на изосеистите и афтершоковските подрачја на случените земјотреси во најголем дел ја следат насоката на протегањето на тектонскиот систем во кој настанале.

Сеизмогените зони претставуваат вкупност на плеистосеистичките површини на случените и очекуваните земјотреси. Таму каде што постојат изосеисти на случени земјотреси, широчината на сеизмогената зона ја опфаќа целата плеистосеистичка површина (вклучувајќи ги изосеистите од VIII степени), а таму каде што не постојат изосеисти за понатамошно проучување на сеизмогената зона се прибегнува кон аналогија вдолж единствениот систем раседи.

ЗАКЛУЧОК

Од сето погоре наведено може да се заклучи дека:

- Територијата на Република Македонија тектонски е поврзана со геодинамичките процеси кои се одвиваат на Балканскиот полуостров.
- Епицентралните подрачја на територијата на Република Македонија се опфатени со три крупни сеизмогени зони: Западно - македонска, Вардарска и Источно - Македонска сеизмогена зона.
- Одредувањето на сеизмогените извори во однос на максимално очекуваната магнитуда на земјотресите има посебна важност за оценката на сеизмичкиот хазард за соодветната територија.
- Во смисла на геолошки критериуми за сеизмичноста, најголемо влијание е посветено на активноста на раседите и поместувањата вдолж нив, геолошкиот развој на одделни геолошки структури и блокови, како и времето на најинтезивна тектонска активност.
- Територијата на Република Македонија сеизмичноста е распоредена во одделни епицентрални подрачја каде што современата тектонска активност е особено изразена.
- Епицентрите на сите досега случени зземјотреси се наоѓаат вдолж познатите тектонски раседи, и лабилни зони при што, подрачјата во кои раседите се вкрстуваат се места со најинтензивна сеизмичка активност.
- Хипоцентрите на земјотресите во Република Македонија се плитки, од 2 до 40 km, односно во границите на Земјината кора. Ова укажува дека сеизмичноста е поврзана со деформациите во горните делови на литосферата, односно со деструкцијата на Земјината кора, условена од тектонските движења кои продолжуваат во сегашно време.
- Резултатите од проучувањето на глобалната сеизмичност на Балканскиот регион укажуваат на фактот дека основните сеизмогени зони во Македонија се само сегменти од покрупните сеизмогени линеаменти кои се протегаат низ Балканскиот полуостров северно и јужно од Македонија.

ЛИТЕРАТУРА

Arsovski, M., Hadзievski, D.: Correlation between Neotectonics and Seismicity of Macedonia. Tectonophysics, 9 (1970), Amsterdam.

Даскалов Т., „Сеизмотектонски модел на Валандовското епицентрално подрачје“, магистерски труд, Факултет за природни и технички науки, Штип, 2011

Делипетров Т., „Врската помеѓу коровите и поткоровите структури на територијата на Македонија и сеизмичноста“, докторска дисертација, Рударско - геолошки факултет, Штип, 1991

Донева Б., „Дефинирање на корелационата зависност помеѓу сеизмичкото и магнетното поле - модел за Република Македонија“, докторска дисертација, Факултет за природни и технички науки, Штип, 2014.

Хаџиевски д., Пекевски Л., „Основни параметри на регионалната сеизмичност на територијата на СР Македонија“, Меѓурепубличко - покраински научно - истражувачки проект од областа на сеизмологијата и земјотресното инженерство (А. Област: Сеизмологија, Книга 3), УКИМ, ПМФ, Сеизмолошка опсерваторија Скопје, 1985

Просторен план на Република Македонија - Услови за појава и заштита од сеизмички катастрофи (работна верзија), ИЗИИС и Сеизмолошка опсерваторија при ПМФ, Скопје, 1998.

ПРОЕКТ ЗА ИЗРАБОТКА НА ДИГИТАЛНИ ГЕОФИЗИЧКИ КАРТИ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА ВО ГИС ТЕХНОЛОГИЈА СО ТОЛКУВАЧИ

[1]Новица Столиќ, [2] Ивица Андов

[1 &2]Геолошки завод на Република Македонија, Бул. Свети Климент Охридски бр. 15, 1000 Скопје, Република Македонија, e-mail: novica.stolic@geol.gov.mk, ivica.andov@geol.gov.mk

Абстракт

Целта на трудот е прикажување на најбитните делови од проектот со кој е дефиниран пристапот и методолошките постапки за изработка на новите дигитални геофизички карти за целата територија на Република Македонија. Проектот предвидува да се изработат повеќе видови на карти со соодветни толкувачи, и тоа: карта на Бугеови гравиметриски аномалии, карта на резидуални гравиметриски аномалии, карта на вертикалниот градиент на гравиметриските аномалии, карта на вертикалната компонента на геомагнетните аномалии, карта на тоталниот вектор на геомагнетните аномалии, карта на тоталниот вектор на геомагнетните аномалии редуцирани на пол, карта на Мохо дисконтинуитет и структурна карта. Тие ќе се изработат врз основа на постоечките податоци во ГИС технологија, со примена на најновите геофизички, математички и информациски методологии и базирани на современите научни достигнувања. Новите геофизички карти, изработени според проектираните концепциски и метолошки решенија, ќе овозможат квалитетно и подобро согледување на геолошката градба во длабоките делови на Република Македонија.

Клучни зборови: Гравиметрија, геомагнетизам, Мохо дисконтинуитет, ГИС, проект.

ВОВЕД

Во рамките на Програмата за основни геолошки истражувања за 2015 година („Службен весник на Република Македонија“ бр. 196/14 и 131/15) реализан е Проект за изработка на дигитални основни геофизички (гравиметриски и геомагнетни) карти на Република Македонија во ГИС технологија со толкувачи (Столиќ Н., Михајловиќ С., 2015). Главните причини за неговата изработка се:

- недостиг од ваков вид на основни (регинални) геофизички карти во размер 1:200 000 или во друг покрупен размер, соодветно на другите основни геолошки карти. Исто така, основните геолошки истражувања содржински ќе се збогатат, од досега изработените 2 карти со реализација на проектот ќе се добиат вкупно 8 тематски геофизички карти и тоа со многу подобар квалитет и поголема точност.
- потребата од ажурирање на постоечките основни геофизички карти и имплементација на нови современи научни методи и технологии од областа на геологијата, геофизиката, картографијата и информатичката технологија. Постоечките карти, гравиметриската карта на СФРЈ 1:500 000 лист Скопје (Билибајкиќ П., Младеновиќ М., Мујагиќ С., Римац И., 1979) и геомагнетната карта на СФРЈ во размер 1:500 000 (Стојковиќ М., Ќириќ Б., Дамјановиќ, К., 1976) се работени пред 35 години на стар начин и не ја одразуваат сегашната состојба на гравиметриското и геомагнетното поле на планетата земја. Со предложениот проект истите ќе се ажурират според новонастаната состојба и ќе се изработуваат 6 нови карти, и тоа сите во дигитален формат во ГИС технологија и со користење на нови геофизички, математички и геоинформациони

софтверски пакети и современи научни достигнувања.
- повеќенаменско искористување на податоците од геофизичките испитувања кои имале друга намена, како на пример новиот детален гравиметриски премер спроведен во 2013 и 2014 година.
- потребата од усогласување на регионалните геофизички карти на Република Македонија со картите од соседните земји, со европските и светските карти.

Главната цел на проектот е изработка на дигитални геофизички карти кои ќе овозможат добивање на нови податоци и сознанија за геофизичите полиња на Земјата, на геолошкиот состав и структурата на земјината кора на територијата на Република Македонија и тоа од површина на теренот до длабоките делови на земјината кора до длабочина 50 km.

Покрај тоа, новите геофизички карти ќе имат широка примена со цел за:
- истражување на наоѓалишта и појави на минерални суровини, како што се: јагленоводород (нафта и гас), хидрогеотермална и петротермална енергија, јаглен и метални минерални суровини;
- индицирање на потенцијални простори за проспекциски и детални геолошки истражувања;
- имплементирање на нови геофизички податоци во Геолошкиот информационен систем на Република Македонија;
- подготовка на геофизички податоци за меѓународниот геолошки информационен систем;
- олеснување на пристапот, размената, употребата и дистрибуцијата на стандардизирани геофизички податоци и услуги на ефикасен, ефективен и усогласен начин и други научно-истражувачки цели.

Проектот е реализиран во текот на 2015 година, во кој се дефинирани видот, обемот, методологијата, техничките услови, динамиката и спецификацијата на истражните работи кои се потребни за изработка на дигиталните геофички карти и нивните толкувачи (Столиќ Н., Михајловиќ С., 2015).

КОНЦЕПЦИСКИ И МЕТОДОЛОШКИ РЕШЕНИЈА ЗА ИЗРАБОТКА НА ГЕОФИЗИЧКИТЕ КАРТИ И ТОЛКУВАЧИТЕ

Предвидено е да се изработат вкупно осум геофизички карти на Република Македонија во размер 1:200 000 со толкувачи во ГИС технологија, и тоа:
- Карта на Бугеови гравиметриски аномалии на Република Македонија со толкувач;
- Карта на резидуални гравиметриски аномалии на Република Македонија со толкувач;
- Карта на вертикалниот градиент на гравиметриските аномалии на Република Македонија со толкувач;
- Карта на вертикалната компонента на геомагнетните аномалии на Република Македонија со толкувач;
- Карта на тоталниот вектор на геомагнетните аномалии на Република Македонија со толкувач;
- Карта на тоталниот вектор на геомагнетните аномалии редуцирани на пол на Република Македонија со толкувач;
- Карта на Мохо дисконтинуитет на Република Македонија со толкувач и
- Структурна карта на Република Македонија со толкувач.

Понатаму се прикажани концепски и методолошки решенија за изработка на секоја од овие карти.

1. Карта на Бугеови гравиметриски аномалии на Република Македонија

Гравиметриска (гравитациона) аномалија е разлика помеѓу мерена и пресметана вредност на гравитационо забрзување во некоја точка на Земја. Во интерпретацијата на гравиметриските податоци се применува редукција на силата на Земјината тежа со следните поправки: за слободен воздух (Фајеова аномалија), за слој (Бугеова аномалија) и за топографија. Бугеова аномалија е погодна за користење во

геологијата, за истражување на наоѓалишта на минерални суровини, геодезијата, сеизмологијата, метеорологијата, одбраната, воздухопловството и други области, бидејќи дава реална слика за расподелба на густина на карпите внатре во Земјина литосфера (Starčević M., 1991).

Предложената карта на Бугеови гравиметриски аномалии ќе претставува графички приказ на распределба на гравитационо поле на подрачје на Република Македонија изразено преку Бугеови аномалии за густина 2.67 g/cm^3.

Бугеовите аномалии ќе се пресметат од најновите податоци од основнните гравиметриски мерења и детализиот гравиметриски премер, кои се изведени во 2013 и 2014 година, а кои ги спроведе Агенција за катастар на недвижностите на Република Македонија. Со гравиметриските мерења се определени вредности на гравитационо забрзување на вкупно 2310 точки а со GPS (Global Positioning System) мерења определени се координати на точките и нивната надморска висина (Господинов С., 2015 и Столиќ Н., Михајловиќ С., 2015).

Мерените вредности на гравитационо забрзување, како и ортометриските висини треба да се превземат од Агенција за катастар на недвижности. Густина на теренот се усвојува како средна густина на литосферата која изнесува 2.67 g/cm^3, којашто обично се зема за широки простори како што е територија на државата и слично. Поправката за околниот релјеф на теренот треба да се пресмета врз основа на дигиталниот модел на теренот.

За да се пристапи кон изработка на картата на Бугеови аномалии, од сетот на 2310 точки потребно е да се пресметат вредности на аномалиите во грид (мрежа) со големина 2km×2km. Картата ќе се прикаже во форма на изолинии со еквидистанца 1 mGal (10^{-5}m/s^2) и во боја.

2. Карта на резидуални гравиметриски аномалии на Република Македонија

Резидуална гравиметриска аномалија е производ кој настанува со пресметување од податоците на Бугеова аномалија. Резидуалните аномалии имат особина да ја истакнуваат локална компонента, односно зборувајќи во геолошка смисла, овие аномалии укажуваат на присаство на мали и плитки геолошки објекти а кои на Бугеовата карта не се лесно уочливи бидејќи се маскирани со регионална компонента на аномалија (Starčević M., 1991).

Раздвојување на гравитационите аномалии на регионална и локална компонента ќе се врши со метода на осреднување или со посовремените методи на дигитално филтрирање.

Картата на резидуални гравиметриски аномалии на РМ ќе се пресмета од гридот на Бугеови аномалии со иста големина 2km×2km. Ќе се прикаже во форма на изолинии со еквидистанца 0,2 mGal во боја.

3. Карта на вертикалниот градиент на гравиметриските аномалии на Република Македонија

Оваа гравиметриска карта преставува графички приказ на распределба на вертикалниот градиент на гравиметриските аномалии на подрачје на Р. Македонија.

Вертикалните гравиметриски градијенти имаат сличен ефект како резидуална аномалија, односно со нив се истакнуваат локални и плитки структури (Starčević M., 1991). За разлика од резидуалните аномалии, вертикалните градиенти имаат посилен ефект на истакнување на локални и уште помали геолошки структури. Освен тоа, кај изработка на картите на вертикални градиенти, карактеристично е тоа дека нултата изолинија на градиентот вообичаено може да се поврзе со положба на раседни линии, што е од значај кај изработка на финална интерпретациона карта.

Со оглед дека во практичната примена има одредени потешкотии во мерењето на втор извод на потенцијална функција на силата на Земјината тежа, постои потреба од нивната пресметка. Овие изводи можат да се пресметат од Бугеови аномалии.

Во пракса обично се пресметува прв вертикален извод на силата на Земјината тежа. Целта на пресметување на овој извод се огледа во полесно одредување на параметри на аномалискиот причинител.

Она што е интересно, е дека над вертикалните изводи вертикалниот градиент има нулта вредност на места на раседнувања, што значи дека со овие пресметки се добиваат вредни податоци за поквалитетна интерпретација.

Картата на вертикалните градиенти на гравиметриските аномалии на РМ ќе се пресмета од гридот на Бугеови аномалии со иста големина 2km×2km. Ќе се прикаже во форма на изолинии со еквидистанца од 10 Етвеши ($10^{-9}s^{-2}$).

Сите гравиметриски карти (карта на Бугеови аномалии, карта на резидуални аномалии и карта на вертикален градиент) се однесуваат на гравиметриски податоци.

Овие карти ја прикажуваат дистрибуцијата на гравитационото поле во Република Македонија, каде што со плава боја ќе бидат означени мали вредности, и со црвена боја висока вредности на гравитационото поле. Во просторите со ниски вредности на гравитационо поле треба да се очекуваат подебели пакети на неогените седименти или пробиви на помлади вулкански карпи (дацити, андезити и др.), без разлика дали тие се картирани на површината или се покриени. Во просторите со високи вредности на гравитационо поле, може да се очекуваат карпи со поголема густина како што перидотити или палеозојски формации. Картите кои се добиени со трансформацијата на Бугеови аномалии (резидуална карта и карта на вертикални градиенти) претставуваат одраз на локални, поплитки структури и погодни се за интерпретирање на помали простори. Исто така, врз основа на овие карти доста прецизно може да се индицираат главни раседи и раседни зони.

4. Карта на вертикалната компонента на геомагнетните аномалии на Република Македонија

Оваа карта ќе преставува графички приказ на распределба на магнетното поле на Земја на подрачје на Република Македонија изразено преку аномалиите на вертикалната компонента.

Нумерички податоци од старите мерења на геомагнетното поле не се достапни, освен картата на аномалиите на вертикалната компонента од геомагнетниот премер кој е изведен за територија на бившата СФРЈ. Меѓутоа, со оглед на карактерот на геомагнетното поле, од геомагнетните аномалии, со трансформација можат да се пресметат другите потребни параметри. При тоа, мора да се почитува одредена процедура која се состои од следното.

Првин е потребно податоците за аномалиите на вертикалната компонента на геомагнетното поле, кои се прикажани во форма на аналогни карти, да се преведат во дигитална форма. Потоа од дигитализираните податоци се пресметува гридот со квадратна мрежа 1km×1km, а понатаму од него може да се конструира карта на аномалии на вертикалната компонента на геомагнетното поле за подрачјето на РМ.

5. Карта на тоталниот вектор на геомагнетните аномалии на Република Македонија

Оваа геомагнетна карта е графички приказ на распределба на магнетното поле на Земја на подрачје на Република Македонија изразено преку аномалиите на тоталниот вектор на геомагнетското поле.

Тоталниот вектор на геомагнетското поле е попогоден за интерпретација за разлика од вертикалната компонента бидејќи тој во себе содржи комплетна слика на магнетско поле која е продукт на деклинација и инклинација. Кај вертикална компонента, инклинација нема никакво значение, а познато е дека и таа компонента е доста значајна при интерпретација на геомагнетските резултати.

Освен тоа, во денешно време важно е да се има карта на тоталниот вектор на геомагнетно поле бидејќи тоа е меѓународен стандард, што може биде од значај кај евентуелна размена на податоците со околните земји.

Оваа карта ќе се изработи врз основа на трансформација од аномалиите на вертикалната компонента, односно од гридот од дигитализирани изолинии со големина 1km×1km.

6. Карта на тоталниот вектор на геомагнетните аномалии редуцирани на пол на Република Македонија

Оваа геомагнетна карта е графички приказ на распределба на магнетното поле на Земја изразено преку тоталниот вектор на магнетните аномалии редуцирани на пол.

За разлика од гравитационото поле кое има само еден пол (привлекување) кај геомагнетното поле ситуацијата е посложена (Starčević M., 1991). Магнет има две полиња, сеедно како ги нарекуваме: северен и јужен, позитивен и негативен, привлекување и одбивање, итн. Од геофизичка гледна точка, комплексноста на полето се одразува така што при обработка и толкување на резултатите од геомагнетни мерења, на места каде постои аномалиски причинител, секогаш е присутен и позитивен и негативен дел на аномалијата за еден причинител. На нашите простори, каде што е инклинација од околу 60 степени, позитивниот дел од аномалија малку е со поголем интензитет од негативниот дел. На пошироките простори каде геолошката ситуација е сложена, се јавува многу комплицирана и посложена слика на позитивни и негативни аномалии и каде е многу тешко да се раздвојат индивидуални причинители на овие аномалии.

Како резултат на тоа, разработена е постапка за пресметување на аномалиите на тоталниот вектор на магнетно поле, кој се нарекува како *редукција на пол*. Тоа е постапка кај која на аномалијата на тоталниот вектор со дадена инклинација (кај нас 60°), се пресметува во аномалија кај која инклинација ќе биде 90°. Со тоа од аномалијата на биполарнио поле се добиваат аномалии на монополарно поле, односно исто како во гравиметрија, аномалија ќе биде токму над причинителот и со позитивни вредности на аномалијата.

Постапката на редукција на тоталниот вектор на магнетното поле на пол има ефект само на просторите со географските ширини над 10°, а ако сме построги, тогаш повеќе од 30°. Во Република Македонија географските ширини се над 40°, што значи дека оваа постапка е целосно оправдана.

Картата на аномалии на тоталниот вектор на геомагнетните аномалии редуцирани на пол на РМ ќе се изработи врз основа на гридот од претходната карта од дигитализирани изолинии со големина 1km×1km.

Картата на вертикалната компонента на геомагнетните аномалии, картата на тоталниот вектор на геомагнетните аномалии и карта на тоталниот вектор на магнетните аномалии редуцирани на пол, се однесуваат на геомагнетни податоци. Овие геомагнетни карти ја покажуваат дистрибуцијата на геомагнетно поле во Република Македонија, кадешто во плава боја ќе се одбележат негативни вредности на аномалии и во црвена боја позитивните вредности на магнетните аномалии. Со оглед на природата на геомагнетното поле, кое е диполарно односно има и позитивен и негативен пол, аномалиите се многу сложени за интерпретација. Со оглед дека на просторот на Македонија инклинација има вредност околу 60°, тоа значи да еден причинител секогаш ќе има и позитивен и негативен дел на аномалии, со тоа што позитивниот дел од аномалиите секогаш е со поголем интензитет од негативниот дел за магнетични геолошки тела со многу мал интензитет на аномалиите на немагнетични тела.

При толкувањето на резултатите на магнетните аномалии, постои проблем со инклинација, бидејќи аномалиите секогаш се дислоцирани на површината кон североисток во однос на вистинската положба на причинителот, гледано по вертикала. Бидејќи ова значително ја усложнува интерпретација, особено во сложени геолошки услови, се применува постапката на редукција на магнетните аномалии на пол. Со оваа постапка, магнетните аномалии се пресметуваат како да се инклинација со 90°, а потоа аномалија има само позитивен дел и стои точно во вертикала над причинителот.

Сите три геомагнетните карти ќе се прикажат во форма на изолинии со еквидистанца, која ќе биде во нееднакви интервали поради природата на магнетното поле. Вредности на аномалиите ќе бидат со еквидистанца почнувајќи од нула, а потоа

±20, 50, 100, 200, 500, 1000, 2000 nT. Картите ќе бидат целосно обоени.

7. Карта на површина на Мохо дисконтинуитет на Република Македонија

Мохо дисконтинуитет (Мохоровичиќев дисконтинуитет, или Мохо слој) е гранична зона меѓу Земјина кора и литосфера (горниот дел на обвивката), а кој заедно ја формираат карпеста целина. Мохо слој ја одвојува океанската и континенталната кора од горниот дел на обвивката. Во поголемиот дел се наоѓа потполно во литосфера, само кај океанските грабени ја одредуват границата на литосфера и астеносфера (Starčević M., 1991**)**.

Границата на Мохо површината се карактеризира со тоа што под неа сеизмичките бранови се простираат со многу поголема брзина отколку во литосфера. Ова покажува дека оваа граница претставува и промена во густината на карпите, односно дека под Moho граница густината е повисока од просечната густина на литосфера, која изнесува 2670 kg/m^3.

Утврдување на Мохо границата се врши главно со користење на сеизмички методи (длабоко сеизмичко сондирање) и со гравиметриски мерења. Најдобри резултати се постигнуваат со комбинирање на овие две методи. Сепак, бидејќи длабокото сеизмичко сондирање е скапо, денес се разработени многу сигурни методи, кои овозможуваат да од гравиметриските мерења се добие прилично добро дефинирана граница на Мохо површината.

Востановено е дека постои корелациона врска помеѓу висина на точките и аномалиите на сила на Земјина тежа. Оваа корелација овозможува да се пронајде емпириска зависност помеѓу три параметри: длабочината на границата на Мохо дисконтинуитет, аномалија на сила на Земјина тежа и надморска висина.

Со овој проект се предвидува да се изработи нова Мохо карта на Република Македонија со примена на постапката на инверзно моделирања на гравиметријските аномалии.

Мохо картата дава регионални информации за областите во кои може да се очекуваат потенцијални простори за изнаоѓање на геотермална енергија. Покрај тоа, врз основа на Мохо картата може да се дефинираат зони со зголемена динамика на движење на блокови, односно нивната лабилност. Во поглед на истражувањето на минералните суровини, не може да се воспостави директна врска помеѓу наоѓалиштата и Мохо граница, туку на индиректен начин од податоците на гравиметриските мерења, по отстранување на Мохо слој како регионално влијание, можат да се добијат податоци за локални аномалиски причинители кои можат да укажуваат на постоење на минерални суровини.

Картата на површина на Мохо дисконтинуитет ќе се прикаже во форма на изолинии со еквидистанца од 5 km.

8. Структурна карта на Република Македонија

Врз основа на податоците од претходните карти, ќе се изврши геолошка интерпретација на просторот на Република Македонија, која ќе ги опфати следниве елементи:

- геотектонска реонизација со приказ на тектонски блокови и главни раседи и раседни зони;
- издвојување на седиментни басени со проценка на дебелината на неогените седименти во нив;
- издвојување на подрачја кои ќе бидат од интерес за понатамошни геолошки истражувања во поглед на потенцијалноста за откривање на наоѓалишта на минералните суровини.

9. Толкувачи за геофизичките карти

Толкувачот како составен дел на геофизичката карта содржи синтезен текстуални приказ геофизичката карта, со кој се дополнува геофизичката карта пред се со оние елементи кои графички не можат да се прикажат на картата. За секоја од претходно наведените осум геофизички карти ќе се изготви соодветен толкувач.

Толкувачите се изработуваат во две верзии односно двојазично, и тоа на македонски јазик со кирилични букви како и на

англиски јазик. Во македонската верзија на толкувачот латиничните букви можат да се употребуваат во случаи кога е неопходно, на пример кај означување на симболите, мерните единици, формулите и сл.

Толкувачот ги содржи следните поглавија: вовед, географски преглед, преглед на поранешните истражувања, приказ на податоците од геофизичките мерења кои се користени при изработка на картата, потоа методолошка постапка за изработка на картата, толкување на картата, заклучоци и предлози за понатамошни истражувања и на крај список на литература.

ГИС МЕТОДОЛОШКИ РЕШЕНИЈА

Сите геофизички карти ќе бидат дигитални, односно ќе се изработат на современ начин во ГИС технологија, кои во однос на конвенционален начин на изработка овозможуваат:

- забрзување на процесот на изработка на картите;
- поедноставно и побрзо осовременување (ажурирање) на картите;
- поефтинување на процесот на изработка на картите;
- подобрување на квалитетот на картите и условите за работа;
- создавање на дигитална база на геофизичките податоци;
- геопросторна анализа која овозможува решавање на задачи кои порано не можеа да се решат или нивната изработка била многу отежната (трансформација од еден во друг координатен систем, и сл.);
- полесна, побрза и поквалитетна интерпретација на резултатите од геофизичките испитувања и др.

ГИС-от ќе се дизајнира така што ќе одговори на различните потреби. На ниво на организацијата потребите опфаќаат креирање и управување со податоци. Ова посебно се однесува за истражни, работни, доверливи и други податоци. Системот треба да овозможи задоволување на потребите во Геолошкиот завод на РМ и на оранизациите надвор од институцијата и соодветните податоци во ГИС кои се наменети за користење надвор од Геолошкиот завод.

Со оглед на тоа дека од особен интерес на Геолошкиот завод е истражувачката работа и управување со чувствителни податоци во областа на геофизиката и геологијата на национално ниво, но и соработка со други институции, се предлагаат концепски ГИС решенија за моделирани дигитални геофизички карти кои треба да овозможат податоците да бидат на располагање само на ниво на Геолошкиот завод, а според потребите да бидат структуирани така што ќе може непречено да се разменуваат со другите субјекти (државни управни органи, организации и сл.). Исто така, процесирањето на податоците треба да биде овозможено само на ниво на Геолошкиот завод, кој е надлежна државна институција за управување со податоците од основните геолошки истражувања во кои спаѓат и геофизички истражувања.

Начинот на кој податоците ке бидат обработени и сместени во базата, во современиот ГИС, се реализира преку софтверски алатки кои овозможуваат висок степен на автоматизираност и автономност на ГИС-от при обработката на податоците. Сепак, до кој степен обработката на податоците ќе биде автоматизирана најмногу зависи од квалитетот на самите податоци, потребата за нивна обработка, и на крај од техничките и експертските капацитети.

Геофизичките карти и толкувачи се изработуваат во дигитална и печатена (аналогна) форма, врз основа на обработка на постоечките податоци и нивната обработка, во согласност со картографските стандарди.

Геофизичките карти во дигитална форма се изработуваат со примена на ГИС технологија, при што се формира база на геофизички, геолошки топографски и други податоци.

Податоците од дигиталните геофизички карти се организираат во посебна база на податоци и тоа одделно за секоја карта.

Базата на податоци содржи модел на податоци кој ги дефинира пакетите, класите и елементите на податоците, нивниот просторен приказ, атрибутите,

правилата, релацијата, со што се овозможува ефикасен пристап до податоците, како и извршување на соодветни операции над нив.

Секоја карта се состои од еден работен простор со посебна база на податоци која е составена од нивоа (леери) на геофизичките, геолошките, топографските и другите податоци.

Нивоата можат да бидат: мерни точки на определен геофизички параметар (point), гридови на точките на геофизичкиот параметар по кои е конструирана карта односно вршена интерполација на мерените вредности (grid), изолинии на геофизичкиот параметар (изолинии на Δg, изогами, изолинии на дебелина на Мохо слој и сл.) (isoline), референтен растер, топографски карактеристики, текст (текстуален запис), координатна мрежа, рамка и др. Формалните називи на нивоата треба да бидат скратени и да имаат помалку од 8 бројки/букви.

Секое ниво треба да претставува една целина составена од класи, опишани со одредени информации, односно податоци, поврзани со нивните обележја и нивните специфичности, т.н. атрибути. Базата ќе содржи класи на просторни елементи - точки, линии и полигони, како и непросторни табели кои содржат атрибути за подобро опишување на просторните елементи.

ИЗГЛЕД НА КАРТИТЕ

Секоја од овие геоофизички карти се состои од главен графички приказ - карта, која го опфаќа централното поле, топографска подлога и од придружни графички елементи кои се сместени по периферијата на картата (Слика 1).

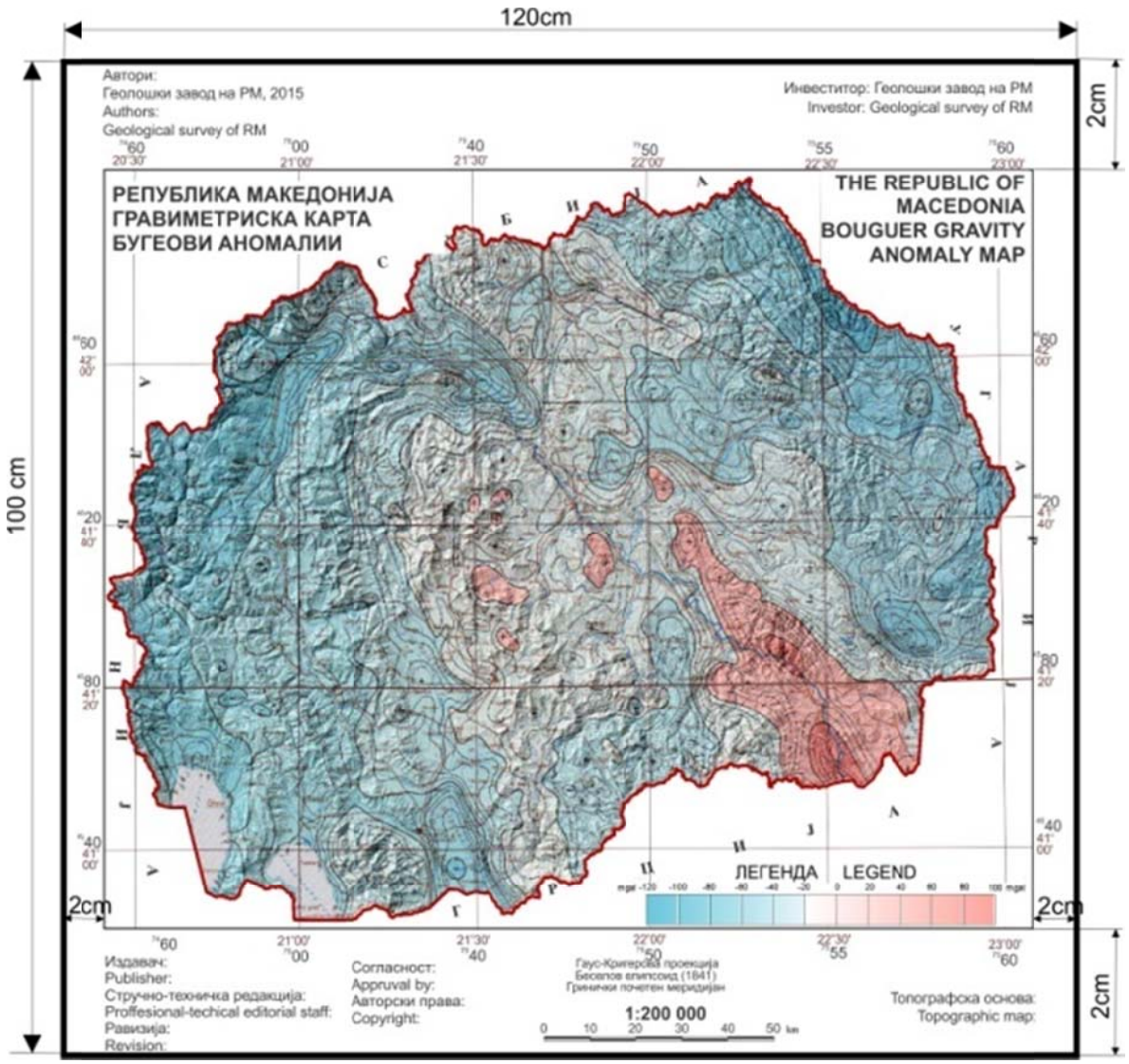
Геофизичките карти ќе бидат направени во размер 1:200 000. Ќе се печатат на еден лист со целата државна територија, а како алтернатива е картите да се печатат на два листа, западниот и источниот дел на РМ, со што би била полесна нивната манипулација.

Геоофизичките карти ќе се прикажат на топографска основа (карта) во ист размер 1:200 000. Согласно законските прописи задожително ќе ги содржи основни картографски елементи: државна граница, населени места, патна и железничка инфраструктура, хидрографијата и релјеф на теренот во вид на изохипси кои ќе бидат со еквидистанца изохипси од 50 m. Картата треба да биде во сива нијанса со слаби контрасти и да биде транспарентна, така што нема да преовладува над геофизичката карта.

Од сите страни на картата, на просторот помеѓу рамката и работ на картата ќе биде нанесена географска ширина и должина во степени, како и Y и X координати во km. На топографската карта ќе бидат прикажани меридијани и паралели на секоји 20 минути по должина и 30 минути по ширина.

Придружните графички елементи на картата се претставени со наслов, легенда, размерник, профили, барови, дијаграми и др.

Со цел запазување на законските прописи и компатибилноста со податоците кои во иднина треба да се разменуваат со други институции во РМ и во странство, геофизичките карти ќе се изработат на топографските подлоги согласно Правилникот за начинот на изготвување на топографски карти, ортофото карти/планови и картографски производи (“Службен весник на РМ”, бр.159/13), и тоа во актуелниот државен координатен систем (Macedonia_State_Coordinate_System_ zone_7), Бесселов референтен елипсоид: (Bessel 1841), во Гаус-Кригерова (Gauss Krüger) картографска проекција.



Слика 1. Шематски приказ на финална геофизичка карта (Столиќ Н. и Михајловиќ С., 2015)

ДИНАМИКА НА ИЗВЕДУВАЊЕ НА ПРОЕКТИРАНИТЕ РАБОТИ

Реализација на овој проект е отпочната во 2015 година со изработка на проектна документација и струшна оцена (ревизија). Изработката на геофизичките карти со толкувачите и нивната ревизија (или комисијско одобрување) се планира во текот на 2016 година, додека нивното печатење се планира во првиот квартал на 2017 година (Табела 1).

Табела 1. Динамички план за реализација на проектот

Фаза	Вид на работа	Период на извршување (месец/година)
I	Изработка на проектна документација	Реализирано во 2015 година
II	Ревизија на проектна документација	Реализирано во 2015 година
III	Изработка на карти и толкувачи	Јануари-август 2016 година
IV	Ревизија или комисијско одобрување на картите и толкувачите	Септември и октомври 2016 година
V	Подготовка и печатење на картите и толкувачите	Јануари-март 2017 година
Вкупно:		**2015/2016/ 2017**

ЛИТЕРАТУРА

Билибајкиќ П., Младеновиќ М., Мујагиќ С., Римац И., 1979: Толкувач за гравиметриската карта на СФР Југославија-Бугеови аномалии-1:500 000, Геофизика - Загреб и Завод за геолошки и геофизички истражувања - Белград. Сојузен геолошки завод Белград.

Господинов С., 2015: Елаборат, Детален гравиметриски премер во Република Македонија. Геофото Зенит Инженеринг Скопје и Geotechengineering Софија, Бугарија. Скопје.

Starčević M., 1991: Gravimetrijske metode istraživanja. Izdavač: Nauka, Beograd. 226 strana.

Стојковиќ М., Ќириќ Б., Дамјановиќ, К., 1976: Толкувач за геомагнетната карта на СФР Југославија - Аномалии на вертикалната компонента - 1:500 000, Геомагнетски институт - Гроцка. Сојузен геолошки завод Белград.

Столиќ Н., Михајловиќ С., 2015: Проект за изработка на дигитални основни геофизички (гравиметриски и геомагнетни) карти на Република Македонија во ГИС информатичка технологија и нивната геолошка интерпретација со толкувачи. Стручен фонд на Геолошкиот завод на Република Македонија, Скопје 2015.

НОВИ СОЗНАНИЈА ЗА ГЕОМАГНЕТНОТО ПОЛЕ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

[1]Марјан Делипетрев, [2]Владимир Маневски, [3]Крсто Блажев

[1]Факултет за природни и технички науки, Универзитет Гоце Делчев, Штип, delipetrov@yahoo.com
[2]Факултет за природни и технички науки, Универзитет Гоце Делчев, Штип,manevski81b@gmail.com
[3]Технолошко технички факултет, Универзитет Гоце Делчев, Штип, krsto.blazev@ugd.edu.mk

Абстракт

Геомагнетното поле во принцип може да се претстави низ три компоненти и тоа: нормално геомагнетно поле, регионално геомагнетно поле и локално геомагнетно поле. Нормалното геомагнетно поле се генерира во јадрото на Земјата, односно причинител е диференцијалното движење на внатрешното јадро во однос на надворешното. Ова поле се регистрира на целата земјина топка. Со максимална вредност на половите од околу 66 000 nT со минимална вредност на екваторот со 33 000 nT. Поимот за регионално поле подразбира влијание на причинителот на полето на поширок регион и причинителите на ова поле се наоѓаат во горниот дел на мантијата или во долниот дел на земјината кора. Локалното геомагнетно поле е генерирано од стенските комплекси во горниот дел на земјината кора како и зголемена концентрација на метални минерални суровини посебно рудни наоѓалишта. Во овај труд детално се проучува и анализира геомагнетното поле составено од горе наведените три компоненти. Територијата на Македонија зафаќа околу 25 000 km^{2}и од глобален аспект тоа е релативно мал простор, па влијанието на нормалното геомагнетно поле е во границите од 46 256 до 47 015 nT. При дефинирањето на регионалното геомагнетно поле на територијата на Република Македонија причинителите треба да се бараат во длабоките слоеви на земјината кора и регионалната реонизација на полето е нормално е да се поврзе со гео тектонската класификација на оваа територија. Причинителите во делот на мантијата од регионален аспект би можело да се зборува за поголема територија односно Балканот. Користејќи ја тектонската реонизација и спроведените мерења на нормалното магнетно поле на 15 точки на територијата на Република Македонија извршено е определување на регионалната компонента на полето и таа генерално добро се поклопува со од геолозите веќе дефинираната тектонска поделба на овие простори. Лежиштата на металични и посебно железни руди се издвојуваат како локални геомагнетни аномалии.

Клучни зборови: Геомагнетно поле, тотално поле, деклинација, инклинација, регионално аномално поле.

ВОВЕД

Геомагнетното поле е индуцирано од градбата на Земјата, процесите во неа, како и надворешните влијанија. Тоа поле е претставено како збир од трикомпоненти:

Нормално геомагнетно поле кое е генерирано од причинителите во јадрото. Во оваа компонента се вклучени и причинителите кои се во длабочината на Земјината кора, но по своето простирање ја зафакаат целата територија на Република Македонија;

Регионално геомагнетно аномално поле, кое е под влијание на карактеристичните генератори на магнетното поле, во издвоените неотектонски зони на територијата на Република Македонија;

Локално геомагнетно аномално поле кое директно е во корелација со геолошките структури во горниот дел на земјината кора кои имаат изразени магнетни својства (зголемена концентрација на феромагнетични минерали).

Територијата на Република Македонија, како дел од Алпскиот ороген на Балканскиот полуостров, се карактеризира со многу сложена геолошка градба,каде се издвоени структурни сегмент - зони кои се простираат пошироко од Балканскиот регион. Најновата геолошка историја, неотектонската етапа, со влијанието на различни геолошки процеси, ги издвоила овие зони како посебни целини. Различната геолошка градба и процесите кои се одвиваат на овие простори имаат влијание на структурата на геомагнетното поле. На територијата на Европа не може да се издвои таква мала територија како Република Македонија, а воедно да има така сложена геолошка градба, соодветно

на тоа и сложена структура на локалното геомагнетно поле.

За реализација на овој труд беа поставени следните цели:

1. Истражувања на геомагнетното поле на територијата на Република Македонија;
2. Примена на методологијата на обработка на податоци на геомагнетното поле практикувана во опсерваторијата Дурбс-Белгија;
3. Набљудување на геомагнетното поле со нова опрема, односно за првпат нејзино користење при теренски мерења воедно и нејзино тестирање;
4. Дефинирање на модел на елементите на нормалното геомагнетно поле, за територијата на Република Македонија;
5. Изработка на карти на елементите на нормалното геомагнетно поле и на регионалното аномално поле;

ОСНОВИ НА МАГНЕТНОТО ПОЛЕ НА ЗЕМЈАТА

Геомагнетното поле е одраз на градбата на Земјата, процесите во неа, какои надворешните влијанија.Компонентите на геомагнетното поле кои потекнуваат од земјината внатрешност може да се претстават со (2):

$$T_z = T_o + T_m + T_a$$

$\boldsymbol{T_z}$–геомагнетно поле генерирано од делот на земјината внатрешност;

$\boldsymbol{T_o}$–поле на хомогено намагнетизирана Земја,кое може да се претстави како полена диполен магнет чија средина се наоѓа во центарот на Земјата, кое се нарекува диполно поле;

$\boldsymbol{T_m}$–поле предизвикано од нехомогености и магнетни причинители воподлабоките делови на Земјата, кое се нарекува недиполно или поле на континентите;

$\boldsymbol{T_a}$–поле предизвикано од магнетни причинители во горниот дел на земјинатакора.Во вкупната вредност на компонентата T_z,T_o езастапена околу 80%$T_м$≈10-15 %и T_a≈5 %.Аномалното поле T_aможе да се раздели на компоненти возависност од просторот кој го зафаќаат:

$$T_a = T_a^{GR} + T_a^{MR} + T_a^{L}$$

$\boldsymbol{T_a^{GR}}$ – Големи регионални аномалии, зафаќаат простор од повеќе стотици квадратни километри површина на Земјата.

$\boldsymbol{T_a^{MR}}$ – Регионални аномалии со размери од повеќе десетици километри на површината на земјата.

$\boldsymbol{T_a^{L}}$–Локални аномалии со размери до десет километри.Вкупното магнетно поле на Земјата го сочинуваат полето од нејзината внатрешност T_z, но и екстерните полиња кои се генерираат во атмосферата,посебно во јоносферата, влијанието на Сонцето (сончевиот ветер) и магнетните феномени кои се случуваат надвор од атмосферата, тоа поле се нарекува екстерноT_e.

Посебно се издвојува иδT поле на варијации кое зависи од меѓусебната положба на Земјата, Сонцето и Месечината. Вкупното магнетно поле на Земјата може да се претстави како:

$$T = T_z + T_e + \delta T$$

или

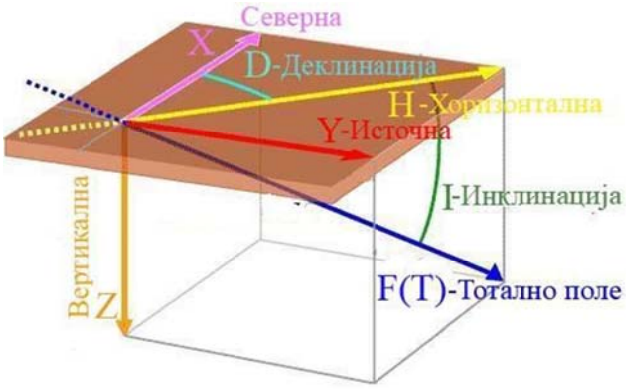
$$T = T_o + T_m + T_a + T_e + \delta T$$

Досегашните истражувања покажале дека најдобар физички филтер е набљудување на геомагнетното поле на различни висини од површината на Земјата, при тоа од мерните резултати треба да се елиминираат влијанијата на екстерните полиња-T_e и влијание на полето-δT.

ЕЛЕМЕНТИ НА ГЕОМАГНЕТНОТО ПОЛЕ

Геомагнетното поле на Земјата (3) во која било нејзина точка или во доменот на магнетосферата може да се претстави со векторот на јачината на полето на

магнетската индукција кој што е насочен по тангентата на магнетните силови линии во мерната точка.
Вообичаена ознака за вектор на јачината на геомагнетното поле е T . Модулот на векторот T го дефинира интензитетот на геомагнетното поле во точката на набљудување. Вертикалната рамнина во која лежи векторот на геомагнетното поле се нарекува и магнетски меридијан.



Слика 1. Скица на елементите на геомагнетното поле на Земјата

Ако во мерната точка се постави почетокот на правоаголниот координатен систем (слика 2.5), чија рамнина xOy е хоризонтална, z-оската е ориентирана надолу (кон центарот на Земјата), а при тоа x-оската се постави да лежи во рамнината на географскиот меридијан и да е насочена кон север, тогаш y-оската е ориентирана кон исток. Во таквиот координатен систем векторот на геомагнетното поле може да се разложи на компоненти, а неговата положба во просторот да се определи со аглите што тој ги зафаќа со своите проекции во избраниот координатен систем.

Аголот D што рамнината на магнетниот меридијан во точка О го зафаќа со географскиот меридијан се нарекува деклинација, односно, тоа е агол што хоризонталната компонента Н на векторот на геомагнетното поле Т го зафаќа со позитивниот дел на х-оската. Ако векторот H е отклонет во правец на исток од позитивната х-оска, тогаш деклинацијата е позитивна или источна, а ако векторотH е отклонет во правец на запад во однос на позитивната х-оска,тогашдеклинацијата е негативна или западна.

Хоризонталната компонента H на геомагнетното поле може да се разложи на две меѓусебно нормални компоненти, така што:

$$H = X + Y$$

каде што:
Х – е проекција на компонентата – Н на х – оската и се нарекува северна компонента.
у – е проекција на компонентата – Н на у – оската и се нарекува источна компонента.
Бидејќи векторот T со хоризонталната рамнина xOy зафаќа агол I, кој се нарекува инклинација на геомагнетното поле, тогаш:

$$H = T\cos I$$

на сличен начин:

$$X = H\cos D;\ Y = H\sin \mathrm{D}$$

Проекцијата на векторот T на z-оската се нарекува вертикална компонента-Z на геомагнетното поле и таа е изразена со равенката:

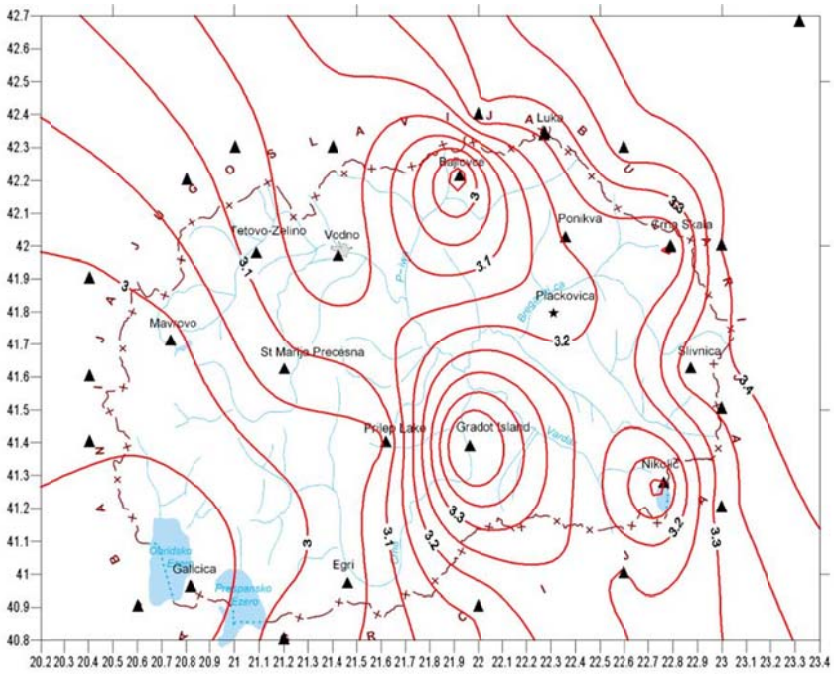
$$Z = T\sin I$$

Деклината – D, инклинацијата – I, хоризонталната – Н, источната – Y, северната – Х и вертикалната – Z компонента како и векторот Т на геомагнетното поле се нарекуваат елементи на геомагнетното поле.Некои од релациите помеѓу елементите на геомагнетното поле се:

$$T=H+Z\ ;tgD = \frac{Y}{X}\ ;Z=H\ tg\ I$$

КАРТИ НА ЕЛЕМЕНТИТЕ НА ГЕОМАГНЕТНОТО ПОЛЕ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

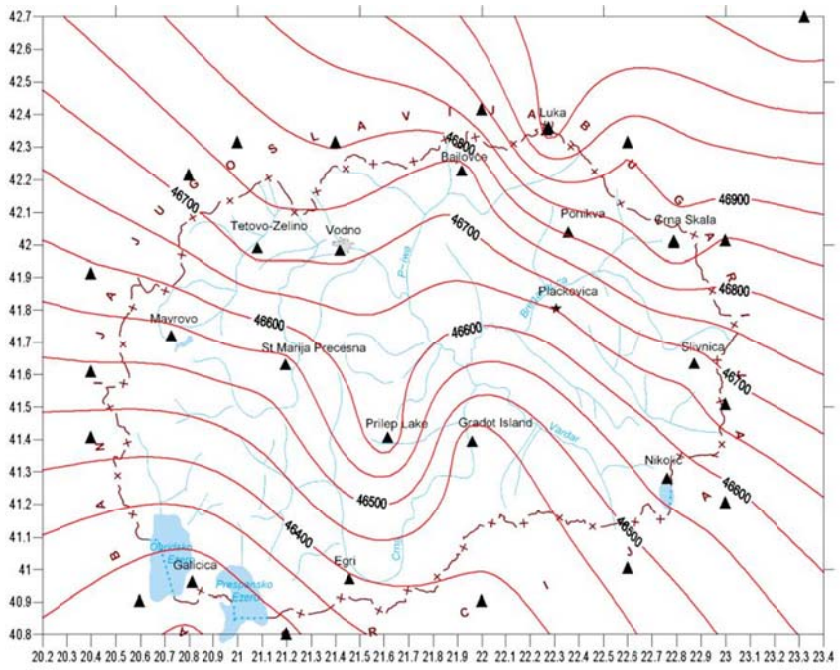
Користејќи го софтверскиот пакет SURFER, изработени се соодветни карти прикажани на следните графички прилози(1). Како основа на геомагнетните карти е земена дигиталната хидрогеолошка карта на Република Македонија. Вредностите на точките кои се надвор од границите на Република Македонија се пресметани поIGRF 2000 моделот.Анализирајќи ги вредностите на деклинацијата на територијата на Република Македонија (Сл. 2) варираат од максимална набљудувана вредност на мерната станица Градот D=3,514^0 до минималната вредност на мерната станица Галичица D=2,898^0 односно деклинацијата варира во интервал$\Delta D = D_{max} - D_{min}$=0,616^o



Слика 2. Карта на деклинација – D за Р. Македонија

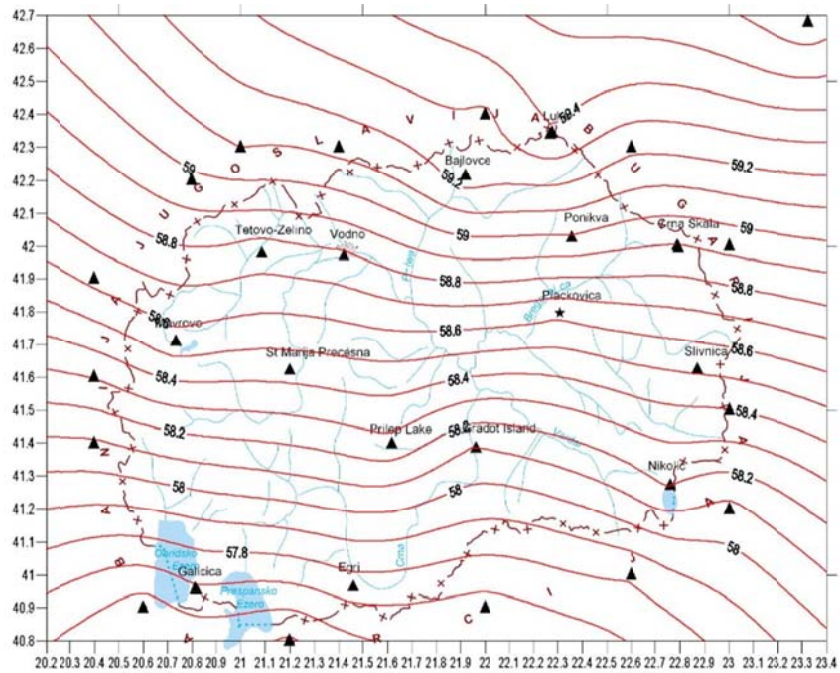
Набљудуваните вредности на нормалното геомагнетно поле на тоталниот вектор варираат од максималната вредност на мерната точка Црна СкалаT_{max}=46885,1nT до минимална вредност на мерната точка Галичица T_{min}=46261,9nT,односно во интервал ΔT=623,2 nT.На сликата 3 е претставена картата на тоталниот вектор T за територијата на Република Макеоднија.

Полето на тоталниот вектор е релативно помирно во споредба со полето на деклинацијата. Изразени повивања на изолиниите има во централниот-јужен дел и северо-источниот дел во близината на границата со Република Бугарија и Република Србија.



Слика 3. Карта на тоталниот интензитет – T на територијата на Р. Македонија

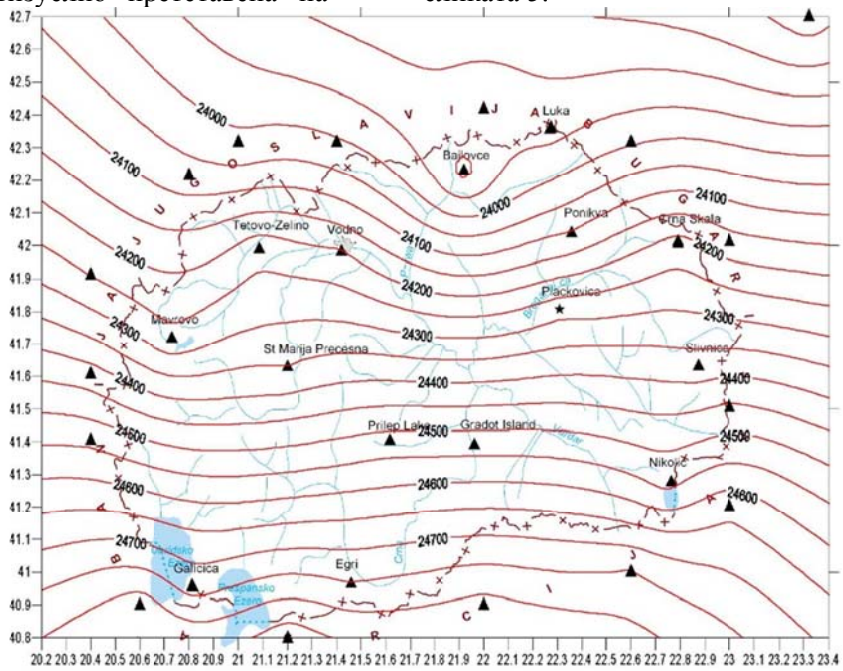
Инклинацијата на територијата на Република Македонија варира во интервалотΔI=1,704^{0}со максимална вредност на мерната точка Луке I_{max}=59,393^{0}и минималната вредност на мерната точка Галичица I_{min}=57,689^0. Полето на инклинацијата е изразито хомогено во однос на полето на деклинацијата и тоталниот вектор.Картата на инклинација е претставена на сликата 4.



Слика 4. Карта на Инклинација – I на територијата на Р. Македонија

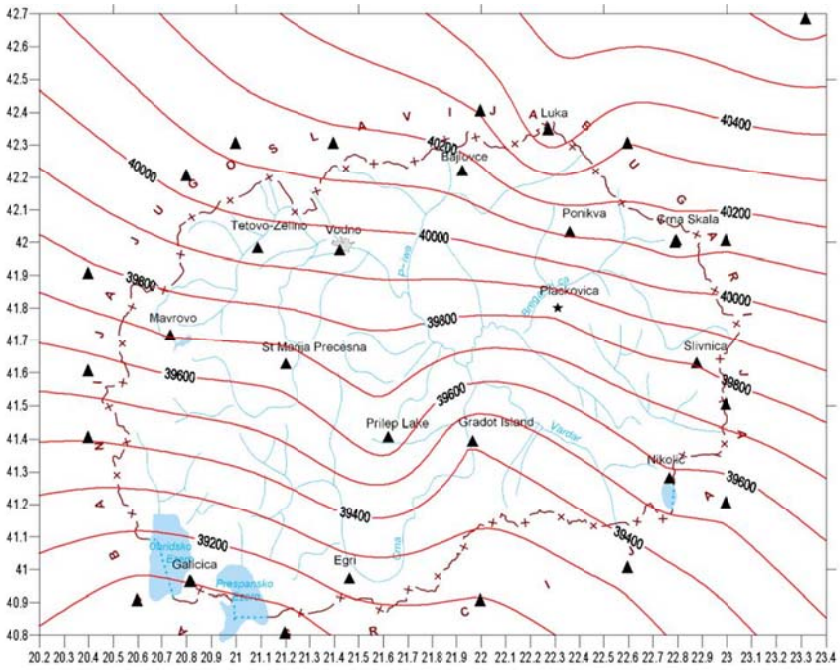
Вредностите на хоризонталниот интензитет на нормалното геомагнетно поле варираат во интервалΔH=867,19nT со максимална вредност на мерната точка Егри H_{max}=24751,17nT и минимална вредност на мерната точка БајловцеH_{min}=23883,98 nT.Полето е релативно мирно на целата

територија и е визуелно претставена на сликата 5.



Слика 5. Карта хоризонталниот интензитет – H на територијата на Р. Македонија

Вредностите на вертикалната компонента-Z на нормалното геомагнетно поле за епоха 2005 година за територијата на Република Македонија варираат во интервалотΔZ=1365,59 nT. Максималната вредност е определена за мерната точка Луке Z_{max}=40464,26 nT и минималната за мерната точка ГаличицаZ_{min}=39098,67 nT. На сликата 6 е претставена картата на вертикалната компонента.



Слика 6. Карта на вертикалната компонента – Z на геомагнетното поле на Р. Македонија

ЛОКАЛНИ АНОМАЛИИ НА ГЕОМАГНЕТНОТО ПОЛЕ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

Територијата на Република Македонија е истражувана со релативно густа терестичка мрежа на точки и на база на тие податоци е изработена карта на вертикалната компонента-*Z* на аномалното геомагнетно поле во размер 1:500 000 (Сл. 7). За дефинирање на аномалната вредност,покрај поправката за дневната варијација, извршена е поправка за географската ширина и сведување на морско ниво според наведеното равенство:

$$\Delta Z = Z_m \pm \Delta Z_{dv} - Z_{\varphi m} + \Delta Z_h$$

Каде што:

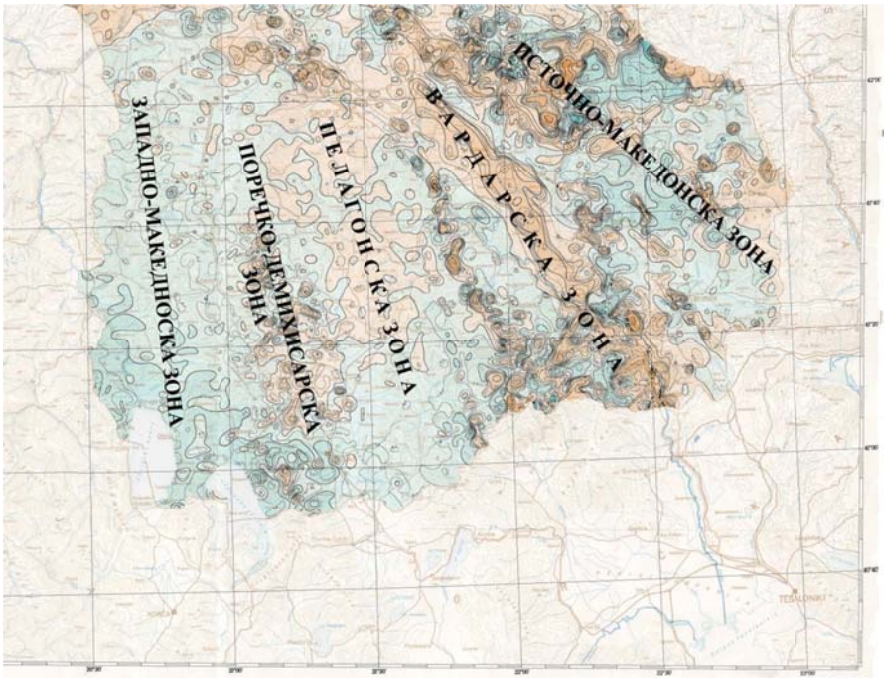
Z_m-Мерна вредност

ΔZ_{dv}-Дневна варијација

ΔZ_h-поправка за висина

$Z_{\varphi m}$-нормална вредност на компонентата-*Z*,може да биде пресметана одIGRFили од моделот на нормалното поле на тој простор

ΔZ -Аномална вредност на компонентата-*Z*.



Слика 7. Карта на аномалното магнетно поле на Република Македонија

Картата на аномалното геомагнетно поле е резултат на променливиот состав на феро и пара магнетните минерали во карпестите комплекси од горниот дел на земјината кора. За подетална анализа на локалните аномалии на геомагнетното поле неопходно е поголемо познавање на геолошката градба на теренот. Анализирајќи го просторниот распоред на аномалното геомагнетно поле на територијата на Република Македонија може да се издвојат следните основни единици: Западно Македонска зона, Пелагониска зона, Поречко – демирхисарска зона, Вардарска зона и Источно Македонска зона.

Од картата посебно се анализираат деталните истражувања спроведени за изнаоѓање на наоѓалишта на минерални суровини. Како најзначајни геомагнетни аномалии се регистрирани кај: Демир Хисар – Слепче, Митрашинци, Р'жаново, Раштани и Дамјан. Вредностите на овие геомагнетни аномалии за ΔZја надминуваат вредноста над +500 nT и со негативен знак – 200 nT. Вака високите вредности се темелат на зголеменото присуство на феромагнетични минерали во наведените рудни подрачја.

ЗАКЛУЧОК

Врз основа на спроведените истражувања во оваа дисертација „Структура на геомагнетното поле на територијата на Република Македонија“ може да се донесат неколку заклучоци.Картите и моделите на елементите на нормалното геомагнетно поле ја изразуваат специфичноста на просторот на Република Македонија. Регионалното аномално геомагнетно поле добро корелира со неотектонската реонизација на Република Македонија. Локалното аномално поле на Z_a компонентата е во директна зависност од при површинските геолошки структури кои во себе содржат поголемо количество на феромагнетични минерали. Овие податоци се користат при истражувањето на минерални суровини.Презентираните податоци за деклинацијата може да најдат широка примена во сите активности каде се користи компасот.Спроведените истражувања и презентираните резултати се добра основа за понатамошно продлабочено изучување на геомагнетното поле во Република Македонија.

ЛИТЕРАТУРА

Делипетрев М. Структура на геомагнетното поле на територијата на Република Македонија – докторска дисертација, 2011 Скопје: Природно – Математички факултет.

Делипетров, Т., Геофизички истражувања. Vol. 1. 1996, Штип: Рударско-геолошки факултет.

Делипетров.Т, Р.Ж., Дума Г., Геомагнетни и електромагнетни мерења и стандарди за квалитет. 1 ed. 2005, Штип: Рударско-геолошки факултет.

МЕТОД НА КОМБИНАЦИЈА НА ГЕО – ЕЛЕКТРИЧНО СОНДИРАЊЕ И КАРТИРАЊЕ

[1]Владимир Маневски, [2]Марјан Делипетрев, [3]Ивица Коцев, [4]Благој Делипетрев

[1]Факултет за природни и технички науки, Универзитет Гоце Делчев, Штип, manevski81b@gmail.com
[2]Факултет за природни и технички науки, Универзитет Гоце Делчев, Штип, delipetrov@yahoo.com
[3]ING, Amsterdam, Netherland, ico.kocev@gmail.com
[4]Факултет за информатика, Универзитет Гоце Делчев, Штип, blagoj.delipetrev@ugd.edu.mk

Абстракт
Гео – електричните истражувања претставуваат една од најупотребуваните методи во дефинирање на нивото на подземна вода и истражување на минерални суровини. Овие истражувања имаат можност за комбинација на различен распоред на електродите се со цел полесно да се дефинира реалната средина. Најчесто употребувани гео електрични методи се Вертикално електрично сондирање со Шлумбергеров распоред и електрично картирање во Венеров распоред. Вертикалното електрично сондирање е поволна метода за определување на хоризонтални гранични површини, додека гео – електричното картирање е ефикасна метода за определување на вертикални контакти како и раседни дислокации. Имајќи ги предвид можностите што ги нудат овие две методи во трудот е направен напор да при изведување на вертикално електрично сондирање добиените мерни резултати да бидат искористени за изработка на профил од гео – електрично картирање. За таа цел е изработен компјутерски алгоритам во кој се дефинираат основните параметри на истражувањето, како што се: AB / 2 – должина на профилната линија, распоредот на електродите AB и MN, степенот на преклопување на BEC сондите. Програмскиот пакет ќе го дефинира бројот на сонди од спроведеното вертикално електрично сондирање како и можната густина на картираните длабочини според Вернеровиот распоред. Користејќи ја формулата за Вертикално електрично сондирање според Шлумебргеровиот распоред ќе бидат прикажани гео електричните сонди на привиден отпор, истовремено во друга боја ќе биде прикажан привидниот електриченотпор добиен од резултатите за гео електричното картирање. Во програмот ќе биде дизајнирана табела за внесување добиените резултати при теренските мерења како и табеларен приказ на израчунатите вредности според дадените формули за Вернеров и Шлумбергеров распоред.

Клучни зборови: Картирање, Сондирање, Електричен отпор

ВОВЕД

Гео – електричните методи на испитување се базираат на регистрација на промените врз познато електрично поле кое зависно од начинот на настанување може да биде природно или индуцирано. Промените врз електричното поле зависат од спроводливите карактеристики на под површинскиот комплекс, па според тоа преку идентификување на промените врз полето во корелација со спроводливите карактеристики на геолошките средини се моделира под површинската градба на испитуваната средина. Во зависност од природата на полето постојат два вида на гео – електрични испитувања и тоа испитувања на сопствен потенцијал (SP) и испитувања на електричен отпор.
Истражувањата обработени во научниот труд се базираат на мерен диспозитив составен од струјни и потенцијални електроди односно во истражниот простор се индуцира електрично поле па според тоа истите се квалификуваат како испитувања на електричен отпор. Овие испитувања се состојат од модели на реален електричен отпор и модели на привиден електричен отпор. Моделите на реален електричен отпор се изведуваат теренски во истражните бушотини или во лабораториски услови преку испитување на геолошките средини определени преку картирањето на истражните бушотини. Преку интерпретација на моделите на привиден електричен отпор за дадени длабочини се определуваат специфичните електрични отпори на геолошките структури. Преку корелација на добиените податоци со моделите на реален електричен отпор се идентификуваат геолошките средини и врз основа на тие податоци се моделира под површинската структура на истражниот простор. Научниот труд се

базира на корелација помеѓу основните параметри на методите на гео – електричното сондирање и гео – електрично картирање.

Методата на сондирање е изведена преку Шлумбергеров распоред на мерниот диспозитив составен од две струјни и две потенцијални електроди каде растојанието помеѓу струјните електроди е многу поголемо од растојанието помеѓу потенцијалните електроди. Истражниот простор се моделира до различни длабочини преку континуирано оддалечување на струјните електроди за секое ново мерење. Потенцијалните електроди го регистрираат привидниот електричен отпор на средината за даден длабочина која е еднаква на една половина од растојанието помеѓу струјните електроди.

Методата на гео - електрично картирање е изведено со Венеров распоред на мерниот диспозитив и истиот се состои најчесто од четири електроди (две струјни, две потенцијални) линиски поставени во мерен распоред каде сите електроди се поставени на еднакво растојание „а“. Длабочината на испитување на истражниот простор зависи од растојанието помеѓу електродите и е еднакво на таа вредност d = a. За секое растојание (длабочина) „а“, истражниот простор се испитува вдолж целата мерна површина со целосно поместување на мерниот диспозитив.

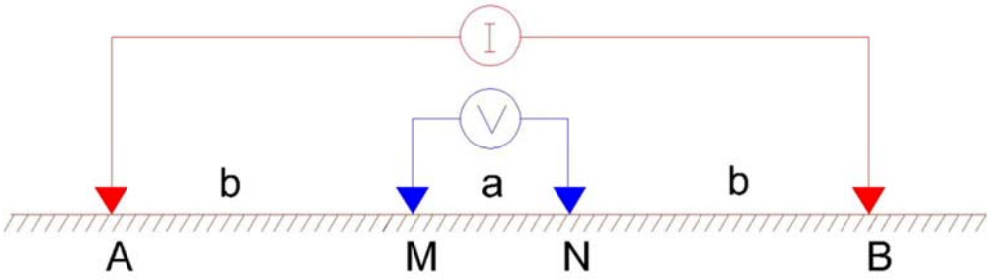
Компјутерската обработка на податоците се базира на определување на зависноста на теренската поставеност на мерниот диспозитив помеѓу двете методи. Имено тргнувајќи од параметрите на гео – електричното сондирање (зависно од длабочината на испитување, степенот на преклопување како и мерните растојанија) се определуваат мерните точки долж испитуваниот простор со кои за одредена длабочина може да се изведе метода на гео – електрично картирање со задоволувачка густина на преклопување. При директна обработка како и графички приказ на евентуалната теренска состојба, се овозможува ефективно планирање на гео – електричното сондирање изведено симултано со методата на гео – електрично картирање. Дополнително со компјутерска обработка се симулираат моделите на гео – електрично картирање преку евентуалните теренски податоци добиени при методата на сондирање. Корелацијата помеѓу овие податоци се изведува преку физичките основи за измерениот привиден електричен отпор во зависност од користената методологија. Преку овие податоци најпрво се обезбедува техничка поддршка при планирањето на профилните геофизички испитувања како и нивните основни параметри, а исто времено и преку изведување на теренски испитувања користејќи една методологија се добиваат геофизички модели за двете гео – електрични модели. Симулирањето на податоците дополнително може да се провери преку постапка на ре интерпретација, со цел да се верификува апликативноста на таквиот принцип на моделирање.

ШЛУМБЕРГЕРОВ РАСПОРЕД НА МЕРНИОТ ДИСПОЗИТИВ (МЕТОДА НА ГЕО – ЕЛЕКТРИЧНО СОНДИРАЊЕ)

Шлумбергеровиот распоред на мерниот диспозитив претставува линиски распоред кој користи две струјни електроди (A), (B) и две потенцијални електроди (M),(N). Ваквиот мерен распоред е карактеристичен по тоа што оддалеченоста на струјните електроди е многу поголема од оддалеченоста на потенцијалните електроди. На сликата 1 визуелно е претставен Шлумбергеровиот мерен распоред.

Потенцијалните електроди се на многу мало растојание и се фиксирани односно не се придвижуваат при секое ново мерење, додека пак струјните електроди со секое ново мерење сукцесивно се оддалечуваат од центарот на мерниот диспозитив. Длабочината на испитување директно зависи од оддалеченоста на струјните електроди и доколку длабочината на побудување на бележиме со h, а растојанието помеѓу електродите со AB зависноста помеѓу двата параметри (1) е претставена со следното равенство

$$h = AB/2 \tag{1}$$



Слика 1. Шлумбергеров распоред на мерниот диспозитив

Вештачкото електрично поле (со позната јачина на струјата) се индуцира помеѓу двете струјни електроди (најчесто преку протекување на еднонасочна струја), кое модифицирано од спроводливите карактеристики на испитуваниот геолошки комплекс преку напонот се регистрира во потенцијалните електроди. Преку омов закон се определува вкупниот или акумулиран регистриран отпор. Вредноста на привидниот електричен отпор регистриран со Шлумбергеров распоред зависи од растојанието помеѓу струјните и потенцијалните електроди и отпорот на геолошката структура (2) и е претставен преку равенството:

$$\rho_a = \frac{\pi a^2}{b}\left[1 - \frac{b^2}{4a^2}\right]R \tag{2}$$

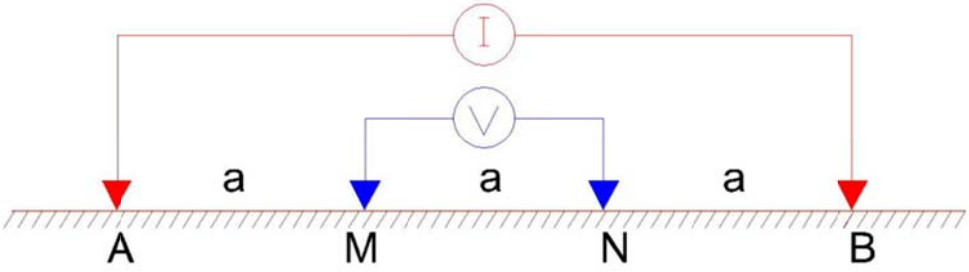
Каде:

a – растојанието од едната струјна електрода до центарот на мерниот диспозитив
b – растојанието помеѓу двете потенцијални електроди
π – константа со вредност 3.14
R – Акумулираниот отпор на геолошката средина.
при услов $a \geq 5b$;

Преку електричните методи обработени со Шлумбергеров распоред истражниот простор се моделира во центарот на мерниот диспозитив за различни длабочини зависно од растојанието помеѓу струјните електроди и бројот на повторувања. Добиените сонди ја претставуваат варијацијата на електричниот отпор при промена на длабочината на испитување за една определена мерна точна на профилната линија.

МЕТОДА НА ГЕО – ЕЛЕКТРИЧНО КАРТИРАЊЕ ВЕНЕРОВ (WENNER)РАСПОРЕД НА МЕРНИОТ ДИСПОЗИТИВ

Венеров распоред на мерниот диспозитив се состои најчесто од четири електроди (две струјни, две потенцијални) линиски поставени во мерен распоред каде сите електроди се поставени на еднакво растојание "a".
Длабочината на испитување на истражниот простор зависи од растојанието помеѓу електродите и е еднакво на таа вредност $d = a$. За секое растојание (длабочина) “a”, истражниот простор се испитува долж целата мерна површина со целосно поместување на мерниот диспозитив. На сликата 2 е прикажан Венеров распоред на мерниот диспозитив со сите карактеристични параметри.



Слика 2. Венеров распоред на мерниот диспозитив

Струјните електроди помеѓу нив генерираат вештачко електрично поле со позната јачина на електричната струја, кое до одредена длабочина се простира низ под површинскиот комплекс и се регистрира во потенцијалните електроди преку напонот. Преку познатите вредности за јачината на струјата и регистрираниот напон се определува акумулираниот електричен отпор на геолошкиот комплекс. Привидниот електричен отпор зависи од распоредот на мерниот диспозитив и вкупниот електричен отпор кој го манифестира испитуваниот простор (4). Зависноста е прикажана со следната равенка:

$$\rho_a = 2\pi aR \qquad (3)$$

Каде:

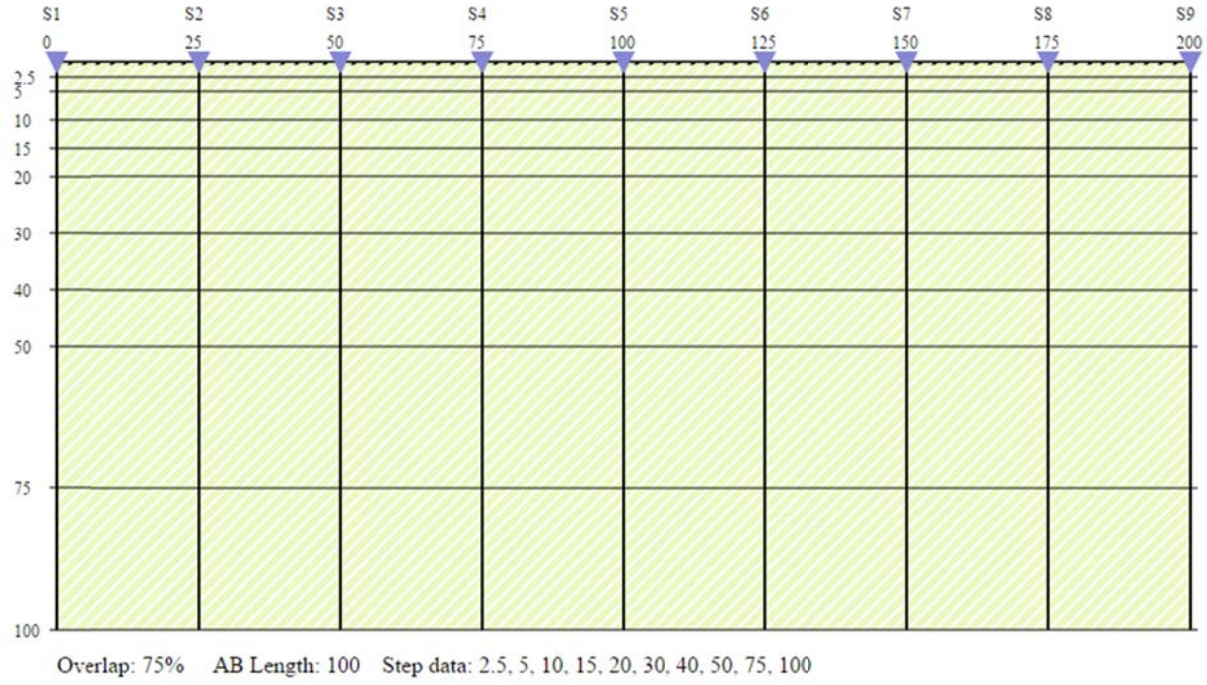
ρ_a– привиден електричен отпор;
π – константа со вредност 3.14;
a – растојанието помеѓу електродите;
R – Акумулиран реален електричен отпор;

Преку електричните методи изведени со Венеров распоред испитуваната површина за иста испитувана длабочина се моделира низ повеќе хоризонтални точки долж испитуваниот простор, преку што на определена по хоризонтала се определуваат различните спроводливи карактеристики на застапените геолошки структури (3). Добиените електрични дијаграми ја даваат варијацијата на електричниот отпор долж мерната профилна линија.

КОМПЈУТЕРСКО МОДЕЛИРАЊЕ НА ГЕО – ЕЛЕКТРИЧНИТЕ МЕТОДИ

Компјутерската обработка на податоците се основа на два независни принципи. Првиот систем ја обработува теренската поставеност на мерните точки, струјните и потенцијалните електроди за секое извршено мерење. Алгоритамот обработува влезни параметри за методата на гео – електрично сондирање со што истата се зема како главна истражна метода додека пак методата на гео – електрично картирање е комплементарна. Со дополнителна модификација на алгоритамот било која од двете методи може да се земе како истражна, меѓутоа главниот акцент на научната анализа се става на функционалноста на презентираната методологија. Имено корисникот првично изработува геофизички пристап на истражување со метода на гео – електрично сондирање и определува профилни линии, длабочина на испитување, процент на преклопување на моделите како и чекор на зголемување на испитуваната длабочина. Врз основа на овие податоци софтверот ја моделира профилната линија со сите основни влезни параметри. Должината на профилната линија се определува од длабочината на испитување (според равенството 1), додека пак преку процентот на преклопување се определува густината на сондите како и нивната теренска позиција. Користејќи го степенот на испитување (наведените длабочини) се определува теренската поставеност на струјните и потенцијалните електроди за секоја дефинирана сонда. Според тоа со обработување на влезните податоци детално се дефинира гео – електричниот модел на сондирање. На сликата 3 визуелно е прикажано вертикално

електрично сондирање изработено за истражна длабочина од 100 метри (според тоа вкупната должина на профилот е 200 метри), процент на преклопување на сондите од 75% како и длабински чекор на испитување со вредности од 2.5, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 75 и 100.



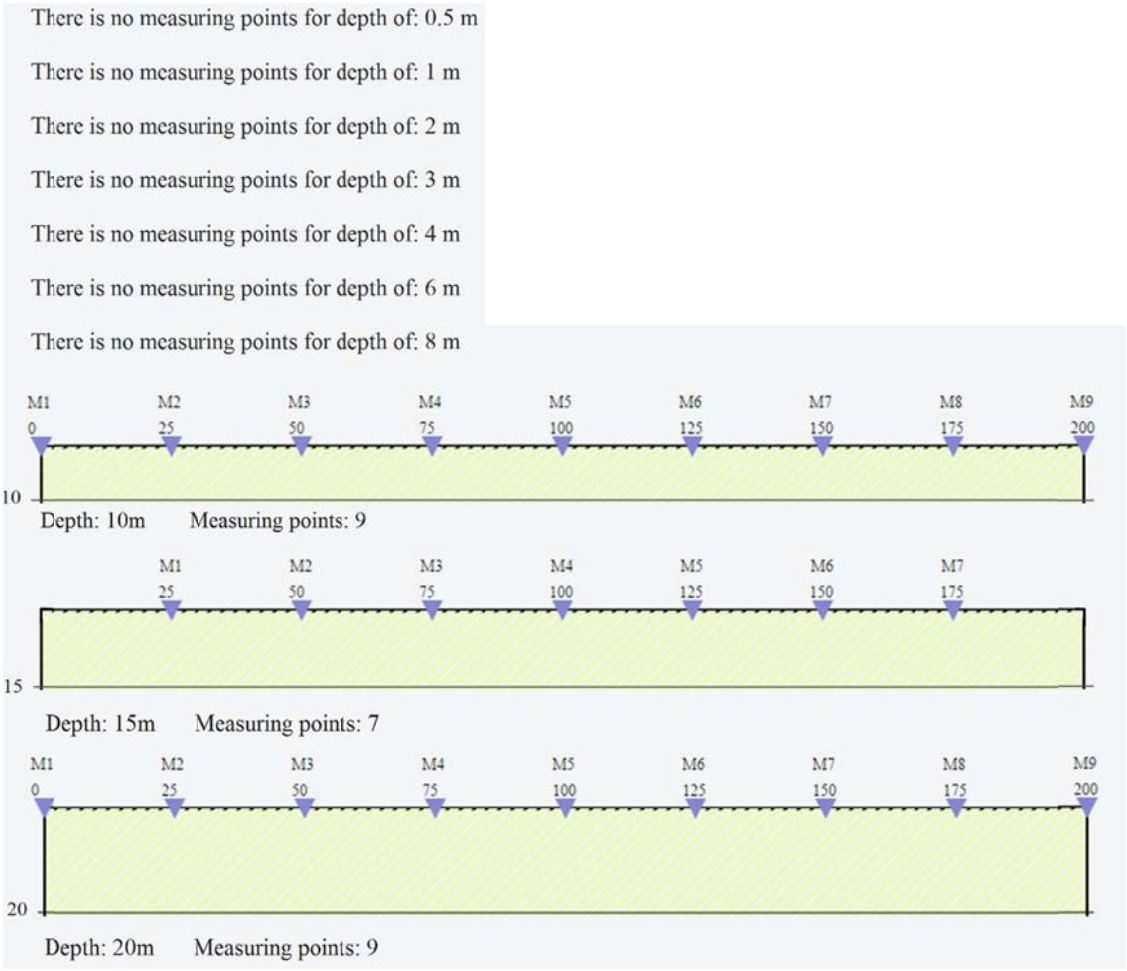
Слика 3. Модел на сондирање со влезни параметри

Познавајќи ја теренската позиција на мерните точки истите дополнително се обработуваат со цел да се утврди за одредено растојание "a" на потенцијалните електроди, лево и десно да се лоцираат струјни електроди на исто растојание со што мерната точка би била потенцијална позиција за примена на методата на гео – електрично картирање за длабочина еднаква на растојанието "a". Алгоритамот ги проверува сите растојанија на потенцијалните електроди за секоја дефинирана сонда. Определените мерни точки за гео – електрично картирање содржат податоци за позицијата на мерната точка длабочината на испитување како и определените струјни електроди лево и десно (именувани според мерната сонда и растојанието од неа).

На сликата 4 се претставени длабинските модели за геоелектричното картирање на истражниот простор, за секоја дефинирана длабочина на испитување заедно со сите дефинирани потенцијални мерни точки. За оние длабочини за кои преку моделирањето се дефинирани мерни точки се претсавени модели на кои се прикажува нивната позиција и густина.

Битно е да се напомене дека толеранцијата на грешка при определувањето на струјните електроди претставува 0% со што за добар дел од длабочините на испитување особено поплитките нема дефинирано ниту една мерна точка и со тоа за тие длабочини на испитување моделирањето преку методата на картирање е невозможно. Од тие причини преку воведување на толеранцијата на грешка се зголемува можноста на корисникот да ги дефинира приоритетните длабински зони на испитување на сметка на влезните параметри на сондирањето или теренската прецизност на сондите.

Преку оваа обработка корисникот има можност на дефинираното сондирање корисникот добива ефикасна претстава за потенцијалните точки на гео – електрично картирање на просторот, исто така со можност за модификација на првичните влезни параметри со цел поефикасна имплементација на гео – електричните испитувања.



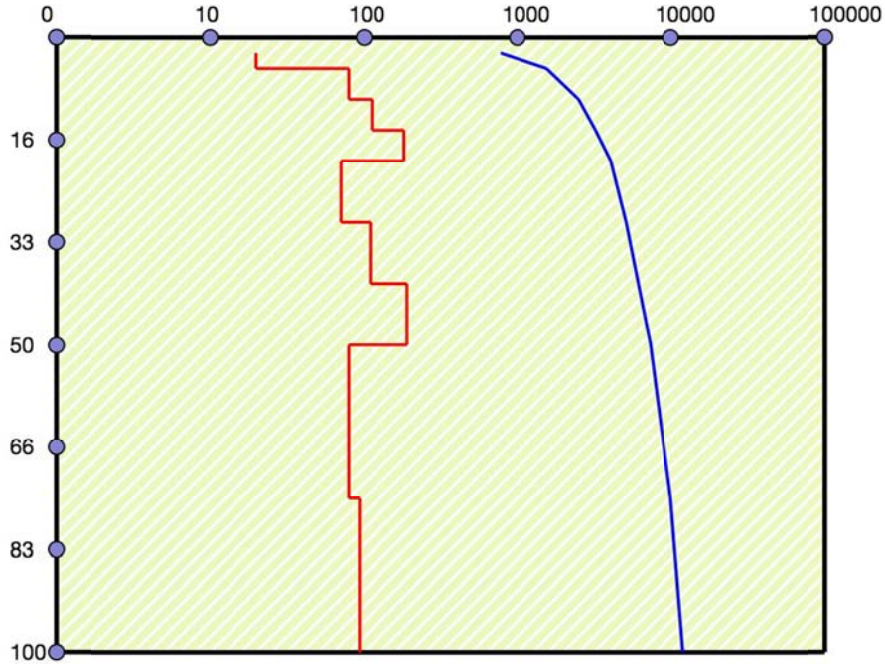
Слика 4. Модели на картирање со дефинирани мерни точки за сите длабочини на испитување

Вториот дел на компјутерското моделирање се базира на синтетичка изработка на модели на привиден електричен отпор на картирање преку податоци добиени од теренска имплементација на методата на гео – електрично сондирање. Со цел да се дефинираат синтетичките модели потребно е во софтверот да се внесат податоци за привидниот електричен отпор од сите дефинирани сонди како и длабочини на испитување.Внесените податоци се користат влезни параметри за генерирање на дијаграм на сондирање кој ја дава зафисноста помеѓу регистрираниот привиден електричен отпор (логаритамски претставен по X оската) и длабочината (линеарно претставен по Y оската).

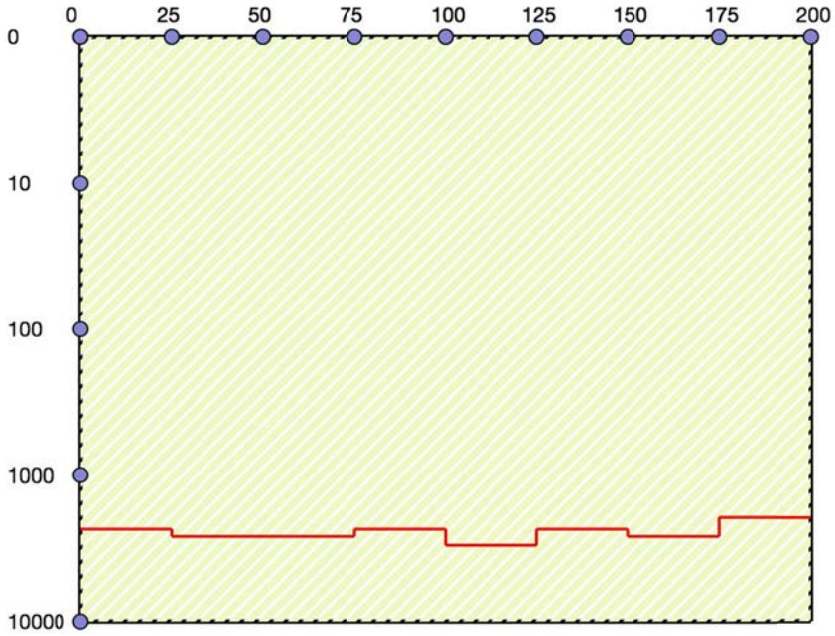
Врз основа на овие податоци, познавајќи ја длабочината на испитување а со тоа и теренската поставеност на електродите како и регистрираната вредност за привиден електричен отпор (според равенството 2) се дефинира реалниот електричен отпор за истражната длабочина. Преку добиените вредности за реалниот електричен отпор се исцртува втор дијаграм кој ја дава зафисноста помеѓу определениот реален електричен отпор (логаритамски претставен по X оската) и длабочината (линеарно претставен по Y оската). Двата дијаграми се претставени на Сл. 5.

Преку директно решавање на геофизичкиот проблем (според равенството 3) се определува привидниот електричен отпор добиен преку метода на гео – електрично картирање претставен на Сл. 6. При користење на овај тип на моделирање најпрво се изработуваат кривите на привиден електричен отпор добиени со метода на сондирање, преку математичка обработка се изработуваат модели на реален електричен отпор добиен преку метода на сондирање, и врз основа на нив финален продукт на софтверот претставуваат криви на привиден

електричен отпор добиени синтетички преку метода на картирање.



Слика 5. Дијаграм на криви на привиден (сина) и реален (црвена) електричен отпор добиени преку вертикално електрично сондирање



Слика 6. Дијаграм на крива на привиден електричен отпор добиена преку методата на гео електрично картирање

ЗАКЛУЧОК

Примената и ефикасноста на гео – електричното сондирање зависи од градбата на теренот, наслоеноста на рудното тело, теренските услови и најбитно специфичниот електричен отпор на средините. Во зависност од потребите методата на гео – електрично сондирање може да се применува самостојно или за поголема ефикасност во комбинација со други геофизички методи.Претставената методологија нуди компјутерски алгоритам кој ги обработува параметрите од гео – електричното сондирање и врз основа на тие податоци презентира можности за примена на методата на гео – електрично картирање. Дополнително на тоа преку компјутерска обработка на теренските податоци добиени од вертикалното

електрично сондирање синтетички се изработуваат модели на привиден електричен отпор преставени преку методата на картирање. Аналогно на тоа преку теренска имплементација на една гео – електрична метода се добиваат геофизички модели од две различни гео – електрични методи, што нуди можност за презентирање на взаемната поврзаност помеѓу двете методи како и моделирање на истражниот простор од различни аспекти.Тој процес придонесува за по комплетен увид на структурата на под површинскиот комплекс, а воедно го намалува времето за изведување на геоелектричните испитувања, а со тоа се редуцираат и трошоците на истражувањата.

ЛИТЕРАТУРА

Делипетров Т. (2003), Основи на геофизика, Универзитет Кирил и Методиј – Скопје;
ŠandorSlimak (1996) Inženjerskageofizika;
J.J.Jakosky (1960) GeofizičkaIstraživanja;
PremV.Sharma (2004) Environmental and engineering geophysics;

KOENIGSBERGER RATIO AND TOTAL MAGNETIC FIELD ANOMALY REDUCTION TO THE POLE FOR THE AREA OF MACEDONIA

[1]Vesna Cvetkov, [1]Dragana Đurić, [2]Vesna Lesić, [1]Miroslav Starčević, [3]Mirko Petković, [4]Snežana Petrović

[1]University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, e-mail: vesna.cvetkov@rgf.bg.ac.rs; dragana.petrovic@rgf.bg.ac.rs, starcevicstari@gmail.com
[2]Republic of Serbia, Republic Geodetic Authority, Department for Gemagnetism and Aeronomy, vesna.lesic@rgz.gov.rs
[3]Slobodana Jovanovica 9, 11400 Mladenovac, Serbia, mirkopetkovic.90@gmail.com
[4]Djordja Pantelica 22, 11080 Zemun, Serbia, snezana.petro.90@gmail.com;

EXTENDED ABSTRACT

INTRODUCTION

Modern magnetometers, usually, measure the magnitude of the total magnetic field (alternative name total intensity), which, along with the position, the shape and the distribution of the magnetization of the source of the magnetic anomaly, depends also on the latitude of the measuring area. In order to obtain the shape of the total magnetic field anomaly that would depend only on geometry of the source of the magnetic anomaly, a number of mathematical procedures, based on the potential field theory, have been developed.

The most commonly used procedure is the reduction to the pole (RTP), which is usually the first in the sequence of the mathematical procedures that have been applied in analysis and interpretation of magnetic data (Isles et al., 2013).

METHODOLOGY

Depending on the latitude, magnetically homogeneous, isotropic and symmetrical body causes a positive, negative or dipole anomaly of the total magnetic field (Cooper et al., 2005). In Figure 1 it is noted that the shape of the magnetic anomaly is asymmetric in all cases except when the source of the anomaly is located at the magnetic pole (I=90°) or equator (I=0°). With the reduction to the pol the magnetic anomalies measured at any latitude are transformed into the anomalies which would be measured if the measurements were carried out on the magnetic poles.

The reduction to the pole is expressed as (Baranov and Naudy,1957):

$$L(\theta) = \frac{1}{\left[\sin(I) + i \cdot \cos(I) \cdot \cos(D - \theta)\right]^2} \quad 1)$$

where

$L(\theta)$ – is the RTP operator (direction of the wave number vector in degrees of azimuth),
I and D – are the inclination and declination of the Earth's magnetic field, respectively.

The RTP operator has a magnitude ($\sin(I)$) and a phase ($i \cdot \cos(I) \cdot \cos(D-\theta)$) component. When the absolute value of the inclination is small ($I \cong 0$) and when the ($D-\theta$) is close to $\pm \pi/2$, the RTP operator becomes unstable i.e. approaches infinity (Grant, and Dodds, 1972). In practice this means that at equatorial latitudes the RTP operator produces false trend in the data, usually parallel to the Earth's magnetic field declination, leading to a substantial gain of the magnetic anomalies for bodies striking North-South. One of the way to avoids this is by intruducing the secondary inclination so-called inclination for magnitude correction (I_a), than the RTP operator becomes more stable at lower latitudes (Grant and Dodds, 1972):

$$L(\theta) = \frac{1}{\left[\sin(I_a) + i \cdot \cos(I) \cdot \cos(D - \theta)\right]^2} \quad 2)$$

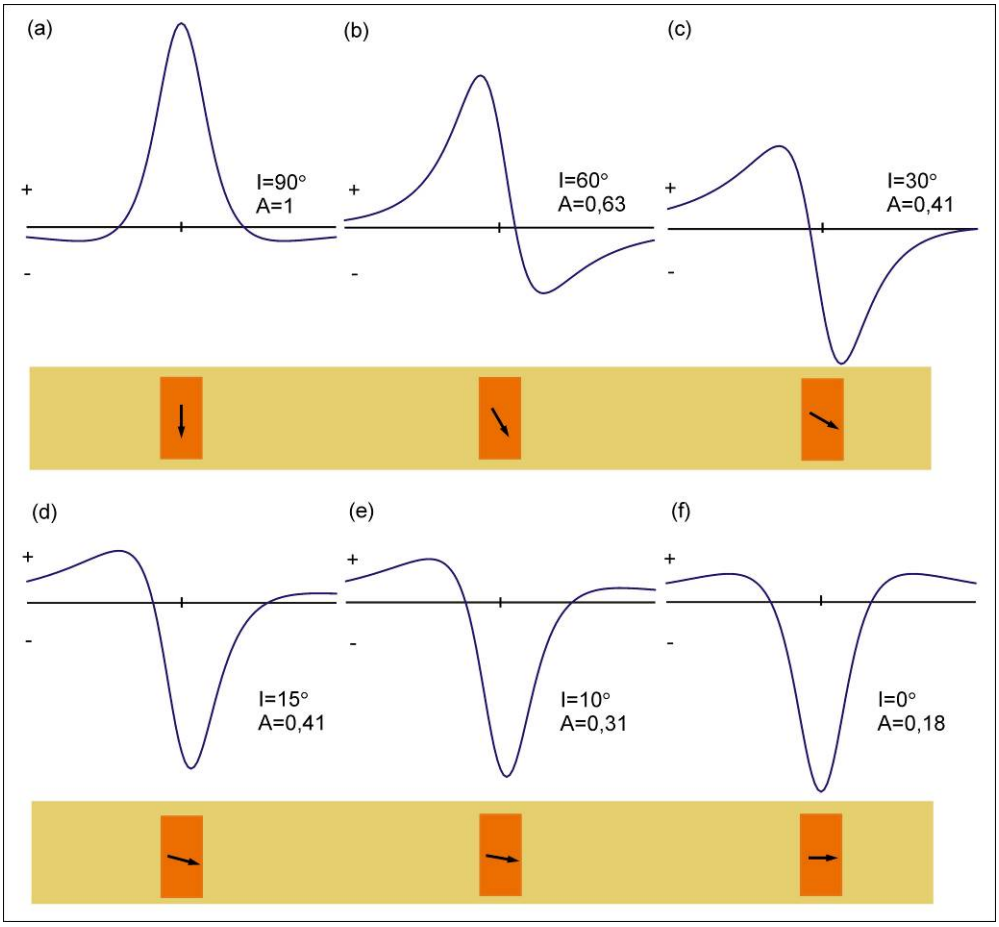


Fig. 1 *The shape of the magnetic anomaly over a vertical magnetically homogeneous body at different latitudes (angles of inclination): (a) I=90°, (b) I=60°, (c) I=30°, (d) I=15°, (e) I=10° i (f) I=0°. A – relative amplitude of the anomally of the total magnetic field. The profiles are oriented along the magnetic meridian*

The RTP operator means greater value I_a from the true value of the Earth's magnetic field inclination. It is necessary that the assigned value I_a least deviates from the actual value of the Earth's magnetic field inclination, while giving acceptable results. For the I_a value of 90° the data contain only the phase component (Musselman and Whitehead, 2007).
In the case that the:

$$|I_a| < |I| \text{ then } I_a = I \text{, respectively 3)}$$

The RTP operator is set by default to use the true value of Earth's magnetic field inclination. The recommended value for inclination for magnitude correction (I_a) at mid-latitudes for software package Geosoft Oasis Montaj is ±20° (Whitehead, and Musselman, 2007).
The technique of RTP transformation assumes that the direction of the magnetization of the observed total magnetic field anomaly is parallel to the Earth's magnetic field at the measuring location, which is true only if the remanent magnetization is negligible or is of present-day origin. Many methods have been developed in order to identify those characteristics of the magnetic anomalies that are affected by the presence of the remanent magnetization (Clark and Schmidt, 1994; Foss and McKenzie, 2009). One of the ways to perceive the presence and contribution of the remanent magnetization is by Koenigsberger ratio (Q ratio). The Koenigsberger ratio represents the ratio of the absolute value of the remanent (J_r) and induced (J_i) magentization:

$$Q = Jr / Ji = Jr / \kappa H, \quad 4)$$

where κ is the magnetic susceptibility and H is the intensity of the Earth's magnetic field.

As the value of the Q ratio increases the vector of total magnetization moves from the direction of the vector of the induced magnetization to the direction of the vector of the remanent magnetization, which is

manifested in the shape and the intensity of the anomalie of the Earth's magnetic field. If the value of Q ratio is from 1 to 10 then there is a certain contribution of remanent magnetization in the total magnetization, but it can be practically disregarded, however, when the value of Q ratio is greater than 10, it can be considered that the remanetn magnetization is dominant in the anomaly of the total magnetic field (Blakely, 1995).

For the purpose of investigating the magnetic properties of rocks from the area of Macedonia, rocks of different lithological composition were sampled. Oriented samples were collected from tectoniclly undisturbed rock material from which subsequently cilindrical samples dimensions 2.5 cm x 2.5 cm were drilled. The natural remanent magnetization (NRM) and the magnetic susceptibility of these samples were than measured by Spinner Magnetometer JR-5 and Spinner Kappabridge MFK1-A instruments respectively (both made by AGICO).

In the study we used the data for the vertical (Z) component of the geomagnetic field obtained in the magnetic survey of first order for SFRY for the period from Year 1958 to Year 1960. Correction for the diurnal variation has been incorporated on the basis of the registrations obtained on the Geomagnetic observatory Grocka (Serbia). After removal of the normal field values calculated on the basis of the magnetic survey of first order for SFRJ for the epoch 1960.0, the anomaly field of the vertical component (Za) was obtained. The values are reduced to the epoch 1970.0. For the purpose of this study the area of Macedonia has been digitized from the Map of the anomalies of the vertical component of the geomagnetic field for SFRJ scale 1:500 000. The density of magnetic data in the area of Macedonia is 1 point on 4 km^2.

RESULTS

For the area of Macedonia, the Q ratio is calculated on the basis of data obtained from measured values of susceptibility and remanent magnetization of samples taken at 29 sites. The sites are spatialy distributed in the central part of Macedonia, and include rocks which outcrop in two tectonic unites: the Eastern Vardar Zone and the Serbo-Macedonian Mass in Macedonia. The value of the Koenigsberger ratio doesn't exceed a value of 2 indicating that the impact of the remanent magnetization can be ignored.

In the majority of mathematical algorithms that are used for analysis and interpretation of the results of magnetic surveys, the input data is either the measured or the anomalous value of the total magnetic field. In order to correlate data with the existing airborne magnetic survey data from the area of Internal Dinarides of Macedonia, as well as with the data of new magnetic surveys from the Macedonian region and from the territories of neighboring countries, the data from the Map of the magnetic anomaly of the vertical component, have been recalculated into the Map of the total magnetic field anomaly for the area of Macedonia (Figure 2).

On such data reduction to the pole has been applied, resulting in obtaining the Map of total magnetic field anomaly reduced to the pole, which represents the baseline for understanding the geological features for the area of Macedonia (Figure 3).

The magnetic data were reduced to the pole using inclination and declination of 58.05° and 1.22°, respectively, which corresponds to the geomagnetic field at the time of the magnetic survey. For the calculation the IGRF-12 model (the 12th generation of the International Geomagnetic Reference Field model) was used. The reduction to the pol was carried out using the software package Geosoft Oasis montaj.

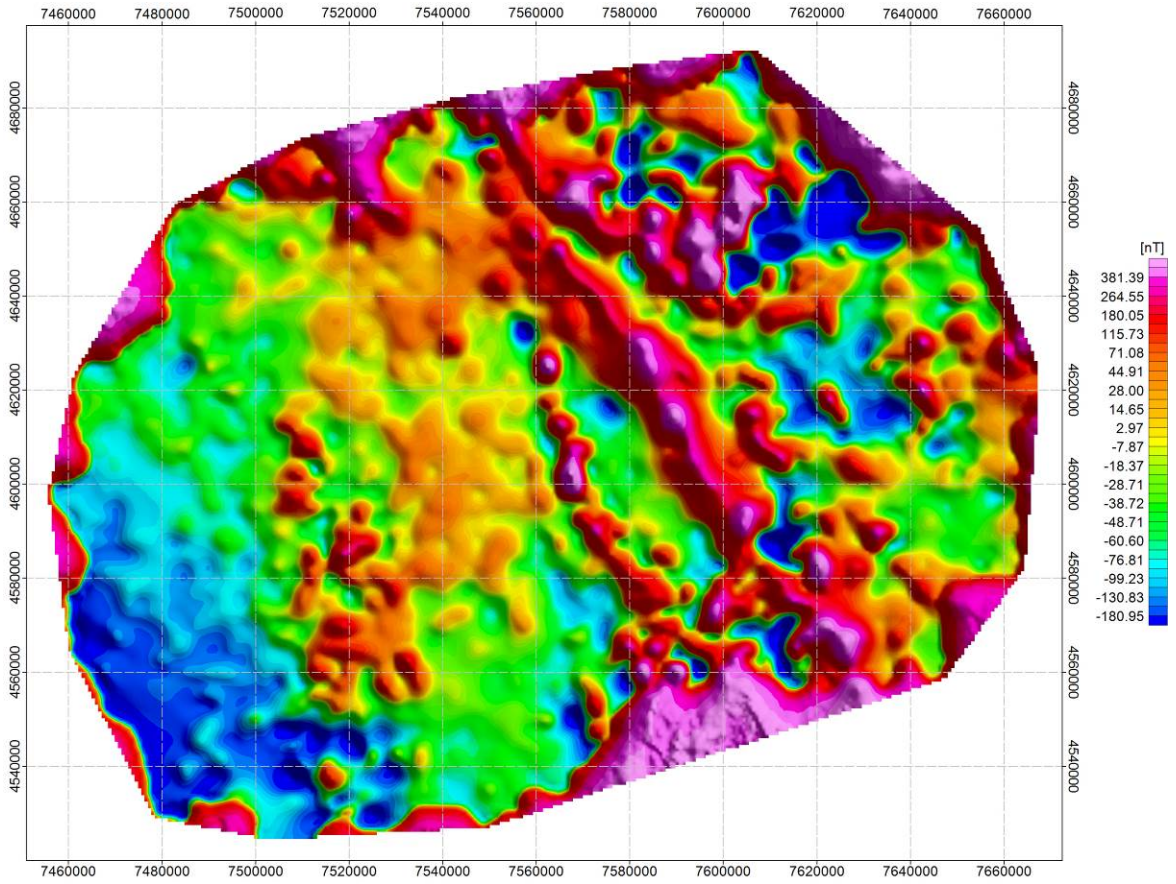


Fig. 2 *Map of the total magnetic field anomaly (Ta) for the area of Macedonia*

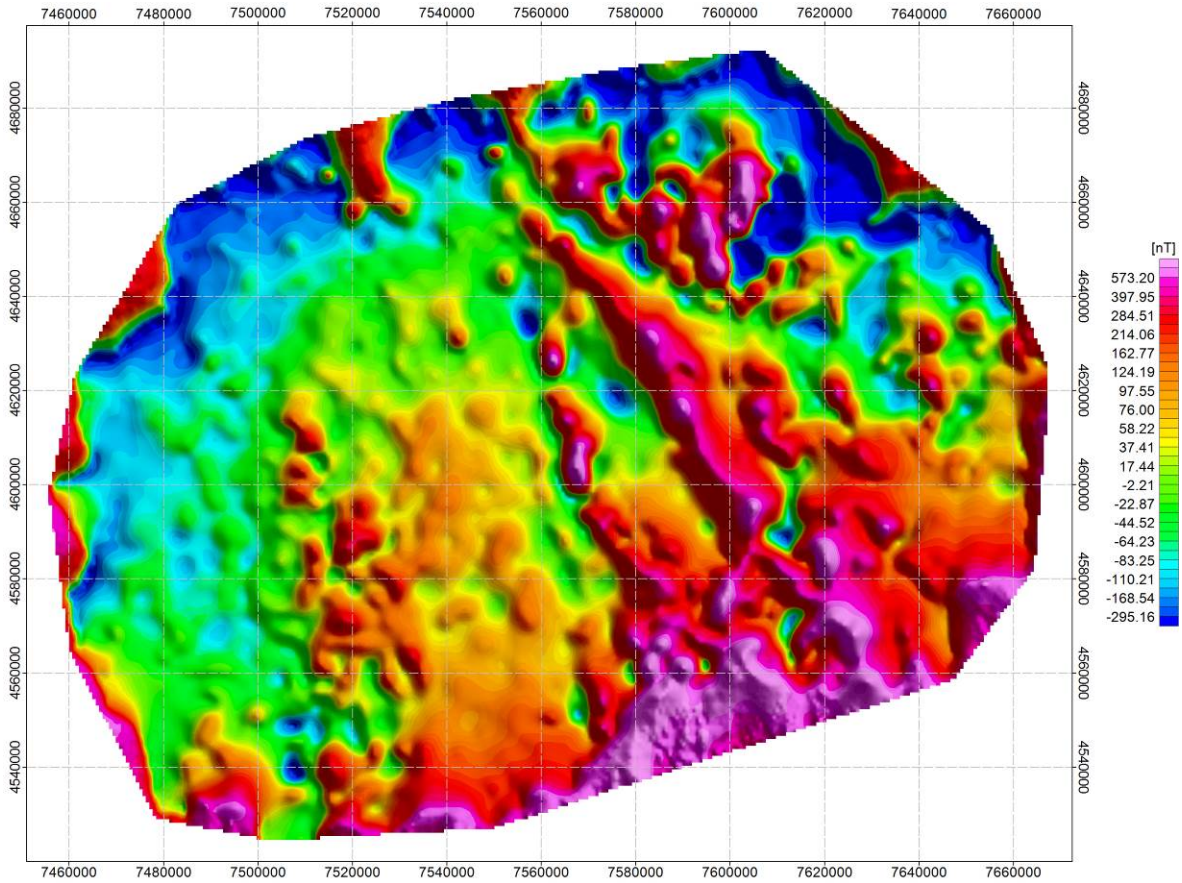


Fig. 3 *Map of the total magnetic field anomaly (Ta) for the area of Macedonia reduced to the pol*

ACKNOWLEDGMENT
This study was supported by Serbian Ministry of Education, Science and Technological Development, project no. 176016.

Key words: Koenigsberger ratio, Reduction to the pole, Map of total magnetic field anomaly reduction to the pole for the area of Macedonia

REFERENCES

Baranov, V., Naudy, H., 1957. Numerical calculation of the formula for reduction to the magnetic pole. Geophysics 22, 359-383.

Blakely, R.J., 1995. Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications: Cambridge, UK, Cambridge University Press.

Clark, DA, Schmidt, PW., 1994. Magnetic properties and magnetic signatures of BIFs of the Hamersley Basin and Yilgarn Block, Western Australia. Exploration Geophysics, 25 (3), 169-169.

Cooper, G. R. J., Cowan, D. R. D., 2005. Differential reduction to the pole, Computers & Geosciences v.31, p.989-999.

Foss, C, McKenzie, B., 2009. Strategies to invert a suite of anomalies due to remanent magnetisation: an example from the Georgetown area of Queensland. Australian Society of Exploration Geophysicists.

Grant, F., S., Dodds, J., 1972. MAGMAP FFT processing system development notes, Peterson Grant and Watson Limited

Isles, D., Rankin, L., 2013. Geological Interpretation of Aeromagnetic Data. Australian Society of Exploration Geophysicists.

Whitehead, N., Musselman, C., 2007. 2D Frequency Domain Processing of Potential Field Data, Extension for Oasis montaj Tutorial. Geosoft.

2D GEOPHYSICAL MODELS OF DEMIR KAPIJA OPHIOLITE COMPLEX

[1]Dragana Đurić, [1]Vesna Cvetkov, [1]Ivana Vasiljević,
[2]Spomenko Mihajlović, [1]Vladica Cvetković

[1]University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, dragana.petrovic@rgf.bg.ac.rs,
[2]Republic of Serbia, Republic Geodetic Authority, Department for Gemagnetism and Aeronomy,

EXTENDED ABSTRACT

INTRODUCTION

Within East Vardar Zone (EVZ) i.e. Peonias Zone, ophiolites of Demir Kapija and Gevgelija (i.e. Demir Kapija ophiolite complex - DKOC) were mapped in two ways. According to Mercier (1966) and Lepitkova (2000) ophiolites were mapped as obducted on Serbo-macedonian massif (SMM). On the other hand Rakićević et al. (1973) and Himmerikus et al. (2006) suggested that EVZ was tectonically overlain by the SMM. There is also viewpoint that DKOC was formed in a back-arc basin opening behind the Paikon arc (Brown & Robertson, 2003; Boev et al., 2013; Božović et al., 2013), and that it was later thrust westwards onto (Brown and Robertson, 1994). Robertson et al. (2013) suggest that these ophiolites were originally thrust eastwards over the SMM, and that they were re-thrust towards the west. This research was conducted in order to determine the position of EVZ ophiolite in Macedonia.

GEOLOGICAL SETTINGS

DKOC include sequence from dolerite, pillow basalts, diabase dyke and gabbro (Lepitkova, 2000), (Fig.1). Granites associated with DKOC are located from Štip, across Konečke Mountain including Paluš-Furka (Fanos) (Šarić et al., 2009).

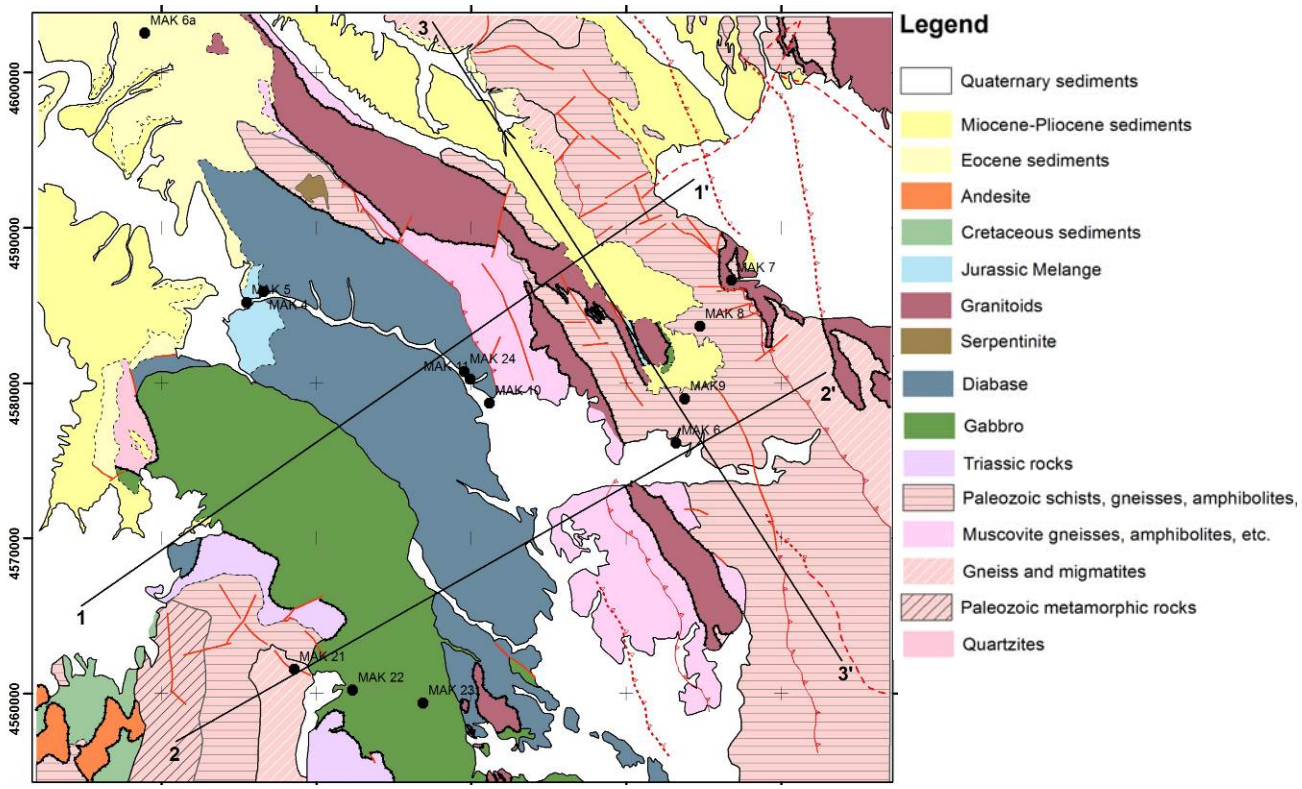


Fig. 1 *Simplified geological map, with cross-sections and sampling points*

METHODOLOGY

The applied methodology includes laboratory research/measurements and geophysical quantitative analysis that involves 2D joint gravity and magnetic modeling to adjust the calculated response to fit observed anomalies. Two 2D models (1-1' and 2-2') were placed perpendicular to the main strike of the EVZ. And one model was created as control model (3-3'). The Bouguer anomaly map geomagnetic map (Z component) reduced to pole were used for modeling purposes. (Petrović et al., 2015b). Section length was between 20 and 50 km, while the depth was between 2 and 4 km. Surface occurrences of all rocks were determined based on Basic Geological Maps.

RESULTS

The dip of the contact between the DKOC and the SMM up to 2 km of the depth was estimated between 30° and 40° while with increasing of depth this contact was estimated to 60° (Fig. 2). Obtained model shows that ophiolites are settled below Miocene-Pliocene sediments, as well as that SMM is settled above DKOC. Contact of DKOC toward west (Central Vardar Zone) has steeper dip of 80°. Model on the southern section show that dip angle of the western contact of DKOC is 25° to 45° toward east. Contact between DKOC (EVZ) and SMM dips to the east with dip angle of about 50°. In territory of Macedonia ophiolitic bodies are characterized by different dip direction and angle, as a (possible) consequence of presence of Circum-Rhodope belt in this area.

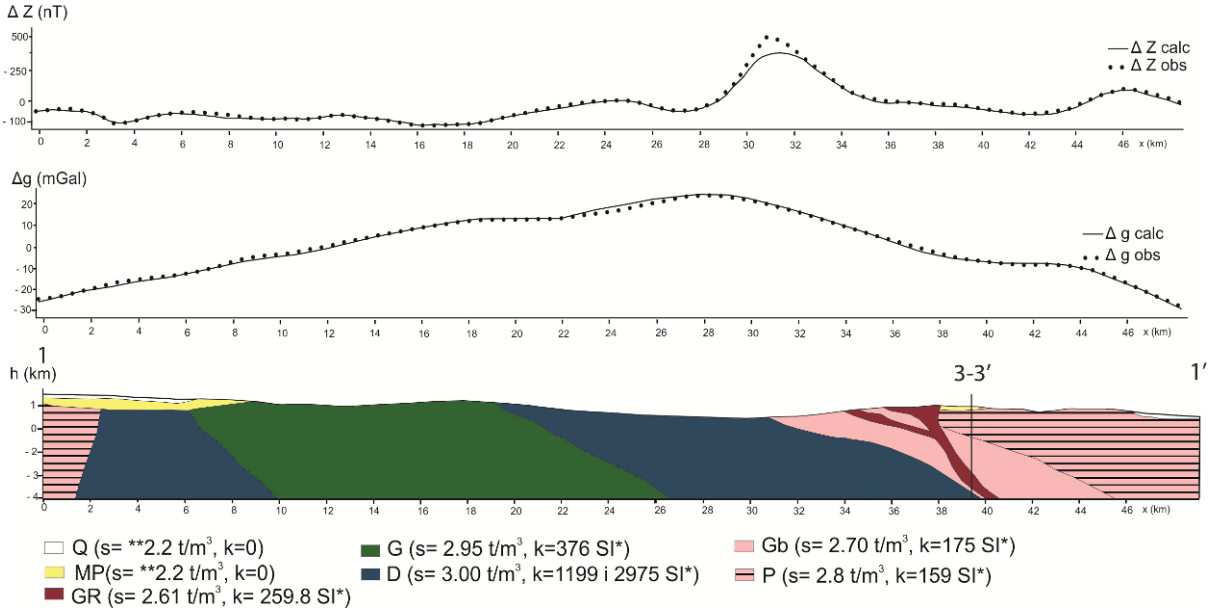


Fig. 2 *2D model along cross-section 1-1' (Q- Quaternary sediments, MP – Miocene-Pliocene sediments, GR- Granitoid, G-Gabbro, D- Diabase, Gb- Muscovite gneisses, amphibolite, etc., P- Paleozoic schist, gneisses, amphibolite, marbles, etc.)*

CONCLUSIONS

In conclusion, it can be considered that ophiolite in the area of Demir Kapija belongs to the same belt to which ophiolite on the territory of Serbia (Kuršumlija and Ždraljica) belongs (Petrović et al., 2015a). Position of the modeled ophiolites of DKOC according to which they are settled below SMM suggests that it is original position and structural relationship between EVZ and SMM. Obtained results are in agreement with previous studies of EVZ (Boev et al., 2006; Božović et al., 2013) and with geodynamical scenario (Petrović et al., 2015) that propose accretion mechanism of emplacement of the EVZ and therefore of Demir Kapija ophiolite complex.

ACKNOWLEDGMENT

This study was supported by Serbian Ministry of Education, Science and Technological Development, project no. 176016. D. Đ. thanks to Society of geophysical exploration.

Key words: East Vardar zone, Demir Kapija ophiolite complex, 2D geophysical model

REFERENCES

Boev, B., Lepitkova, S., Sijakova-Ivanova, T., 2006. *The age of the Demir Kapija – Gevgelija ophiolite complex,* Mesozoic ophiolite belts of northern part of the Balkan Peninsula. Belgrade-Banja Luka, 15-18.

Boev, B., Prelević, D., Božović, M., Erić, S., Cvetković, V., 2013. *Olivine websterite veins cutting the Rabrovo serpentinites (South Macedonia): New evidence of the arc setting of the East Vardar ophiolites,* Contributions, Section of Natural, Mathematical and Biotechnical Sciencies 34, br. 1-2, 69-81.

Brown, S. A. M. and Robertson, A. H. F., 1994. *New structural evidence from theMesozoic–Early Tertiary Paikon Unit, Northern Greece*. Bulletin of the Geological Society of Greece, XXX (1), 159–170.

Brown, S. A. M. and Robertson, A. H. F., 2003. *Sedimentary geology as a key to understanding the tectonic evolution of the Mesozoic-Early Tertiary Paikon Massif, Vardar suture zone, N Greece.* Sedimentary Geology 160, 179-212.

Božović, M., Prelević, D., Romer, R., Barth, M., Bogaard, P. V. D., Boev, B., 2013. *The Demir Kapija Ophiolite, Macedonia (FYROM): a Snapshot of Subduction Initiation within a Back-arc,* J. Petrology, 54,7, 1427-1453, doi: 10.1093/petrology/egt017.

Himmerkus, F., Reischmann, T., and Kostopoulos, D. K., 2006. *Late Protero-zoic and Silurian basement units within the Serbo-Macedonian Massif,northern Greece: The significance of terrane accretion in the Hellenides*, in Mountrakis, D., and Robertson, A.H.F., eds., Tectonic Development of the Eastern Mediterranean Region: Geological Society [London] Special Publications 260, p. 35–50.

Lepitkova, S., 2000. *Petrološki, geohemijski i izotopski proučuvanja na peridotitite od vnatresniot dinarski ofiolitski pojas vo Republika Makedonija*. PhD dissertation, Kiril and Metodij University of Skopje, 333 pp.

Mercier, J., 1966. *Peleogeoghaphie, orogenese, metamorphisme et magmatisme des zones internes des Hellenides en Macedonie (Grece): vue d'ensemble.* Societ Geologie France Bullettin 7, 1020–1049.

Petrović, D., Cvetkov, V., Vasiljević, I., Cvetković, V., 2015a: A new geophysical model of the Serbian part of the East Vardar ophiolite: Implications for its geodynamic evolution, Journal of Geodynamics, v.90, p. 1-13; DOI: 10.1016/j.jog.2015.07.003

Petrović D., Cvetkov, V., Cvetković, V., 2015 b: *Spatial position of Demir Kapija ophiolite (Macedonia) determined based on geomagnetic data (in Serbian),* Tehnika ISSN: 0040-2176

Rakićevic T., Stojanov R., Arsovski M., 1973. Geology of Prilep sheet (in Macedonian with English and Russian summary), Fed. geol. surv., 1-65, Beograd.

Šarić, K., Cvetković, V., Romer, R. L., Christofides, G., Koroneos, A., 2009. *Granitoids associated with East Vardar ophiolites (Serbia, F.Y.R. of Macedonia and northern Greece): Origin, evolution and geodynamic significance inferred from major and trace element data Sr-Nd-Pb isotopes*. Lithos, 131-150, doi: 10.1016/j.lithos.2008.09.007

ГРАВИМЕТРИСКИ МРЕЖИ НА РЕПУБЛИКА МАКЕДОНИЈА

[1]Новица Столиќ, [2]Мирослав Старчевиќ, [3]Сашо Димески

[1]Геолошки завод на Република Македонија, Бул. Свети Климент Охридски бр. 15, 1000 Скопје, Република Македонија, e-mail: novica.stolic@geol.gov.mk
[2]Републичкиот геодетски завод - Београд, Србија, Бул. Војводе Мишића бр. 39, 11000 Београд, Република Србија, e-mail: starcevicstari@gmail.com
[3]Агенција за катастар на недвижности на Република Македонија, Ул. Трифун Хаџи Јанев бр. 4, 1000 Скопје, Република Македонија, e-mail: s.dimeski@katastar.gov.mk

Абстракт

Во трудот е прикажан преглед на основна гравиметриска мрежа на територијата на Република Македонија формирана во минатиот век и новата основна гравиметриска мрежа која е воспоставена во период од 2010-2015 година во рамките на државниот гравиметрискиот премер. Новата основна гравиметриска мрежа се состои од 28 точки, од кои 3 точки се од апсолутна гравиметриска мрежа (гравиметриска мрежа од нулти ред) и 25 точки од релативна гравиметриска мрежа (гравиметриска мрежа од I ред). Понатаму е даден приказ на деталниот гравиметриски премер изведен на вкупно 2310 точки, кои се рамномерно распоредени на целата територија на државата со растојание помеѓу гридните точки од 5 km. Тука се вклучени 1109 точки од новата нивелманска мрежа на Република Македонија, 147 точки од пасивна GNSS мрежа и дополнителни 1054 гридни точки.

Клучни зборови: Гравиметриска мрежа, апсолутни и релативни гравиметриски мерења, гравиметриска точка, забрзување на земјината тежа.

ВОВЕД

Формирањето на основните гравиметриски мрежи на територија на Република Македонија се одвивало во два главни периоди, и тоа првиот од педесетите до осумдесетите години на XX-тиот век, и вториот период од 2010-2015 година.

Претходните основни гравиметриски мерења во Република Македонија се вршени многу одамна од пеесетите до седумдесеттите години на минатиот век, од страна на Сојузна геодетска управа на некогашната СФР Југославија.

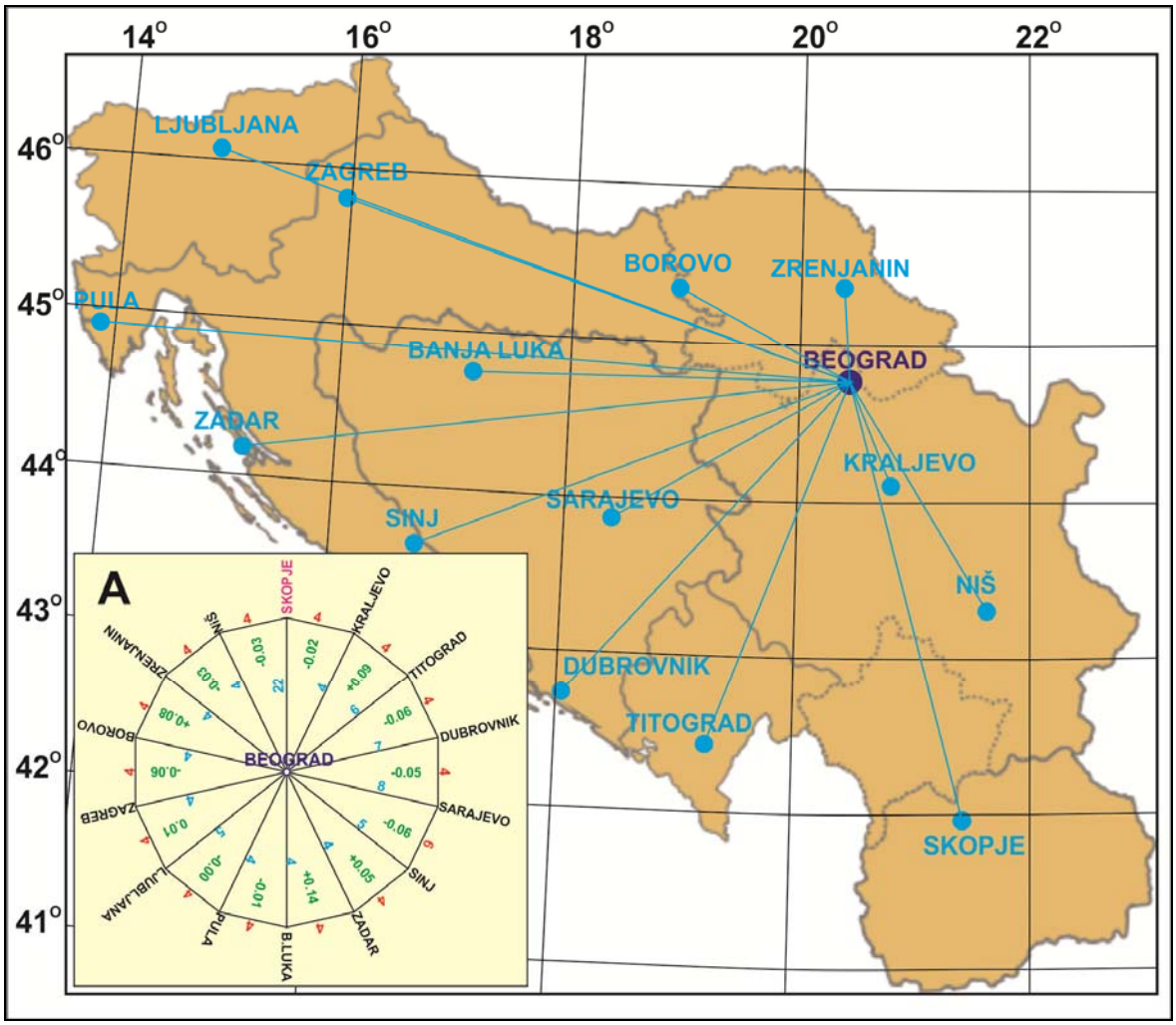
За дефинирање на висинскиот референтен систем на територија на Република Македонија и за одредување на геоидот, односно нултата нивовска површина, од којашто се одредуваат висините на точките, во периодод 2010-2015 година извршени се основни гравиметриски мерења, односно детален гравиметриски премер на целата територија на државата.

Легислатива со која се уредуваат основни гравиметриски мерења во Република Македонија е Законот за катастар на недвижности на Република Македонија ("Службен весник на РМ бр. 55/13, 41/14, 115/14, 116/15 и 153/15") во членот 44, како и Правилникот за основни геодетски работи ("Службен весник на РМ бр. 151/13") во членовите од 73 до 86. Во нив се наведува: "Гравиметрискиот референтен систем е систем во кој се вршат гравиметриски одредувања на апсолутните и релативните забрзувања на земјината тежа. Референтниот систем од ставот (1) на овој член се заснова на Меѓународната гравиметриска стандардна мрежа IGSN 71 (International Gravity Standardization Network 1971)".

Во Република Македонија беа воспоставени три гравиметриски референтни системи со основна задача дефинирање на апсолутни вредности на забрзувањето на силата на земјината тежа, и тоа: Виенски систем (1900) и Постдамски систем (1909) (гравиметриски мрежи од XX-тиот век) и во Интернационална гравиметриска стандардна мрежа 1971 - IGSN 71 (International Gravity Standardization Network 1971) (нова основна гравиметриска мрежа на Република Македонија).

СТАРА ОСНОВНА ГРАВИМЕТРИСКА МРЕЖА

Првата основна гравиметриската мрежа на територијата на Република Македонија е формирана многу одамна во 1952 и 1953 година, во рамките на гравиметриската мрежа од I ред на СФРЈ која се состоела од 15 точки распоредени на целата државна територијата. Мрежата е поставена во вид на централен систем, од 14 затворени полигони во форма на триаголници, со централната точка кај аеродром кај Земун - Белград (Билибајкиќ П. и др., 1979). Една од тие точки била поставена во Македонија, кај Скопје (Слика 1).



Слика 1. Прегледна карта на основна гравиметриска мрежа на СФРЈ од I ред. А - Скица на гравиметриска мрежа од I ред со отстапувања внатре во трианглите и бројот на мерењата на поедини страни (Билибајкиќ П. и др., 1979)

Мерењето на разликата на забрзувањето на земјината тежа (Δg) е вршено со гравиметрите од типот "Worden" калибриран на база во Франција. Изедначувањето е извршено по методата на најмали квадрати. Во израмнувањето на мрежата влегоа разликите Δg како прости аритметички средини од сите одредувања. Вршени се 4-7 мерењата во распонот, и истите се земени во обзир при израмнувањето како тежини, додека распонот Белград - Скопје (голема база) е земен како дадена величина. Средна квадратната грешка на едно мерење на распонот на Δg после израмнувањето изнесуваше ±0,084 mGal, додека просечната грешка на затворањето на триаголниците е ±0,056 mGal.

Основна гравиметриската мрежа од II ред на територијата на Република Македонија е поставена во период од 1955 до 1969 година вдолж големата база, од страна на Заводот за геолошки и геофизички истражувања од Белград. Гравиметри-

ските точки од II ред се поставувани вдолж нивелмани со висока точност, за потребите на регионални гравиметриски испитувања.

Мерењата се вршени со степ метода со поврзување на гравиметриските точки од I ред, односно со формирање на затворени полигони со јазолни точки. Полигоните биле со должина од 150-250 km со точки на секој 10 km. Грешката на затворањето на полигоните изнесувала до $\pm 0{,}005 \times \sqrt{n}$ mGal, каде "n" е број на точки во полигонот (Билибајкиќ П. и др., 1979).

Во периодот од 1964 до 1967 година тогашната Сојузна геодетска управа - Белград (Mitrović V., 1968) ја постави основна гравиметриска мрежа на СФРЈ, која опфаќала 55 затворени полигови со 350 главни точки, на меѓусебно растојание од околу 30 km, и 1150 помошни точки на меѓусебно растојание околу 10 km. Главните точки се стабилизирани со бетонски столбчиња со димензии 50×50×100 cm на кои се втиснати букви "GT" (слика 2).

Слика 2. Стабилизација на старите гравиметриски точки со бетонски столб (Bašić T. i dr. 2006)

Територијата на РМ опфаќала 5 затворени, 5 периферни отворени полигони и 32 гравиметриски точки од II ред (Слика 3).

Слика 3. Извод од прегледна карта на основна гравиметриска мрежа на СФРЈ (според Сојузна геодетска управа - Белград, 1964-1967 година)

Во текот на 1969 година основната гравиметриска мрежа е поврзана со италијанската гравиметриска мрежа преку точките поставени во Дубровник и Рим.

Резултатите од мерењата на гравиметриската мрежа од I ред, потоа дел од точките од II ред и локалните гравиметриски мрежи искористени се за изработка на гравиметриска карта на Бугеови аномалии за целата територија на СФРЈ во размер 1:200 000 која е генерализирана и испечатена во размер 1:500 000 (Билибајкиќ П. и др., 1979).

Во периодот од 1952-1967 година, за калибрирање на гравиметрите во бившата СФРЈ беа поставени т.н. "поголеми бази" во Суботица, Белград, Скопје и Битола, на кои се вршени повеќекратни мерења за определување на апсолутната вредност на забрзувањето на силата на Земјината тежа (Билибајкиќ П. и др., 1979 година). Базата во Скопје била лоцирана во паркот пред некогашниот клуб на воздухопловците на стариот аеродром во Скопје (кај сегашната поликлиника „Јане Сандански" и касарната „Гоце Делчев").

Со мерењата на делницата Белград - Скопје од 1952-1953 година одредена е вредност Δg=344,14 mGal, со средна квадратна грешка од ±0,022 mGal. Разликата на Δg е толкувана од присуство на бетонските столбови кај базите во Белград и Скопје. Повторените мерења во 1954 година беа поточни, при штое е измерено Δg=344,169 mGal.

Во 1956 година базата Белград-Скопје е продолжена на југ до Битола. Мерењата на полигонот Скопје - Тетово - Охрид - Битола - Кавадарци - Велес - Скопје се вршени со гравиметарот "Worden".

Повторните мерења на базата Скопје - Битола Сојузна геодетска управа ги изведе во период од 1964-1967 година со гравиметарот "North American", во рамките на формирање на основната гравиметриска мрежа на СФРЈ од II ред.

Големата база на целиот потег Суботица-Битола е повторно измерена во 1969 година, со три гравиметри "Worden", по нивна калибрација во Италија, од страна на Војногеографскиот институт Белград и Заводот за геолошки и геофизички испитувања Белград.

За делот на базата Белград - Скопје добиено е Δg=344,156±0,022 mGal, а на Скопје-Битола Δg=152,744±0,010 mGal, т.е. вкупно Суботица - Битола Δg=612,749 ±0,039 mGal, што се сметало за доволно точни мерења.

Важно е да се напомене дека гравиметриските мерења на подрачје на бивша Југославија биле врзани за Постдамскиот систем на апсолутните вредности на забрзување на силата на земјината тежа врз основа на релативните мерења помеѓу аеродромите во Земун и Париз.

Компаративните мерења и поврзувања со базите во Италија укажувале дека тогашните југословенски вредности се многу малко разликуваат за 1 промил и дека одговараат на европско ниво.

За жал, по распадот на СФРЈ, поради нерешено сукцесијско прашање, резултатите од старите основни гравиметриски мерења до сега не се дадени на располагање на нашата држава.

НОВА ОСНОВНА ГРАВИМЕТРИСКА МРЕЖА

Од осамостојување на Република Македонија до сега основните гравиметриски мерења се вршени единствено во периодот од 2010-2015 година, кога Агенцијата за катастар на недвижности на Република Македонија (АКН) за своите геодетски потреби го реализира Проект за детален гравиметриски премер на Република Македонија. Проектот е финансиран од Светска банка а го реализираше конзорциум формиран од "Геофото Зенит Инженеринг" од Скопје и Geotechengineering" од Софија, Бугарија (http://www.katastar.gov.mk/mk/News.aspx?Id=1426), во соработка со стручните лица од Универзитетот по архитектура, градежништво и геодезија во Софија, Бугарија и Републичкиот завод за геодетски работи во Белград. Проектот се состоел од рекогносцирање на детални гравиметриски точки, одредување на нивната положба и висина, гравиметриски мерења, обработка на податоци и изработка на елаборати (АКН, Господинов С., 2015).

На секоја гравиметриска точка вршени се мерењата со GNSS уреди за прецизно определување на координати и висини. Координатите се определени во системот ETRS89 (European Terrestrial Reference System 1989), а висините се пресметани

од елипсоидни во ортометриски со користење на трансформациони параметри со определени геодетски мерења на повеќе точки во Република Македонија.

Положбата и висините на точките од гравиметриската мрежа од прв ред за кои што не беа познати прецизни координати (GT101, GT111, GT112, GT113 и GT 114) и точките од микрогравиметриските мрежи беа одредени со Глобалниот сателитски навиогацион систем (Global Navigation Satellite System - GNSS) мерења со двофреквентни GNSS ресивери, со користење на Македонскиот позиционен систем (МАКПОС), со точност од 2-4 cm.

За одредување на забрзувањето на Земјината тежа користени се најсовремени и многу прецизни два гравиметри SCINTREX CG-3+ и CG-5.

Основна цел на гравиметриските мерења била формирање основна гравиметриска мрежа на Република Македонија (28 точки), која се состоела од апсолутна гравиметриска мрежа (гравиметриска мрежа од нултиот ред - 3 точки) и релативна гравиметриска мрежа (гравиметриска мрежа од I ред - 25 точки).

Новата апсолутната гравиметриска мрежа во РМ е воспоставена во 2010 година со апсолутни гравиметриски мерења на три точки AGT01 Skopje, AGT02 Ohrid и AGT03 Valandovo (Слика 4).

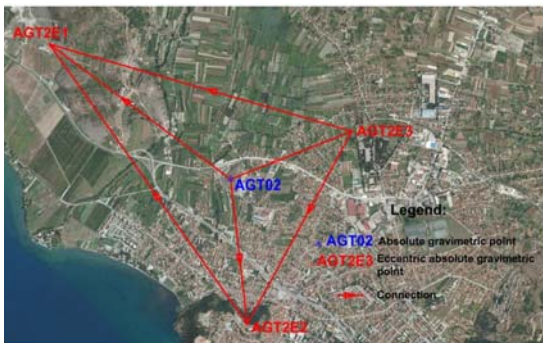
Слика 4. Апсолутна гравиметриска мрежа на РМ (АКН, Господинов С., 2015)

Апсолутно забрзување на Земјината тежа на овие точки е одредено за епоха 2010.8 (European Terrestrial Reference System 2010.8).

Со мерењата на апсолутната гравиметриска мрежа се добиени апсолутни вредности на забрзувањето на силата на Земјината тежа, со поврзување на точките кои беа измерени со гравиметрите на 4 точки, на кои во текот на 2012 година е определено апсолутно забрзување со апсолутен гравиметар Micro-g-LaCoste FG5 бр. 233 од страна на екипата од Шведска. На точките од апсолутната гравиметриска мрежа вршени се исто така и релативни гравиметриски мерења за одредување на вертикалниот градиент, односно за трансформација на вредностите на забрзувањето на Земјината тежа од висина на инструментот - апсолутниот гравиметар (1,2 m) на висина на нивото на точката.

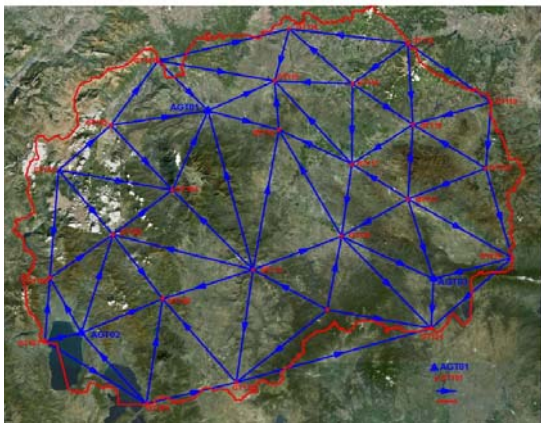
Стандарната грешка на одредувањето на забрзување на земјината тежа во апсолутна гравиметриска мрежа изнесува $2\times10^{-8}ms^{-2}$ (2 μGal) за висина над точката 1,2 m и $4\times10^{-8}ms^{-2}$ за висина 0,0 m.

Микрогравиметриска мрежа е воспоставена со 9 точки (ознака AGT_E_) на локациите на апсолутните гравиметриски точки. Со цел за осигурување на геолошка и хидролошка стабилност на апсолутните гравиметриски точки, во близина на секоја точка, на меѓусебно растојание од 0,5-5 km, поставени се по три ексцентрични гравиметриски точки на кои се извршени релативни гравиметриски мерења (Слика 5).



Слика 5. Распоредот на ексцентричните точки на локацијата на AGT02 Ohrid (АКН, Господинов С., 2015)

Новата гравиметриската мрежа од I ред на Република Македонија е воспоставена со вршење на релативни гравиметриски мерења во 2013 година и се состои од 25 точки (ознака GT101-GT125) (Слика 6).



Слика 6. Гравиметриска мрежа од прв ред (Основна гравиметриска мрежа) на РМ (АКН, Господинов С., 2015)

Густината на точките на оваа мрежа е приближно 1 точка на 1000 km^2, што комплетно ги задоволува стандардите за поставување и распоред на ваков тип на точки. Гравиметрискиот датум е дефиниран директно од мерењето на апсолутните вредности на забрзувањето на Земјината тежа на апсолутните гравиметриски точки (мерена е вкупна вредност), а гравиметрискиот референтен систем е одреден со мерење на разликите на забрзувањето на Земјината тежа во основната гравиметриска мрежа.

Финалните резултати од обработката и израмнувањето на гравиметриските мерења покажуваат дека е постигната висока точност.

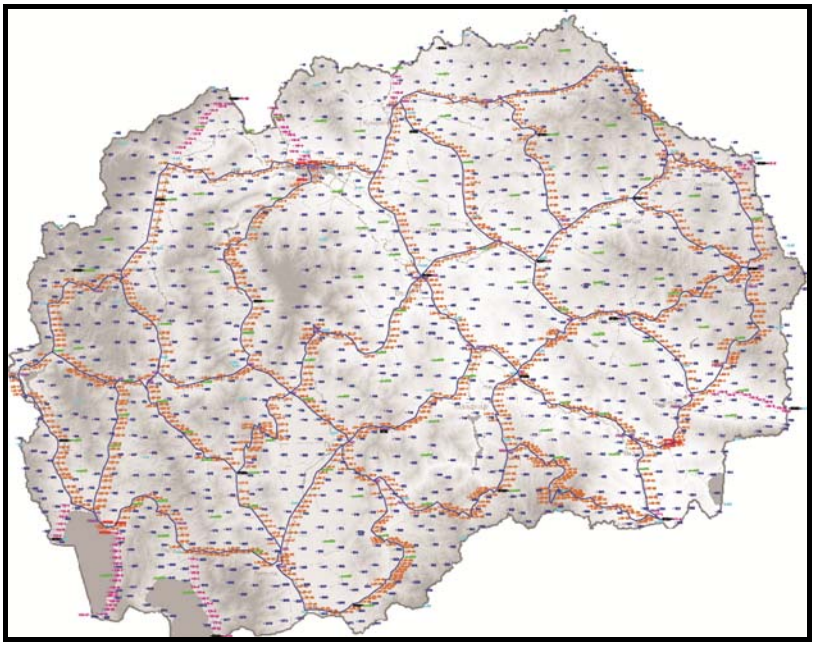
Просечна средна грешка на одредување на забрзувањето на силата на земјината тежа на точките од основната гравиметриска мрежа (неслободна мрежа, фиксирана на апсолутните гравиметриски точки) изнесува 13.32 μGal.

Просечна средна грешка на одредување на забрзувањето на силата на земјината тежа на точките од микрогравиметриска мрежа изнесува 2.02 μGal за Скопје, 0.65 μGal за Охрид и1.02 μGal за Валандово.

Детален гравиметриски премер

Воспоставената основна гравиметриска мрежа била основа за вршење на детален гравиметриски премер на целата територија на Република Македонија.

Деталниот гравиметриски премер е изведен во 2014 година на вкупно 2310 точки, кои што рамномерно ја покриваат целата државна територија (слика 7). Тука се вклучени 1109 реперни точки од новата нивелманска мрежа од висока точност на Република Македонија, 147 пасивни GNSS точки, како и дополнителни 1054 гридни точки. Гридот е формиран со цел за правилно покривање на точките на целата територија на државата.



Слика 7. Распоред на сите измерени гравиметриски точки и полигони на РМ (АКН, Господинов С., 2015)

Така, се измерени вкупно 1054 гридни точки, при што растојанието помеѓу точките изнесувало 3-7 km или просечно околу 5 km, односно мерено е по мрежа 1 точка на 5 km^2. Контролните мерења се вршени на 274 точки, односно околу 20 % од вкупните точки.

Статистичката грешка на секоа од точките на деталните гравиметриски мерења изнесувала ±60 μGal. Тоа зборува за правилно избраната методологија, високопрецизните инструменти кои се користени при мерењето, но и за врвната професионалност на стручните лица кои биле вклучени во процесот на планирање и извадба на работите (http://www.katastar.gov.mk/mk/News.aspx?Id=1426).

Висините на деталните гравиметриски точки се одредени со користење на МАКПОС системот, со РТК и статичка метода, истовремено со одредувањето на положбата на деталните гравиметриски точки.

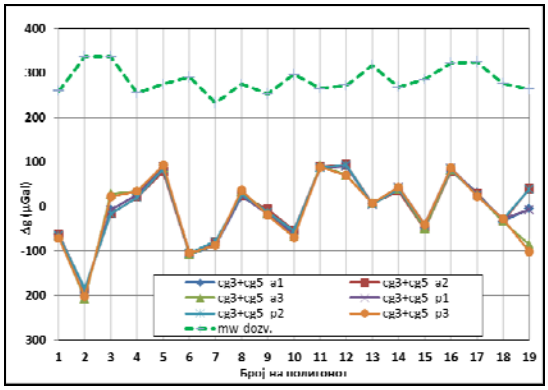
Хоризонталната калибрациона база на РМ е дефинирана со две апсолутни гравиметриски точки – AGT01 Skopje и AGT02 Ohrid. Мерењата се вршени со гравиметрите CG-3+ и CG-5, по профили во следните секвенци со цел да се остварат четири гравиметриски врски помеѓу двете точки: AGT01-AGT02-AGT01-AGT02-AGT01. Разликите на забрзувањето на земјината тежа се пресметани по внесувањето на поправките за висина на инструментот, атмосферскиот притисок и ходот на гравиметарот. Калибрационите коефициенти се пресметани според апсолутната и мерената вредност на разликата на забрзувањето на земјината тежа.

Гравиметриските мерења по профили се извршени со два инструменти SCINTREX CG3+ и SCINTREX CG5. Секое мерење на профилот започнувало и завршувало на дадена точка од основната гравиметриска мрежа на Република Македонија (гравиметриска мрежа од нулти ред и гравиметриска мрежа од прв ред). Една од мерените точки во секој профил е повторно мерена при мерењето на наредена профил. За секој профил пресметан е линеарен дрифт, по воведувањето на корекциите на мерењата, и потоа се пресметани разликите на забрзувањето на земјината тежа помеѓу секои две последователни точки.

При обработката анализирани се повеќе модели на израмнување при што е утврдено е дека најпогоден е моделот cg3+cg5_p2, од кои се добиени и конечните резултати.

Од израмнувањето на податоците од деталниот гравиметриски премер по модел на општа аритметичка средина со тежина пропорционална на времето на мерење (cg3+cg5_p2) добиена е просечна точност на забрзувањата на силата на земјината тежа за сите точки во вредност од 20.76 μGal. Просечната точност на забрзувањето на силата на земјината тежа за геодетските точки изнесува 16.91 μGal, а за точките од гридот 25.34 μGal.

Нивелманската мрежа на Република Македонија се состои од вкупно 19 полигони. На Слика 8 се дадени грешките на затворањето на полигоните за секој модел. Моделите се проста аритметичка средина со три тежински модели cg3+cg5_a1, cg3+cg5_a2, cg3+cg5_a3, и општа аритметичка средина со три модели на тежини cg3+cg5_p1, cg3+cg5_p2 и cg3+cg5_p3. Во горниот дел од дијаграмот е прикажана дозволена грешка за затворање за секој полигон (mv-dozv.).



Слика 8. Графички приказ на грешките при затворање на полигоните (според податоците од Агенција за катастар на недвижности, Господинов С., 2015)

Пресметаните a-priory стандардни грешки (RMS) на единица тежина пресметани од затварањето на полигоните за секој модел во изнесуваат: 20.578 μGal за моделот cg3+cg5_a1, 40.48 μGal за cg3+cg5_a2, 3.482 μGal за cg3+cg5_a3, 20.455 μGal за

cg3+cg5_p1, 40.075 μGal за cg3+cg5_p2 и 2.434 μGal за моделот cg3+cg5_p3. Главни фигури за затворање при мерење по профили се полигони. Грешката на затворање на полигони е искористена за претходна оцена на точност на одредувањето на забрзувањето на силата на земјината тежа на деталните гравиметриски точки.

ЗАКЛУЧОК

По повеќе од четириесет години, кога беа вршени последни основни гравиметриски мерења, во период од 2010-2015 година е одредена нова основна гравиметриска мрежа на Република Македонија, од апсолутна гравиметриска мрежа (гравиметриска мрежа од нултиот ред) и релативна гравиметриска мрежа (гравиметриска мрежа од I ред). При тоа е реализиран и детален гравиметриски премер на целата територија на државата на вкупно 2310 точки по мрежа 1 точка на 5 km^2.

Со тоа Република Македонија е прва земја од регионот која направила комплетно нова основна гравиметриска мрежа на својата територија, со најсовремени инструменти и методологија согласно со европските стандарди.

Теренските мерења, обработка и изедначување на податоците на основната гравиметриска мрежа се изведени на начин и со методологијата со која се задоволени строги критериуми за ваков вид на геодетски и гравиметриски мерења. Со мерењата е постигната голема и задоволителна точност, нарочно ако се земе предвид дека тоа се првите гравиметриски мерења од осамостојување на Македонија.

Затоа е потребно да се планираат повторни мерења на воспоставената основна гравиметриска мрежата, по можност на секои 10 години, бидејќи податоците би биле поточни и поверодостојни, и исто тако би можела да се направи анализа на временските промени на гравитационо забрзување на подрачје на нашата држава.

Исто така, резултатите од деталниот гравиметриски премер треба да се искористат и за други намени, пред се за изработка на нови гравиметриски карти на Република Македонија (карта на Бугеови гравиметриски аномалии, карта на резидуални гравиметриски аномалии и карта на вертикалниот градиент на гравиметриските аномалии).

ЛИТЕРАТУРА

Bašić T., Markovinović D. i Rezo M., 2006: Osnovna gravimetrijska mreža Republike Hrvatske, Geodetski list 2006, 2, 73–91. Zagreb.

Билибајкиќ П. и Младеновиќ М., 1979: Гравиметриската карта на СФР Југославија - Бугеови аномалии - 1:500 000, Завод за геолошки и геофизички истражувања - Белград, издание на Сојузен геолошки завод Белград.

Билибајкиќ П., Младеновиќ М., Мујагиќ С., Римац И., 1979: Толкувач за гравиметриската карта на СФР Југославија - Бугеови аномалии - 1:500 000, Геофизика - Загреб и Завод за геолошки и геофизички истражувања - Белград, издание на Сојузен геолошки завод Белград.

Господинов С., 2015: Елаборат, Детален гравиметриски премер во Република Македонија. Геофото Зенит Инженеринг Скопје и Geotech-engineering Софија, Бугарија. Скопје. Архив на Агенција за катастар на недвижности.

Mitrović V., 1968: Merenja u osnovnoj gravimetrijskoj mreži SGU. Osnovni geodetski radovi. IV Kongres SGIGJ. Sarajevo.

Столиќ Н., Михајловиќ С., 2015: Проект за изработка на дигитални основни геофизички (гравиметриски и геомагнетни) карти на Република Македонија во ГИС информатичка технологија и нивната геолошка интерпретација со толкувачи. Стручен фонд на Геолошкиот завод на Република Македонија, Скопје 2015.

URL: Агенција за катастар на недвижности. Детален гравиметриски премер на Република Македонија. http://www.katastar.gov.mk/mk/News.aspx?Id=1426. [30.01.2015].

COMPARING GEOMAGNETIC FIELD DAILY ANOMALIES AND GEOSPATIAL SEISMICITY AND ATMOSPHERE DATA IN BALKAN COUNTRIES DURING THE *BLACKSEAHAZNET PROJECT*

[1]Milena Cukavac, [2]Strachimir Cht. Mavrodiev, [3]Lazo Pekevski, [1]Spomenko J. Mihajlovic

[1] Republic geodetic authority, Belgrade, Serbia, e-mail: milenacukavac@beotel.net; mihas@orion.rs
[2] Institute for Nuclear Research and Nuclear Energy, Bulgarian Academy of Sciences, Sofia, Bulgaria, e-mail: mavrodi@ inrne.bas.bg
[3]Seismological Observatory, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Skopje, Macedonia

Abstract
The European FP7 Project entitled "Complex Research of Earthquake's forecasting Possibilities, Seismicity and Climate Change Correlations" began in 2011, bringing together researchers from Bulgaria, Macedonia, Ukraine, Georgia, Slovenia, Greece, Turkey, Armenia and other countries. The purpose of the project, BlackSeaHazNet, was a development of long-term research cooperation through coordinated joint program for exchange of data, know-how and scientists.
The role of geomagnetic variations as a precursor could be explained by the obvious hypothesis that during the time before the earthquakes, the crust strain, deformation or displacement changes in a certain interval of density volume change, where the chemical phase shift arises, leads to electrical charge shift. The increasing of the electro potential leads to the increasing of the regional Earth currents which influence the geomagnetic field variability. The Fourier analysis of the geomagnetic field gives the time period of alteration in minute scale. Such a specific geomagnetic variation we call a geomagnetic quake. Incoming minimum/maximum of tidal gravitational potential were also included in analysis.

Key words: density of radiated earthquake energy, earthquake, geomagnetic quake, precursor, tidal extreme, tide difference

INTRODUCTION

The role of geomagnetic variations as a precursor could be explained by the obvious hypothesis that during the time before the earthquakes, the crust strain, deformation or displacement changes in a certain interval of density volume change, where the chemical phase shift arises, leads to electrical charge shift. The increasing of the electro potential leads to the increasing of the regional Earth currents which influence the geomagnetic field variability. The Fourier analysis of the geomagnetic field gives the time period of alteration in minute scale. Such a specific geomagnetic variation we call a geomagnetic quake.
The piezo-effect model for electrical currents cannot explain the alternations due to its linearity.
The K-index (Balsh, 2003), accepted for the estimation of the geomagnetic conditions, cannot indicate well the local geomagnetic variation for a minutes time period, because it is calculated on the basis of 3-h data. Nevertheless, the K-index behaviour in the near space has to be analyzed because of the possible Sun-wind influence on the local behavior of the geomagnetic field. If the geomagnetic field components are measured many times per second, one can calculate the frequency dependence of full geomagnetic intensity and analyze the frequency spectrum of the geomagnetic quake. If the variations are bigger than usual for a certain period of time, one can say that we have a geomagnetic quake, which can be possible earthquake's precursor. The nonlinear inverse problem analysis for 1999–2001 of the geomagnetic and earthquake data for Sofia region gives the estimation that the probability time window for the predicted earthquake (event, events) is approximately ±2 days for the next minimum of the Earth's tidal potential and ±2.7 days for the maximum (Mavrodiev, 2004).

The future epicentre coordinates can be estimated according to the data from at least 3 points of measuring the geomagnetic vector, using the inverse problem methods, applied for the estimation of the coordinates of the volume, where the chemical phase shift (dehydration) arrived in the framework of its time window.
In the case of an incoming big earthquake (magnitude >5–6) the changes of vertical electropotential distribution, the Earth's temperature, the infrared Earth's radiation, the behaviour of the water sources, its chemistry and radioactivity (222Rn), the atmospheric conditions (earthquake clouds, etc.) and the charge density of the Earth's radiation belt, have to be dramatically changed near the epicentre area.
The achievements of the tidal potential modeling of the Earth's surface, including the ocean and atmospheric tidal influences, the multi-component correlation analysis and the nonlinear inverse problem methods in fluids' dynamics and electrodynamics are crucial for every single step of the construction of mathematical and physical models.

METHODOLOGY

In the paper (Mavrodiev, 2004) the geomagnetic quake was defined as a jump of the day mean value of the signal function *Sig:*

$$Sig = \sum_{m=1,M} \sigma_{H_m} / M , \quad \delta Sig = \sum_{m=1,M} \delta\sigma_{H_m} / M .$$

Here σ_{Hm} is the standard deviation of geomagnetic field component *Hm* , and $\delta\sigma_{Hm}$ is the corresponding error.

$$\sigma_{H_m} = \sqrt{\sum_{i=1,N} (H_i - H_m)^2 / N} , \quad \delta\sigma_{H_m} = \sqrt{\sum_{i=1,N} (\delta H_i - \delta H_m)^2 / N} ,$$

Hm is one-minute averaged value of the geomagnetic vector projection *Hi*, measured 1, 2.4, 10 times per second

$$H_m = \sum_{i=1,N} H_i / N , \quad \delta H_m = \sum_{i=1,N} \delta H_i / N ,$$

M = 1440 minutes per day, and *N* = 144 are the samples per minute.
The geomagnetic vector projection *Hi* is measured with relative accuracy less or equal to 1 nT by a fluxgate, feedback based device of rather original and simple, but powerful construction (a know-how of JINR, Dubna, Boris Vasiliev, 1998, private communication). The latter is used with 2.4 samples per second. Due to technical reasons, the sensor is oriented under the Horizon, in a manner that the measured value of *Hi* is less than 20000 nT. The predicted earthquake is identified by the maximum of the function proportional to the density of the earthquake radiated energy in the monitoring point. The analytical size of this function is

$$S_{ChtM} = 10^M / \left(D + Depth + Distance^2 \right),$$

where the distances are in hundreds kilometres, *D* = 40 km is the fit parameter and *M* is the earthquake magnitude. Thus, if we have a jump of the signal function *Sig* , and its error δ*Sig* is such that it satisfies numerically the condition

$$Sig_{\text{Today}} - Sig_{\text{Yesterday}} > 0.1\, Sig_{\text{Yesterday}} ,$$

in the next tidal extremum time the function S_{ChtM} will have a local maximum value. The earthquake for which the function S_{ChtM} has a maximum can be interpreted as a predicted one.
The probability time window for the incoming earthquake or earthquakes is approximately ±1 day for the tidal minimum and ±2 days for the tidal maximum.
The analytical size of the function S_{ChtM}, as well as the one-minute time period for calculating the unique signal for the geomagnetic quake which is a reliable earthquake precursor, was established by the so-called Dubna inverse problem method (Dubna Papers). One could say that this method is algorithmization of "probe-error" in searching hidden dependences for certain time or space series of experimental data.
In the case of vector geomagnetic monitoring, one has to calculate the minute standard deviation as a geometrical sum of standard deviations of the tree geomagnetic vector components:

$$\delta_{H_m} = \sqrt{\left(\delta^2_{H_{m_x}} + \delta^2_{H_{m_y}} + \delta^2_{H_{m_z}}\right)}.$$

The Skopje Seismological Observatory triaxial fluxgate magnetometer is FGE model, Danish Meteorological Institute, with year sensors drift lesser than a few nT (nanotesla) and temperature coefficient lesser or equal to 0.25 nT/^{o}C. The magnetometer is used in variometer mode with resolution 0.2 nT and 10 samples/s.

The statistic evidence for the reliability of the geomagnetic precursor is based on the distribution of the time difference between the occurred and the predicted earthquakes. The geomagnetic and earthquake activity monitoring for the Sofia (2002–2005) and the Skopje region (2004–2005) demonstrates that both distributions lead to the Gaussian behaviour with increasing of the statistic. One can say that the observed data support our assumption that the geomagnetic quake is a reliable precursor for incoming earthquake or earthquakes in "when" regional earthquake prediction.

The distance sensibility of the approach can not be estimated solely on the basis of one point geomagnetic monitoring or, as in our case, by two different magnetometers. One of the reasons for this is that the tidal behaviour is almost the same up to distances of 1000 km in parallel direction for one-day time scale.

RESULTS AND DISCUSSION

Earthquakes data reported in NEIC earthquake catalogues for the wider Balkan region in year 2005 were analyzed. The data include epicentral distances up to 800 km from Sofia and Skopje (Fig. 1).

The distributions of earthquakes' magnitudes and depths, as well as the time differences between the tidal extremes and all occurred regional earthquakes (epicentral distances up to 800 km and magnitudes M > 3.5) are presented in Figure 2 and 3.

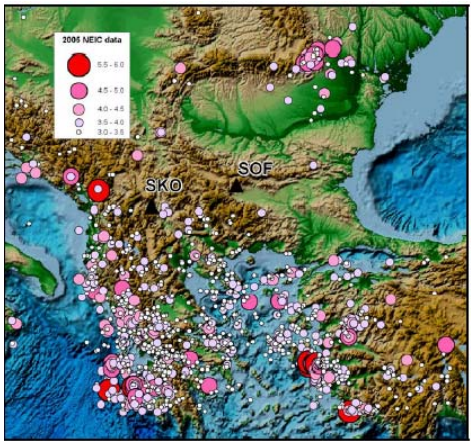


Fig. 1 Epicentral map of the region under consideration (2005, NEIC data, M = 3−6)

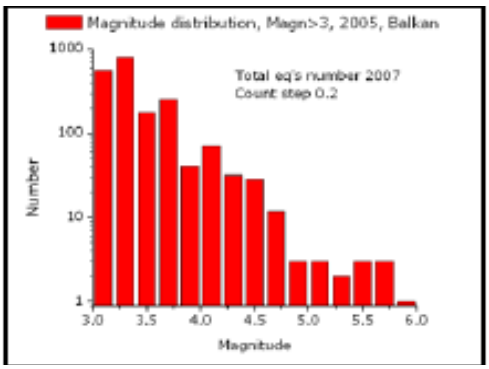


Fig. 2 The earthquakes' magnitudes distribution

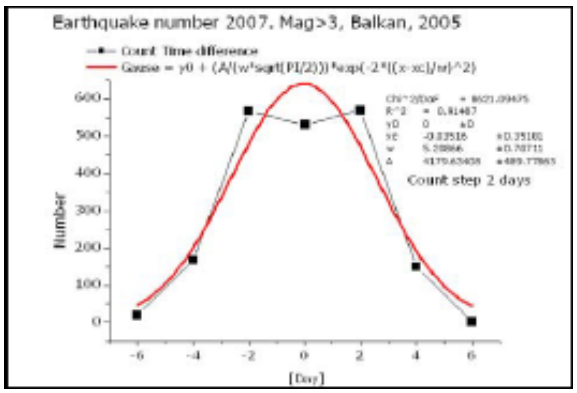


Fig. 3 Distribution of the time differences between tidal extremes and all occurred earthquakes in the region with epicentral distances up to 800 km and magnitudes M > 3

Fig. 4 presents the Sofia data (up to down) – the daily and hourly behaviour of the tidal potential, earthquake energy "density" S_{ChtM}, magnitude and the epicentral distance from Sofia. As it can be seen, after fulfilling the condition for Sig yesterday, during the next tidal extreme there is an event occurring in the region, which is identified by the maximum of the function.

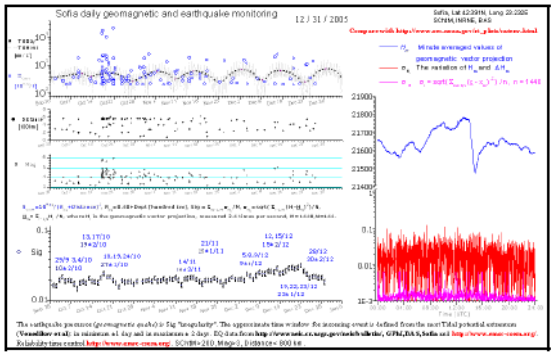


Fig. 4 The reliability of the time window prediction for the incoming earthquake, October–December, 2005, Sofia region

Figure 5. presents the Skopje data (up to down) – the daily behaviour of geomagnetic vector components, the daily and hourly behaviour of the tidal potential, earthquake energy density S_{ChtM}, magnitude, epicentral distance from Skopje and the function *Sig*. As it is seen, after fulfilling the condition for Sig yesterday, in the next tidal extreme there is an event occurring in the region, which is identified by the maximum of function.

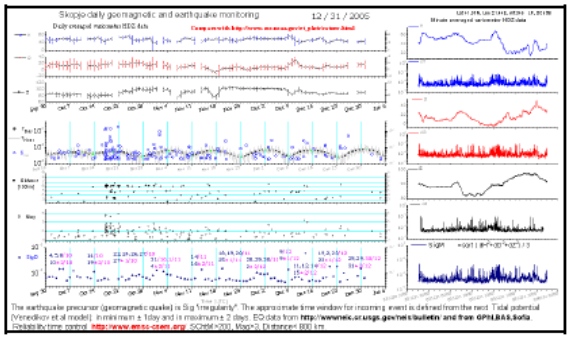


Fig. 5 The reliability of the time window prediction for the incoming earthquake, June–October, 2005, Skopje

Figure 6. presents the Grocka, Serbia data (up to down) – the daily behaviour of geomagnetic vector components, the daily and hourly behaviour of the tidal potential, earthquake energy density S_{ChtM}, magnitude, epicentral distance and the function *Sig.*

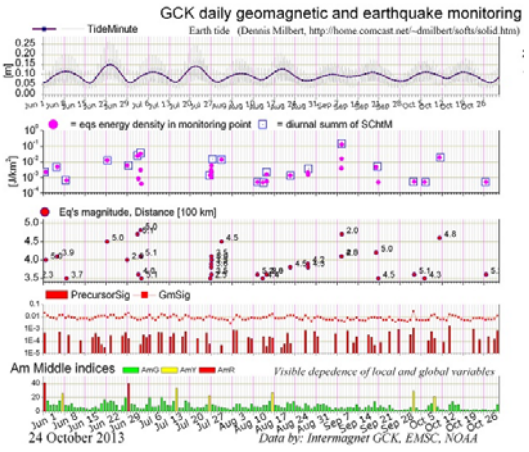


Fig. 6 The reliability of the time window prediction for the incoming earthquake, June–October, 2013, Grocka

The positive value of variable $PrecursorSig_{day}$ means that the geomagnetic field variability, which is calculated by relative standard deviations of the components, is increasing (formulas above). In analogy with earthquake we define such increasing as *geomagnetic quake*. The appearance of geomagnetic quake shows the regional seismic activity increase (the bigger value of the SumEnergy variable) in the time period of the further tide extreme. So, the described geomagnetic quake approach can serve as a forecasting for imminent regional seismic activity.

The distribution of differences between the times of the "predicted" and occurred earthquakes can serve as statistical proof for the reliability of the forecasting of imminent regional seismic activity. As a definition of a "predicted" earthquake, we use the natural hypothesis that it is the earthquake with biggest value of variable $SChtM$ among all the earthquakes occurred in the region with a radius of 700 km. The distribution of day differences is presented for Intermagnet data stations PAG, Panagurishte, Bulgaria, SUA, Surlari, Romania and AQU, L'Aquila, Italia.

As one can see from the Figure 7, the distribution is close to the Gauss one with $hi^2 = 0.89$. The relation between the sums of for the predicted and occurred earthquakes is equal to r = 5.51/6.48. So, the reliability of regional imminent seismic forecasting has 85% probability for the PAG data.

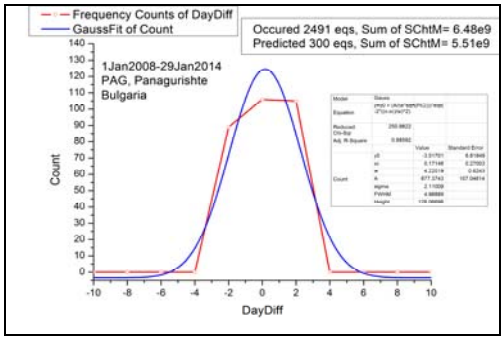


Fig. 7 Day difference distribution for PAG data and it Gauss fit

CONCLUSION

For the solving problem of understanding processes of generating earthquakes, there is some steps that could be done. These steps are started in realization of Project BlackSeaHazNet, but there is a need for more future activities.

Creating complex regional monitoring network with a real time data acquisition system for archiving, testing, visualizing and analyzing the data and the estimation risks, which includes: 3 stationary and one mobile geoelectromagnetic stations (1-10 samples per second), 3-5 water level boreholes (2 samples per hour), 5-7 stations for measure Radon (222Rn) concentration (6 samples per day), the seasonal and independent daily data for the crust temperature (2 samples per day) and 3-4 multi-frequency sound vector receivers (6 samples per hour). Important note: the number of samples is preliminary estimated.

Using the above data, the regional geological and seismic (especially foreshock) data, the ionosphere behaviour data to start formulating and solving the inverse problem for forecasting the time, the epicentre's coordinates, the depth and the intensity of an incoming regional earthquake as well as for actualization of regional seismic risk estimation.

We hope that in future above described correlation between the local geomagnetic quake and the incoming earthquakes, which occur within the time-window defined from the extremes of the Earth tidal gravitational potential (± 1 day for the tidal minimum and ± 2 days for the tidal maximum) will bring together more scientists and bring more sucessfull results.

REFERENCES

Aki, K., (1995): Earthquake prediction, societal implications, *U.S. National Report to IUGG*, 1991–1994, *Rev. Geophys.* Vol. 33 Suppl., 1995

Balsh,C.,http://www.sel.noaa.gov/info/Kindex.html , 2003

Bragin, Y. A., Bragin, O.A., and Bragin, V.Y., (1999): Reliability of Forecast and Lunar Hypothesis of Earthquakes, *Report at XXII General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics* (IUGG), Birmingham, UK, July 18–30.

Cukavac, M. (2005): Seismomagnetism in the role of disaster monitoring, EE-21C, Earthquake engineering in the 21st Century, Skopje-Ohrid, Macedonia, 27 avgust - 1 septembar 2005.

Duma G., (2006): Modeling the impact of telluric currents on earthquake activity, EGU06-A-01730; NH4.01-1TH5P-0571, Vienna.

Eftaxias K., Kapiris, P., Polygiannakis, J., Bogris, N., Kopanas, J., Antonopoulos, G., Peratzakis, A., and Hadjicontis, V., (2001): Signature of pending earthquake from electro-magnetic anomalies, *Geophysical Research Letters* 28(17):3321–3324.

Eftaxias K., Kapiris, P., Dologlou, E. Kopanas, J., Bogris, N., Antonopoulos, G., Peratzakis, A., and Hadjicontis, V., (2002): EM anomalies before the Kozani earthquake: A study of their behaviour through laboratory experiments, *Geophysical Research Letters* 29(.8) 10.1029/ 2001 GL013786.

Freund F.T., Takeuchi, A.B., and Lau, W.S., (2006): Electric Currents Streaming out of Stressed Igneous Rocks – A Step Towards Understanding Pre-Earthquake Low Frequency EM Emissions, *Special Issue "Recent Progress in Seismo Electromagnetics"*, Guest Editors M. Hayakawa, S. Pulinets, M. Parrot, and O. A. Molchanov, Phys. Chem. Earth.

Geller, R.J., Jackson, D.D., Kagan, Y.Y., and Mulargia F., (1997): Earthquakes cannot be predicted, *SCIENCE,* 1997; 275:1616

Knopoff, L., (1964). Earth tides as a triggering mechanism for earthquakes, *Bull. Seism. Soc. Am.* 54:1865–870.

Main, I., (1999a): Is the reliable prediction of individual earthquakes a realistic scientific goal?, Debate in *NATURE*

Main, I., (1999b). Earthquake prediction: concluding remarks. *Nature debates* Week 7.

Mavrodiev, S. Cht., (2002a): The electromagnetic fields under, on and up Earth surface as earthquakes precursor in the Balkans and

Black Sea regions, http://arXiv.org/ abs/ 0202031.

Mavrodiev, S. Cht., (2002b): On the short time prediction of earthquakes in Balkan–Black Sea region based on geomagnetic field measurements and tide gravitational potential behaviour, http://arXiv.org/abs/physics/0210080.

Mavrodiev, S.Cht., (2004): On the Reliability of the Geomagnetic Quake Approach as Short Time Earthquake's Precursor for Sofia Region, *Natural Hazards and Earth System Science*, 4:433– 447.

Mavrodiev, S., Pekevski, L., and Jimseladze, T., (2008): Geomagnetic-Quake as Imminent Reliable Earthquake's Precursor: Starring Point for Future Complex Regional Network, *Electromagnetic phenomena related to earthquakes and volcanoes.* Editor: Birbal Singh. Publ., Narosa Pub. House, New Delhi, pp. 116−134.

Mihajlović, S., (2010): Model izrade geomagnetskog godišnjaka na osnovu baza digitalnih podataka, Akademska misao, Beograd.

Mihajlović, S, Cukavac, M., Čop, R., (2015): Geoefektivnost solarnih i magnetskih bura, 4. Srpski kongres geografa sa međunarodnim učešćem, Kopaonik.7.-9. 10.2015. godine

Molher, A.S., (1980): Earthquake / earth tide correlation and other features of the Susanville, California, earthquake sequence of June–July 1976., *Bull. Seism. Soc.Am.* 70:1583–1593.

Ryabl, A., Van Wormer, J. D., and Jones, A. E., (1968): Triggering of micro earthquakes by earth tides and other features of the Truckee, California, earthquake sequence of September 1966, *Bull. Seism. Soc. Am.* 58:215−248.

Shlien S., (1972): Earthquake – tide correlation, *Geophys. J. R. Astr. Soc*. 28:27−34.

Sounau M., Sounau A., and Gagnepain J., (1982): Modeling and detecting interaction between earth tides and earthquakes with application to an aftershock sequence in the Pyrenees, *Bull. Seism. Soc. Am.* 72:165−180.

St-Laurent F., Derr, J. S., and Freund F. T. , (2006): Earthquake Lights and the Stress-Activation of Positive Hole Charge Carriers in Rocks, *Special Issue "Recent Progress in SeismoElectromagnetics"*, Guest Editors M. Hayakawa, S. Pulinets, M. Parrot, and O. A. Molchanov, Phys. Chem. Earth.

Suhadolc, P., (1990): Fault-plane solutions and seismicity around the EGT southern segment. In: R. Freeman and St. Müller (Editors), *Sixth EGT Workshop*: Data Compilations and Synoptic Interpretation, European Science Foundation, Strasbourg, pp. 371–382.

Tamrazyan D.P., (1967): Tide-Forming Forces and Earthquakes, *ICARUS* 7:59–65.

Tamrazyan D.P., (1968): Principal Regularities in the Distribution of Major Earthquakes Relative to Solar and Lunar Tides and Other Cosmic Forces, *ICARUS* 9: 574–592.

Thanassoulas, C., Tsatsaragos, J., and Klentos, V., (2001a): Determination of the most probable time of occurrence of a large earthquake., *Open File Report A.* 4338, IGME, Athens, Greece.

Thanassoulas, C., and Klentos, V., (2001b): Very short-term (+/- 1 day, +/- 1 hour) time-prediction of a large imminent earthquake, *Institute of Geology and Mineral Exploration* (IGME), Athens, Greece, *Open File Report A*. 4382, pp. 1–24.

Vallianatos F., and Tzanis A., (2003): On the nature, scaling and spectral properties of preseismic ULF signals, *Natural hazards and Earth System Science* 3:237–242.

Varotsos P. A., Sarlis, N. V., Skordas, E. S., Tanaka, H. K., and Lazaridou1, M. S., (2006): Additional information for the paper `Entropy of seismic electric signals: Analysis in natural time under time-reversal' after its initial submission, ftp://ftp.aip.org/epaps/phys_rev_e/EPLEEE8 - 73-134603.

Venedikov A. P., Arnoso R., and Vieira R., (2003): A program for tidal data processing, *Computers & Geosciences* 29(4):487−502

APPLICATION OF IP/RESISTIVITY "REAL SECTION" TECHNIQUE IN SEARCH FOR SULPHIDE MINERALIZATION IN SERBO – MACEDONIAN MASSIF, KOSOVO

Përparim Alikaj, Altin Karriqi and Erjon Çollaku

Polytechnic University of Tirana, Faculty of Geology and Mining, Tirana, Albania
alikajp@albmail.com, altin.karriqi@fgjm.edu.al, erjon84@gmail.com

Abstract
The Serbo–Macedonian massif in Kosovo covers the most eastern part of the country and consists of Lece Magmatic Complex (LMC). Recent porphyry copper–gold exploration activity in this complex in Tulare zone, in Serbia has grown the interest of mining companies in Kosovo, on similar activity. In this paper we present some modest results obtained recently in the Orllan zone (exploration license no.1403, located about 3 km NW of Tulare zone) with Electrical Prospecting methods of Induced Polarization (IP) and Resistivity, through the "Real Section" technique.
The Tulare zone is located in the south–western part of LMC and it is underlain by metamorphic basement rocks in the eastern and north–eastern parts and Tertiary sub–volcanic, volcanic and volcaniclastic rocks dominate the western and south–western parts of the zone. The mineral resources for Tulare (Kiseljak and Yellow Creek) deposits are estimated at 547 million tons at 0.23% copper and 0.22 g/t gold (inferred category).
It is well known the fact that IP/Resistivity and Magnetic methods are the most useful ones in search for porphyry copper–gold deposits all over the world. Comply with this, the paper presents some interesting results obtained with IP/Resistivity "Real Section" technique which has been originally developed in Albania and after 1991, it was successfully applied in Canada and in many parts of the world. Verification by drilling of a low chargeability (IP) anomaly obtained on a survey line in Orllan exploration property, owned by local company Byl & Byl Shpk, proved its connection with disseminated sulphides, such as pyrite, sphalerite, galena, as well as silver, REE, etc. Although the mineralization is not intensive and located at depth below 250 m, it is clearly reflected in the chargeability anomaly. Also, due to presence of intensive quartz veins, it is associated with increased Resistivity values at depth. Further detailed geophysical surveys and drillings are planned to be performed in this perspective zone.

Key words: Serbo–Macedonian massif, porphyry copper–gold, IP/Resistivity "Real Section"

INTRODUCTION

The Orllan property is located in the south-western part of the Lece Magmatic Complex LMC) in Eastern Kosovo. The LMC is part of the Serbo-Macedonian-Rhodope province of the Tethyan Metallogenic Belt. Beginning in the Cretaceous, the region has been a part of the convergent margin of the Eurasian plate, experiencing a series of Late Cretaceous to Miocene subduction and collision events interspersed with syn- and post-orogenic extension (Arnold & Malhotra 2014). In Orllan area in the past, various exploration works have been performed, mostly focused on compiling geological maps, ground geophysical exploration, geochemical surveys and drillings, resulting in the discovery of Drazhnja Zn – Pb ore deposit, located in the NW part of the license property. The main known mineralization occurrence in LMC is porphyry copper with presence of gold and other associated elements. Only about 3 km southeast of the exploration grid of Orllan license is located the Tulare Porphyry Orefield (in Serbia), which belongs to Avala Resources Ltd and Dunav Resources Ltd (Fig.1). Kiseljak and Yellowcreek are the main gold-copper porphyry deposits in this region. The Kiseljak deposit is a typical calc-alkaline gold-copper porphyry deposit, forming a north plunging (~70°) pipe intruded into amphibolite and biotite schist country rock (Arnold & Malhotra 2014). The alteration zones at Kiseljak appear to be restricted in extent, in contrast to well-developed concentric zonations more typical of high level porphyries.

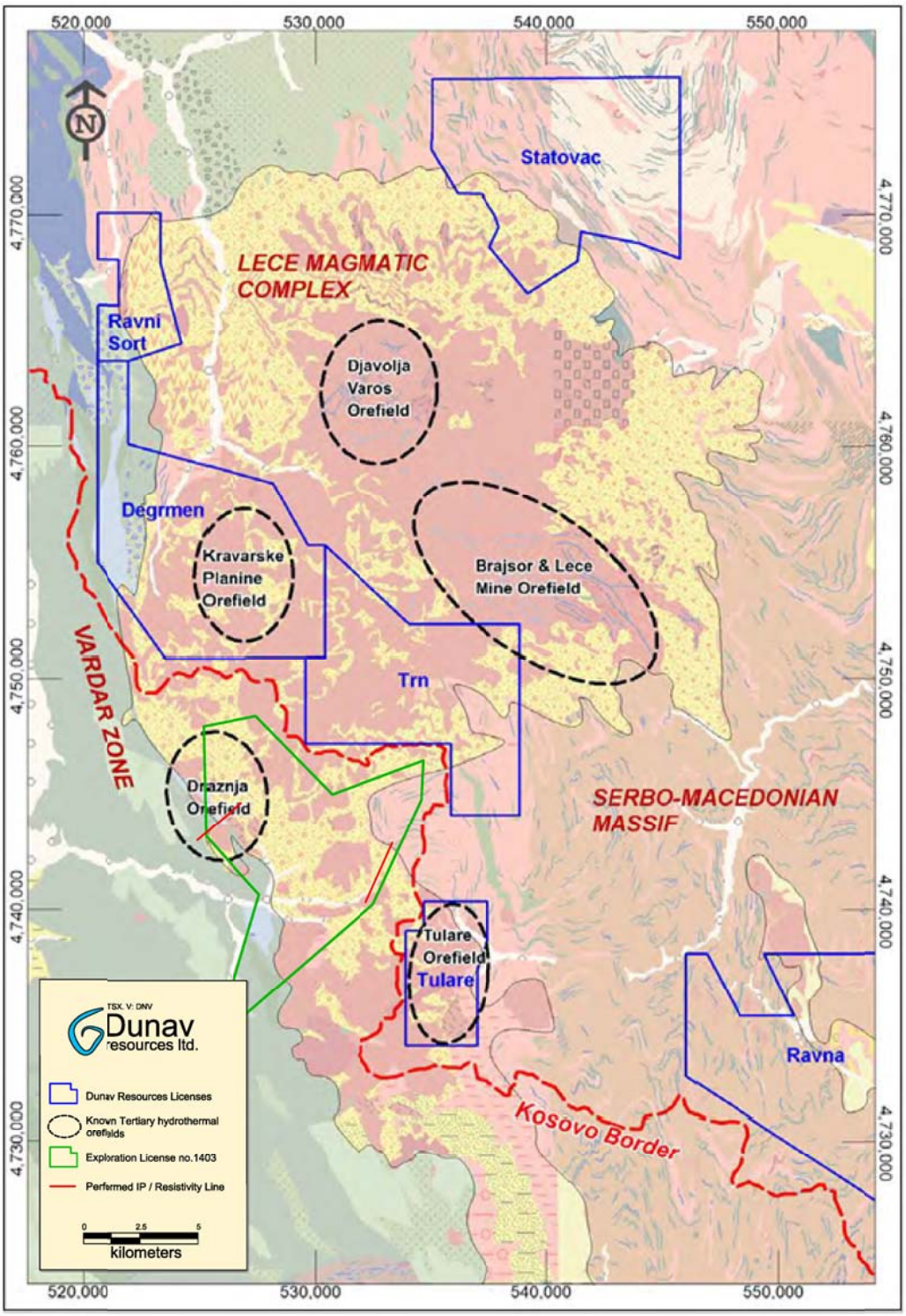


Fig. 1 *Regional geology map with ore fields around Exploration License 140(Courtesy of Dunav Resources ltd.)*

MINERALIZATION

Mineralization of Tulare region is stockwork-related and disseminated in nature and typical of this style of porphyry. Mineralization within the potassic zone primarily comprises chalcopyrite veinlets with subordinate bornite (0.1 to 10 mm thick) and disseminated chalcopyrite and bornite. Variable amounts of digenite, chalcocite, covellite, molybdenite (not in economic quantities) and pyrite occur together with rare galena and sphalerite. Magnetite occurs both as disseminations and in quartz veinlets. The propylitic zone

generally contains less than 1% disseminated pyrite and rare chalcocite (Arnold & Malhotra 2014). Gold mineralization occurs as native gold associated with gangue minerals. It also occurs as blebs within sulphides, particularly in bornite and chalcocite. Gold correlates strongly with copper. The Kiseljak Porphyry measures some 800 meters by 300 meters, where it is exposed at surface, and has been traced to a vertical depth of 450 meters to date. Both the porphyry and the surrounding schist have been intruded by a series of intra-mineral porphyry phases, which are generally poorly mineralized. Tulare zone has so far 547 million ton reserves at average grades 0.23% Cu and 0.22 g/t Au in Kiseljak and Yellow Creek deposits (Arnold & Malhotra, 2014).

As regard the Drazhnje deposit, the bulk of the known zinc lead mineralization lies within Paleozoic calc – silicate rocks and breccias overlain by Cretaceous continental clastic rocks and Neogene volcanic (Vardar Zone). Mineralization is represented by sphalerite, galena and pyrite and generally develops as high grade massive hydrothermal breccia, stockwork and selective replacement of calcareous layers within the Paleozoic sequence. Mineralization is oxidized near surface, forming gossanous zones where it outcrops (Slowey and White 2009).

As mentioned above, two prospects in Orllan License have been the main objects in our tests: Orllan and Drazhnje (Batlava) which are situated respectively near the well-known deposits of Drazhnje and Tulare (Fig.1). The territory of License 1403 (see Fig.2) is totally located within the Lece Magmatic Complex (part of Serbo – Macedonian Massif) and as such, the porphyry copper – gold mineralization is the primary target in this area. The vicinity to Tulare porphyry copper – gold mineralization systems makes it very attractive for exploration with geophysical methods.

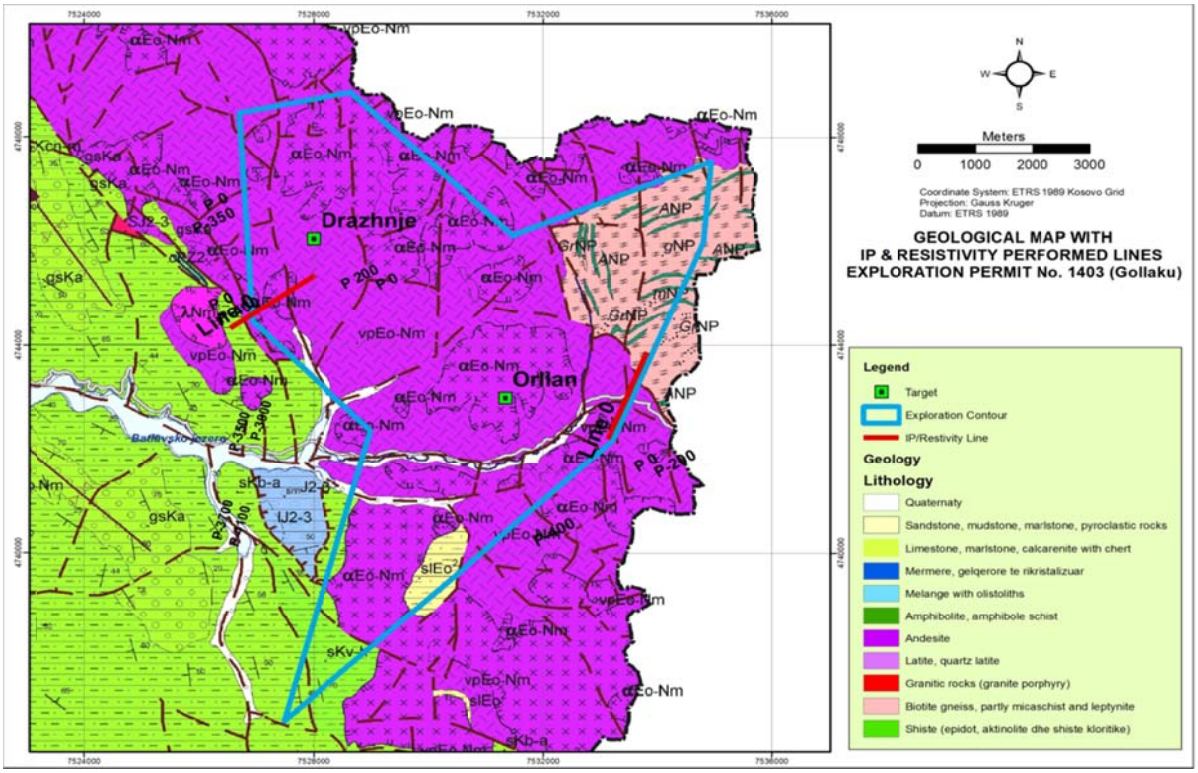


Fig.2 *Geological map with exploration grid and geophysical survey lines*

On the other side, proximity to Drazhnje polymetallic deposit (stockwork type), makes the NW part of the property interesting for further exploration in surrounding areas, initially with Electrical Prospecting surveys and later with drillings.

GEOPHYSICAL SURVEY METHODOLOGY

Based on geological setting and proximity to known deposits of porphyry copper – gold and polymetallic stockwork (Tulare and Drazhnja), a geophysical survey with Electrical Prospecting methods of Induced Polarization

and Apparent Resistivity was designed to be tested as a reconnaissance tool in two lines in Exploration Permit 1403 in Orllan area, Kosovo. The IP/Resistivity survey on Line 0 in Orllan was performed with "Real Section" technique, which has been proved very effective in search for metallic minerals in Albania, Kosovo, Serbia, Canada, USA, Latin America, Russia, Africa, Mongolia, etc. (Alikaj 1979, Langore, Alikaj & Gjovreku 1989, Lubonja, Frashëri & Alikaj 1994, Roth 1997, Alikaj & Gordon 1999, Karriqi & Alikaj 2011). This technique, originated by P.Alikaj in 1978, provides a very good corroboration between the surveyed electrical parameters and geological structure in a section. Basically, it presents a multiple gradient array survey methodology followed by proprietary data processing and interpretation procedures which enable the final presentation. The "Real Section" presentation is not a mathematical inversion, but through special algorithms it provides an accurate definition of electrical parameters observed at various depths in the form of so-called "Physical Inversion" (Alikaj at al. 2012). The measurements were accurately surveyed with IP/Resistivity transmitter VIP-10 kW and Receiver Elrec-Pro, both produced by Iris Instruments in France.

DISCUSSION OF FIELD RESULTS

In Fig.3 is presented the IP "Real Section" obtained on Line 0. An interesting chargeability (IP) anomaly is noticed around stations 0 – 400, especially at depth, which remains open below 300 m. In a background of 10 – 12 mV/V, an 18.6 mV/V anomaly is observed. In the Resistivity "Real Section" (Fig. 4) is noticed a broad sector of increased values, from 35 – 100 Ohm.m to over 600 Ohm.m between stations -150 and 550 at depth. The anomaly is associated by a sector of decreased apparent electrical resistivity values around stations 200 – 300, though. The shape of anomaly and electrical parameters supported the idea of the possible presence of copper – gold porphyry mineralization at depth. A borehole of depth 491.7 m (Ber-1) was performed in July 2015 in the centre of the Induced Polarization/Resistivity anomaly (Fig.3).

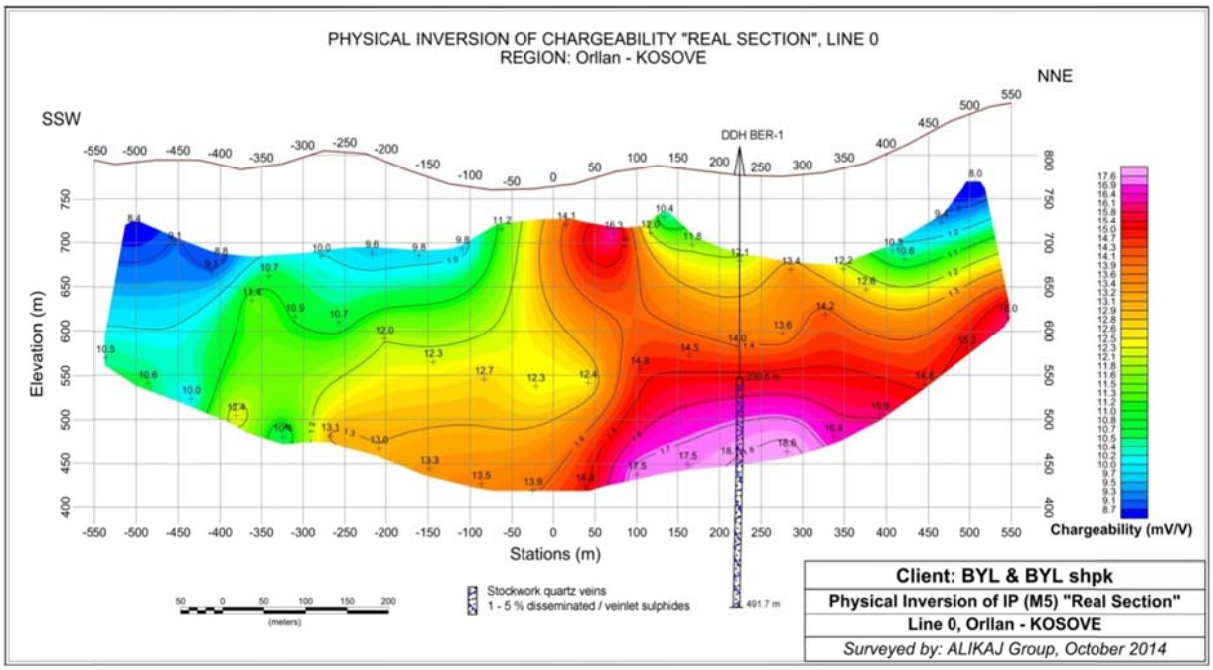


Fig.3 *IP "Real Section" on Line 0, Orllan*

Several core samples from the performed hole were also studied for physical properties at the Geophysical Laboratory of the Department of Earth Sciences, Faculty of Geology and Mining, Polytechnic University of Tirana, Albania. The chargeability values surveyed with receiver Elrec – Pro and laboratory transmitter CTU-2 System (Scintrex) were in the range between 32 and 54 mV/V while the specific electrical resistivity between 120 and 930 Ohm.m. A specially designed sampleholder for measuring the core samples in the laboratory was employed for this purpose (Gomaa and Alikaj, 2009).

The borehole intersected an interesting geological section, with similarities to the one of Tulare Cu-Au porphyry deposit, located about 3 km SE from this hole. The geological formations include gneiss of various alterations, including brecciation and kaolinization, andesite of different rate of alteration, as well as quartz veins (stockwork) of thickness from millimeters to half a meter. Sulphide (mostly pyrite) with grade from trace to several percent, and texture from disseminated to thin veins were also intersected, especially after the depth 250 m. This is a typical geological section obtained in the Lece Magmatic Complex, Serbia, where Tulare Cu-Au porphyry deposits is located and BER-1 is the first hole ever drilled in Kosovo for this type of mineralization.

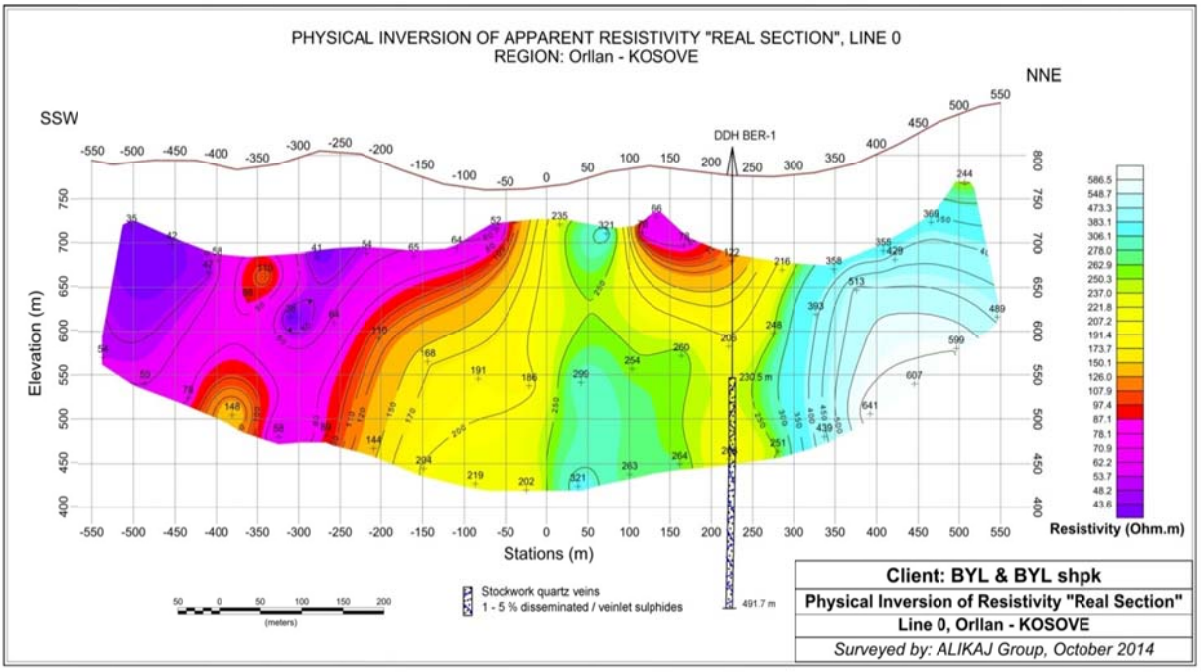


Fig.4 *Resistivity "Real Section" on Line 0, Orllan*

Although the geological section is the right one for the expected mineralization, the grades of Au and Cu were not satisfactory, maybe due to thick intervals of sample assays, up to 10 m (composite sections). However, surprisingly there were noticed interesting grades of Rare Earth Elements (REE) like Cerium, Cesium, Rubidium, etc., almost throughout the drilled section, starting from surface. Also, the presence of anomalous values of Phosphor, Barium and Zinc indicates an important porphyry mineralization at depth, including copper and gold. Later, three more assay tests were performed in another laboratory: Two of them represented grind material obtained from the saw core samples at depth intervals 250 m to 450 m. The zinc grades in these samples resulted respectively 3.65 % and 4.19 %, while Ag graded up to 11.95 g/t. The third one was a core sample of a 25 cm interval, at depth 495 m (end of hole) which turned out to contain 5.01 % Zn.

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

The Electrical Prospecting with IP/Resistivity "Real Section" technique, proved to be effective in exploration for Cu – Au porphyry mineralization in Serbo – Macedonian massif in Eastern Kosovo. Even small amount of sulphide mineralization (averagely less than 2 %) provide weak but clear anomalies of IP in Orllan zone.

The Chargeability (IP) anomalies clearly corroborate with increased Apparent Resistivity anomalies, due to presence of quartz vein and stockwork system in section.

This was just a test survey with IP/Resistivity "Real Section" technique in this type of mineralization in Kosovo, so further surveys with the same technique, are strongly recommended in the future, after proper detailed geological mapping is performed throughout the property area. Magnetic survey is also recommended for detection of this type of mineralization.

REFERENCES

Alikaj P. and Gordon R. 1999: A geophysical tool for Mexican geologic environments. Presented at the *Zacatecas Siglo XXI*, Zacatecas, Mexico.

Alikaj P., Likaj N., Karriqi A., Collaku E. 2012: Advancement in IP/Resistivity "Real Section" presentation. *Bulletin of Geological Sciences*, No.1, Tirana, Albania.

Arnold C. and Malhotra D. 2014: Tulare Porphyry Project – Kiseljak and Yellow Creek Deposits, for Dunav Resources Ltd, Serbia.

Frashëri A., Lubonja L. and Alikaj P. 1995: On the application of geophysics in the exploration for copper and chrome ores in Albania. *Geophysical Prospecting*, Vol. 43, Nr. 6.

Gomaa M. and Alikaj P. 2009: Effect of electrode contact impedance on AC electrical properties of a wet hematite sample. *Marine Geophysical Research,* Vol.30, 265 – 276.

Karriqi A. and Alikaj P. 2011: Combination of Resistivity "Real Section" with quantitative interpretation of Vertical Electrical Soundings. *GeoAlb 2011 "Mineral Resources and their perspective"*, Mitrovice, Kosovo, 2011. Proceedings p.466 – 469, ISBN-978-9951-612-00-5.

Langore L., Alikaj P. & Gjovreku D. 1989: Achievements in copper sulphide exploration in Albania with IP and EM methods. *Geophysical Prospecting*, 37, 975 – 991.

Roth J. 1997: Ground Geophysics – Advances and Outlook. *Proceedings in Exploration '97*, Toronto, Ontario, Canada. p 9-12.

Slowey E. and White G. 2009: NI 43 – 101 Technical Report on Drazhnje Zinc – Lead Project in Kosovo for Lydian International Ltd.

ORE MINERALIZATION AT STUDIED GEOMAGNETIC ANOMALIES ON MT. GOLIJA

[1]Jovan Kovačević, [2]Boris Vakanjac, [1]Nikolić Dušan, [1]Mihajlo Pandurov

[1]Geological Survey of Serbia, Rovinjska 12, Belgrade, Serbia
[2]Singidunum University, Faculty of Applied Ecology Futura, Požeška 83a, Belgrade, Serbia, borivac@gmail.com

Abstract
The geologic framework, tectonic assemblage, magmatism and rock alterations of Mt. Golija are such that it is predisposed to deposits of non-ferrous metals, iron, tungsten and other metallic and non-metallic minerals. The objective of the research reported in this paper was to identify aeromagnetic anomalies and undertake prospecting investigations in selected areas, in search of any previously unknown or undetected occurrences of metallic mineral ores. Already known ore-bearing areas were also expected to expand if occurrences were detected in only one part of the selected study area or were solitary within that area. Without doubt, Tertiary igneous rocks have basically caused the anomalous field on Mt. Golija. Skarn ore with magnetite was also a likely contributor, but to a lesser extent. The involvement of volcanites was expected to be somewhat more pronounced through the influence of covered, younger sub-volcanic intrusions. There was an evident effect of volcanites, with a reversed magnetic field, which was manifested by an individualized negative anomaly at Muhovo. Most of the samples were collected at the following localities: Tikveš – Truba, Ostatija – Biser Voda and Radulovac – Kolesnička River. Ore mineralizations in the study area were found to be diverse by type, transformation and alteration of detected minerals. In effect, sampling was undertaken to verify the recorded anomalies. The present paper discusses testing of ore mineralization in the area where magnetic anomalies had been detected.

Key words: sulfides, geomagnetic, ore mineralization, Mt. Golija

INTRODUCTION

The potential area of Mt. Golija (POAG) can be defined as built up of a complex package of Paleozoic metamorphic rocks with numerous Tertiary extrusions and breakthroughs of generally medium-acidic to acidic igneous rocks. The area is intersected by a system of faults generally trending northnorthwest – southsoutheast, and a system of faults largely trending northeast-southwest. To the east, POAG is in contact with and partly encompasses both Upper Cretaceous sediments and an ophiolitic mélange. The area occupies about 860 square kilometers. In essence, ore mineralization is a result of contact-metasomatic/hydrothermal processes associated with Tertiary magmatism. Numerous occurrences and deposits of W, Sb, Fe, As, Pb, Zn, Bi, Ag, Au, Te, etc. have been detected in the study area, representing high-to-medium temperature hydrothermal mineral associations tracing to acidic and medium-acidic magma.

The results of preliminary aeromagnetic surveys and microscopic testing of ores are presented in the paper.

The microscope used was Leitz Ortholux Pol 2 at the Geological Survey of Serbia and the binocular stereomicroscope was Breeser.

GEOLOGIC FRAMEWORK

The terrain largely belongs to the Inner Dinarides and to a lesser extent lies on the fringes of the Vardar Zone. From a tectonic perspective, there are two structural levels: the lower is Paleozoic and the upper Mesozoic and Tertiary. The most outstanding feature is the Ivanjica antiform. The characteristics of the southern slopes of Mt. Golija are similar.

The framework of this area was formed in two different time intervals. The first lasted from the Upper Carboniferous to the end of the Permian. During that time, the Carboniferous sequence was folded and the orientation of the axes was likely NE-SW. In the later stages of folding, which involved transposition and permutation, the folding index increased and folds with very large amplitudes were created. In parallel with folding, there was regional metamorphism that resulted in weak foliation.

During the Mesozoic, a series of consecutive foldings caused the Carboniferous sequence to

become overfolded and created new folds whose axes were oriented NW-SE.

The northeastern belt of Mt. Golija is built up of a diabase-chert formation and Senonian sediments. The study area exhibits monocline symmetry. The main features are folds trending NW-SE and overthrusting towards the southwest. The main outlines of the terrain were formed after the Upper Cretaceous. Folding was accompanied by longitudinal and transverse faulting. Minor masses of peridotite rocks extruded along these dislocations.

Ruptures in the Paleozoic core are difficult to register and generally make up a package with faults whose primary trending is NNW-SSE and NE-SW. The trending of the faults in Mesozoic formations is the same. The diabase-chert formation to the WSW overlies Carboniferous and Cretaceous sediments.

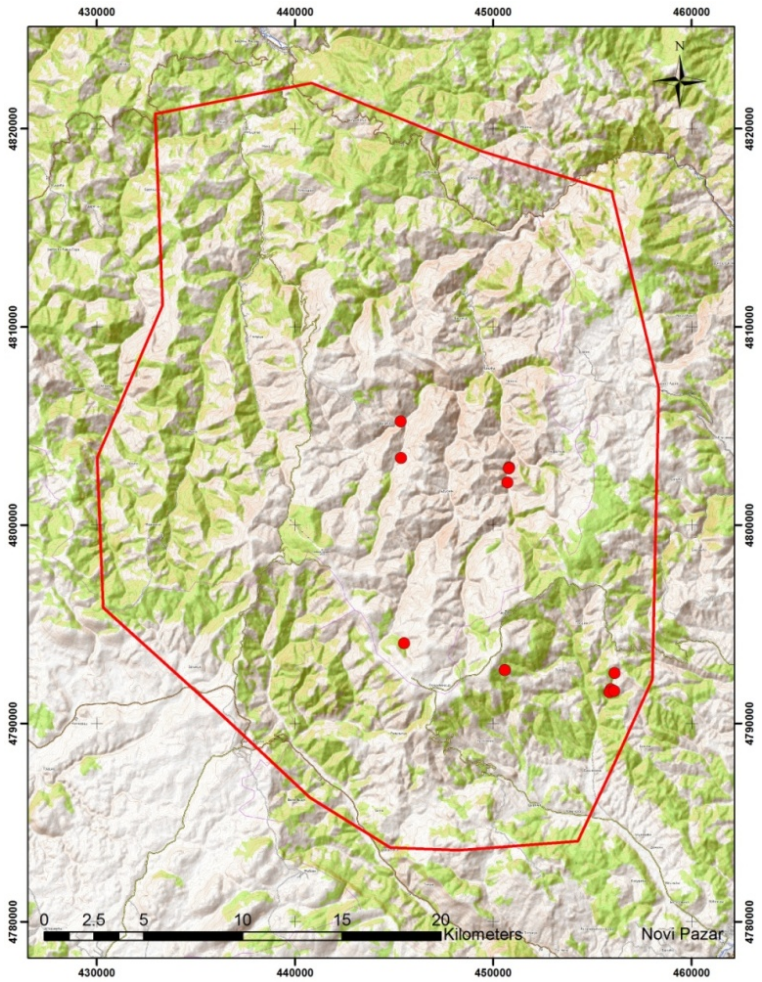


Fig. 1 *Potential ore area on Mt. Golija (red contour). The red dots represent sampling points for ore microscopy – zones of anomalous magnetic readings. SASPlanet, Open Topo Map*

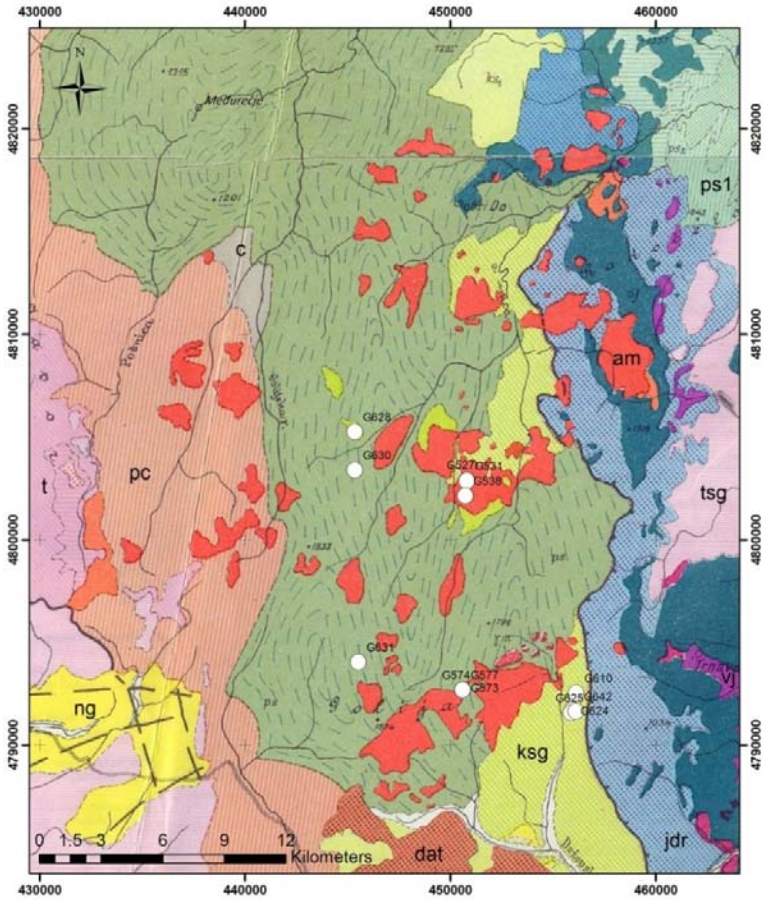


Fig. 2 *Geological map of Mt. Golija, 1:200,000 (Milovanović and Ćirić 1966) with sampling positions - white dots. Explanation: ps – Lower Paleozoic, non-split; ps1 – phyllites and sericite schists; pc – Carboniferous-Permian – argilloschists, sandstones and conglomerates with limestone interbeds; t – Triassic; tsg – limestones and dolomites; jdr – diabase-chert formation; vj – gabbros ; oj – serpentinites; ks1 – Senonian clastic sediments; ksg – Upper Cretaceous flysch; am – andesites; dat – dacite-andesites; and ng – Neogene.*

GENERAL CHARACTERISTICS OF ORE OCCURRENCES

On Mt. Golija, occurrences of metals associated with Tertiary magmatites (grandiorites and quartz latites) and their contacts with Carboniferous and Mesozoic sedimentary-metamorphic formations have been recorded. Sedimentary occurrences of iron ore have also been noted.

Magnetites have been detected on several locations on Mt. Golija. The best known site is Radulovac. The ore was found in contact-metamorphosed Carboniferous schists (based on ancient Saxon mining operations). Magnetite occurs in thin veins, always broken up and disturbed. Chunks of ore in old tailing dumps and pits attest to high Fe concentrations in the magnetite ore. The deposits are small and so far are of no economic significance. There are historically known occurrences of sedimentary iron – magnetite ore.

Pyrrhotite has been detected in several outcrops of sulfide ore at Radulovac, generally comprised of pyrrhotite and some sphalerite and chalcopyrite. The ore is composed of pyrrhotite, arsenopyrite, pyrite, scheelite, chalcopyrite, sphalerite and some galenite. Pyrrhotite has also been detected below Oštri Vrh and on Mt. Jurija, also in contact-altered schists. All the parageneses suggest a plutonic origin of pyrrhotite.

Lead and zinc (Pb-Zn) ores: The ore-bearing area of Mt. Golija features lead and zinc ores in the form of veins and impregnations. They have been detected around Crni Vrh and Radočelo. The paragenesis is believed to be associated with a grandiorite intrusion. Several veins of galenite with sphalerite, of variable thickness, have been noted. The zone of ancient mining operations on Crni Vrh runs NE-SW for about 1.5 km.

In propylitized quartz latites and along their contact with Upper Cretaceous sedimentary

rocks several occurrences of Pb-Zn ores have been noted in the form of rare impregnations. It is still an open question whether these occurrences are associated with hydrothermal activity of quartz latite and dacite masses or the effect of "younger" plutonic rocks (grandiorites and quartz monzonite) on Mt. Golija.

Scheelite has been detected on a number of locations on the southern slopes of Mt. Golija, always in contact-metamorphic schists. The orientation of the mineralized zone is NE-SW. The ore body is plate-like and its thickness varies from 1.2 to 3.5 m. It is built up of sulfides, mostly pyrrhotite, with some arsenopyrite, pyrite and chalcopyrite. Scheelite occurs in the sulfide mass as an impregnation, bands and grains. The color is light yellow and white, with blue fluorescence. The mineral composition and occurrences are indicative of a hydrothermal/ hypothermal origin of scheelites on Mt. Jurija (according to the authors of the Sjenica section of the national geological map). Magnetite was present in all assays. Gold, platinum and rare elements were registered very seldom.

Occurrences of iron sulfide minerals, accompanied by Cu, Pb and Zn, have been detected as part of uranium exploration (1967-1969) by Geoinstitute, on the following locations: Ostatija, Studenica River, Careva Glava, Radulovac, and east and west of Marina Glavica. Of the seven occurrences of iron sulfides (pyrite and pyrrhotite), four were accompanied by Cu, two by Pb and one by Zn.

RESULTS OF AEROMAGNETIC SURVEYS

Based on aeromagnetic data, the geomagnetic field in the study area is relatively little disturbed, especially in the southern part. The intensity of the anomalous field is generally less than 50nT and the positive and negative fields are almost equally represented. The extreme measured values of ΔT were -110 and +400nT. Based on the nature of the anomalous field and the intensity and spread of the anomalies, three zones can be distinguished in the study area: Mt. Golija and the parts north and south of Mt. Golija.

The anomalous field on Mt. Golija features two main peaks (at Hajdučka Voda – Prekobrdo and Radulovac – Oštro Brdo), whose intensity is greater than 100nT. They mark a positive field whose spread is generally consistent with the Mt. Golija massif. Overall, the anomalous field is specific and distinguished from the other parts of the study area, which it divides into the northern part and the southern part. From the north and the south it is almost completely surrounded by a negative anomalous field. On the southern side the negative field ends on the fringes of Mt. Golija, where the intensity is -20nT. Apart from the two main peaks, there are several anomalies of a local nature.

North of Mt. Golija, the spread of the positive and negative anomalous fields is roughly equal. The positive fields basically occupy two areas: Ravna Gora – Nešovići – Brkovici – Parezani and Crepuljanik – Rudno, which divides the negative field and expands it further towards Mt. Golija and the northeast. The anomalies in the former field have a maximum intensity of only 20nT, whereas the intensities of the latter are generally greater than 100 nT (this is where the highest intensity overall (400nT) was registered in the study area). In the spacious negative field, which includes several individual positive anomalies of about 10 nT, there are two distinct peaks of -110nT, which strap the Crepuljnik – Rudno area from the south and north.

The conclusion based on all available geologic and geophysical data is that the main causes of the anomalous field are Tertiary magmatites, basites and Paleozoic schists. The Tertiary igneous rocks, including granitoids and volcanites (quartz latites, phenolites), exhibit different levels of magnetism: certain parts of even the same mass are highly magnetic, whereas others are virtually non-magnetic. The basites (serpentinites, gabbros and diabases) generally feature a higher level of magnetic susceptibility.

The magnetoactive members of the Paleozoic schists are chloritic and other schists, with occasional magnetite impregnations. The causes of the magnetic anomalies were discovered in the recent erosion level: Paleozoic schists and volcanites, or partly exposed – granitoids, not excluding possibly hidden, covered sub-volcanic intrusives.

The anomalous field on Mt. Golija was caused by Tertiary magmatites. The contribution of volcanites is expected to be somewhat more pronounced due to the effect of covered younger sub-volcanic intrusions. The effect of volcanites, reversely magnetized, is evident in the individualized negative anomaly at

Muhovo. Some of the other local anomalies that spatially coincide with the volcanites can be attributed to them, in the same way as the local changes in ΔT are spatially associated with the Paleozoic schists, probably caused by magnetoactive members of the schists. Given that some of the local anomalies can also be a product of skarn ore or be indirectly indicative of the presence of other, non-magnetic ore, a detailed survey will be needed for a reliable determination of the nature and metallogenetic significance of the causes.

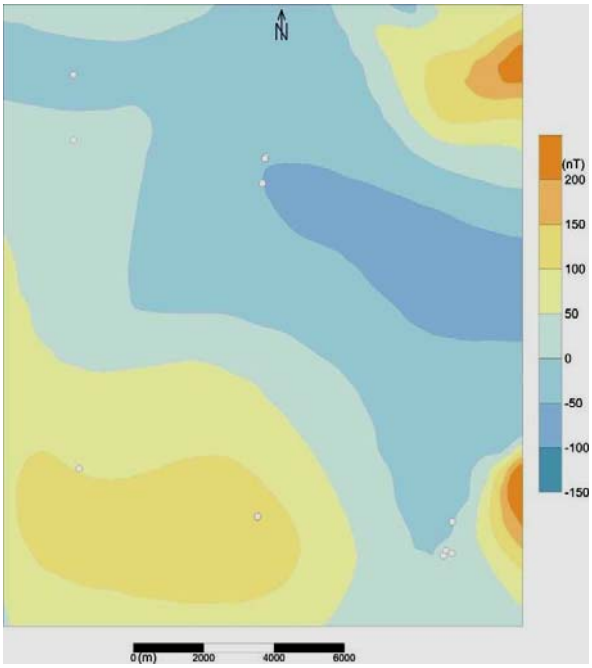


Fig. 3 *Magnetic anomalies in the studied area of Mt. Golija*

In the northern part of the aeromatnetically surveyed area, north of Mt. Golija, anomalies are caused by basites, Tertiary volcanites and Paleozoic schists, partly Fe ore. The basites have caused the highest-intensity anomalies. The distribution of peaks is consistent with the magnetic susceptibility of the parts of basite. The Tertiary volcanites have certainly caused the anomalies spatially connected to them; they are obviously heterogeneously magnetized and spatially subordinate to virtually non-magnetic volcanites. The Paleozoic schists have caused minor changes in ΔT intensity in areas where Fe ore with magnetite had previously been determined.

In the southern part of the area, south of Mt. Golija, the anomalous field is of low intensity and negative. The three existing relative ΔT peaks were likely caused by magnetoactive members of the diabase-chert formation/Paleozoic schists.

ORE MICROSCOPY

Sampling was conducted in areas that measured an intense anomalous magnetic field. A total of 22 samples were collected, which can be divided into four groups depending on the detected ore minerals: 1. tremolite-actinolite schists (including altered); 2. massive sulfides; 3. altered contact and silicified rocks, and 4. carbonate rocks.

1 - Tremolite-actinolite schists with ore minerals

The samples were mostly green, weakly mineralized rocks. The texture appeared radial. Some of them were locally altered and limonitized and certain parts had slightly more ore minerals.

Three general types of rock material were distinguished: (a) greenish black tremolite-actinolite with pyrrhotite, (b) limonitized tremolite-actinolite with pyrite, and (c) altered, light brown – limonitized with coarse sulfide aggregates (1 – 1.5 mm).

Aggregates, radial shapes of tremolite-actinolite, with voids filled with deposited ore minerals, were dominant. Quartz was developed on the edges of amphibole aggregates. Base section of amphiboles was rare. Chloritization was noted locally. Parts of the preparations contained calcite concentrations, at the points of contact between calcites and tremolite-actinolites. Epidote was detected in the said minerals.

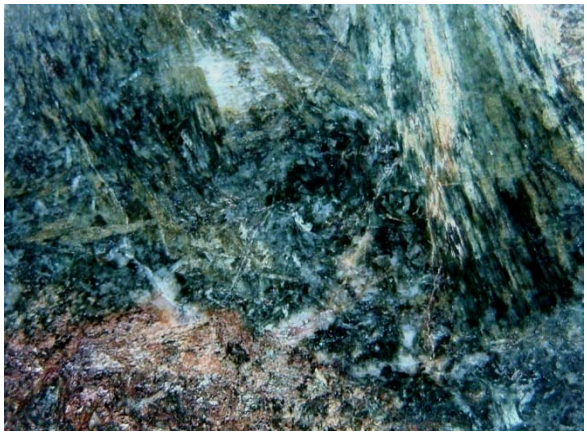


Fig. 4 *Basic tremolite – actinolite – greenish and radial with limonitization – brownish. 10x*

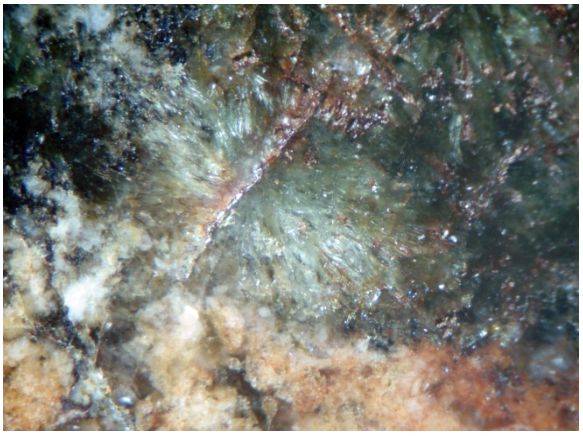


Fig. 5 *Typical radial actinolite aggregate (greenish) and in the bottom of the photograph limonitized with quartz concentrations. 20x*

Impregnation (impregnation- metasomatic) mineralization of pyrrhotite in the actinolite (tremolite) mass with quartz was frequent. This "pyrrhotite mineralization" is developed in dark green rock material. Pyrrhotite grains are either elongated or allotriomorphic and fine. They were deposited in the direction of the radial structures of the actinolites. The impression was that pyrrhotite (with a rare yellowish mineral, very rare chalcopyrite?) replaced radial tremolite-actinolite material. There were rare yellowish isotropic separations in the needle-like pyrrhotite aggregates. Grain sizes were up to several tens of μm and of the aggregates 100 – 200 μm, rarely more. Pyrrhotite was also capable of building irregular, worm-like and allotriomorphic concentrations.

The limonitized parts of the tremolite-actinolite type with pyrite exhibited fine allotriomorphic aggregates of pyrite and sphene. Some pyrite grains were hypidiomorphic and/or filled microfractures in the form of veinlets.

Anatase was developed in the form of independent idiomorphic to hypidiomorphic grains or groups.

Lighter altered parts showed coarser aggregates of marcasite and pyrite. Some central parts of the coarser marcasite aggregates could have been pyrrhotite relicts, such that the aggregate was created by transformation of the primary pyrrhotite. Bird-eye structures according to Rmadohr (transformation of pyrrhotite into marcasite and pyrite) were also noted.

Rutile and atanase were frequent occurrences in these samples.

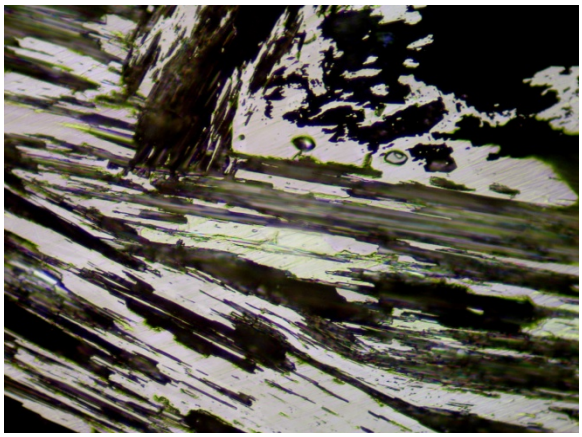


Fig. 6 *Radial deposition of pyrrhotite along actinolite. In the center, yellow separation of isotropic material, probably Ni sulfides. Obj. 50x//N.im*

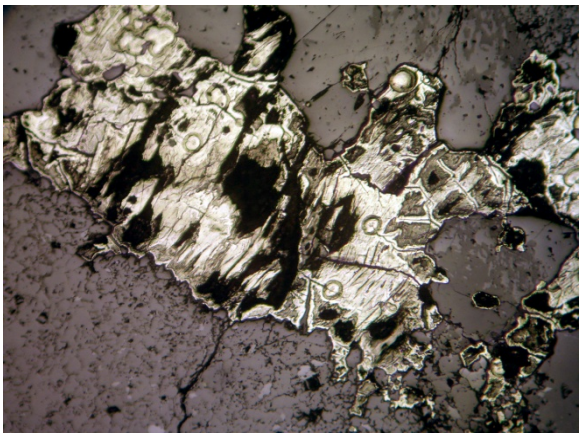


Fig. 7 *Bird-eye transformation of pyrrhotite into marcasite and pyrite. Obj. 10x//N*

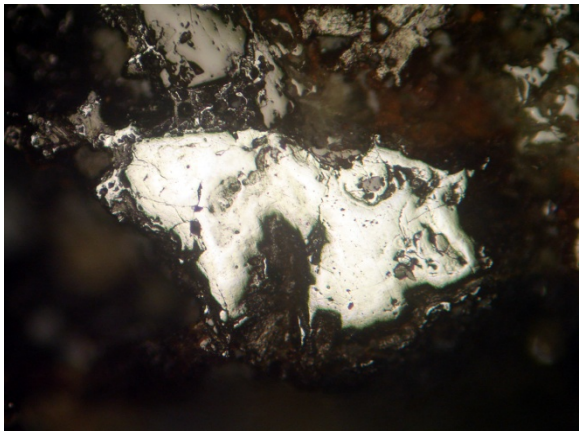


Fig. 8 *Limonitized pyrite gel. Obj.20x//N.*

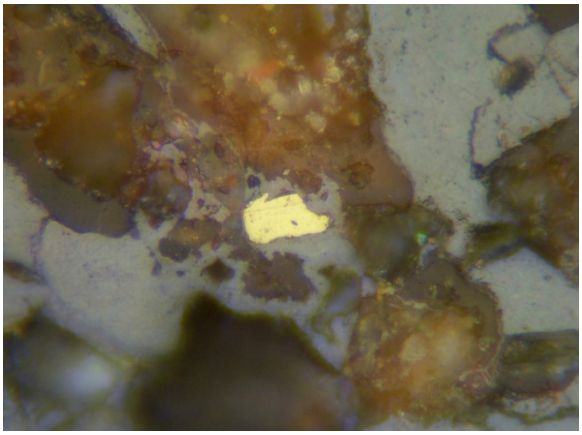


Fig. 9 *Chalcopyrite (yellow) grain corroded by limonite (gray). Obj.50x//N.*

2 - Massive sulfides

The ore samples were made up of light yellow sulfides, fissured and magnetic. The fissures were filled with brownish tailing minerals.

The most prevalent ore minerals were pyrrhotite and marcasite. The pyrrhotite was deposited in the form of irregular, cracked concentrations corroded by marcasite. In places, the marcasite fully replaced pyrrhotite and was developed as both independent concentrations and aggregates. Certain phases of the marcasite mass were lighter and bluish in color (compared to and near marcasite) and they were possibly concentrations with arsenopyrite.

Pyrite was noted locally, in the form of hypidiomorphic individuals and aggregates with marcasite.

Chalcopyrite filled fissures in pyrrhotite and marcasite and the buildup was allotriomorphic with dimensions up to 100 μm or more. Some samples featured a light gray-bluish mineral (separation in chalcopyrite), accompanied by gold. In places where gold was detected, bornite was developed in the chalcopyrite.

Arsenopyrite was generally idiomorphic, deposited both individually and in the form of aggregates.

Galenite was deposited in irregular concentrations, as well as chalcopyrite in fissures and pyrrhotite-marcasite phases. Some samples included separations of a beige-yellowish mineral – probably from the Bi group (harder phase) and gold (softer phase). The beige-yellowish phases in the galenite were very fine, which prevented accurate determination (probably Bi minerals).

Fig. 10 *Sample G 538 – concentration of massive sulfides with limonitized quartz veinlets. 20x*

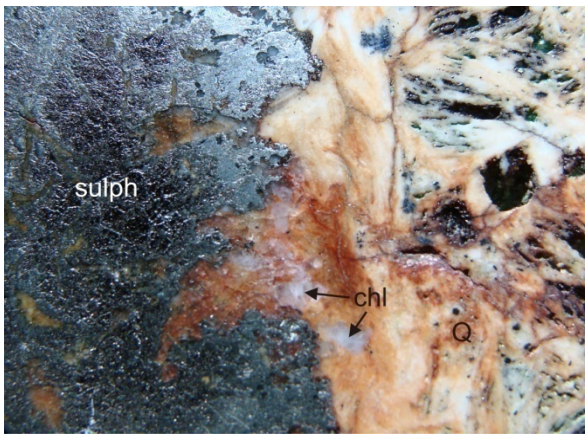


Fig. 11 *Sulfide concentrations (left) and quartz with limonitization (right); chl stands for the youngest chalcedony deposits. 20x*

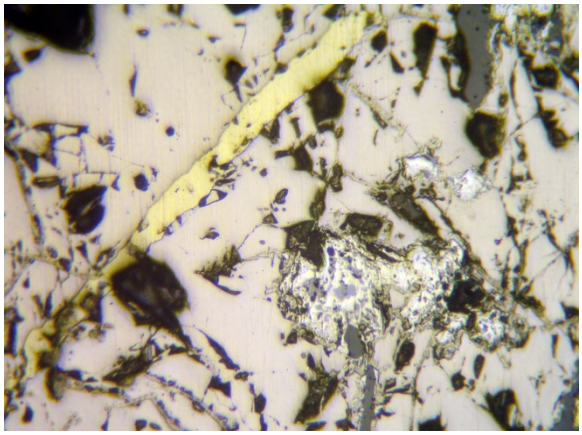


Fig. 12 *Pyrrhotite substrate (purple), later chalcopyrite (yellow) and degradation of pyrrhotite into marcasite (light yellow). Obj. 20//N*

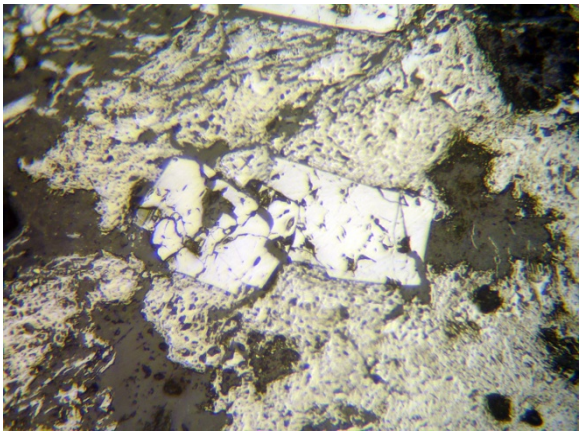


Fig. 13 *Center: cataclazed grains of idiomorphic arsenopyrites (creamy white in marcasite). Obj. 20//N.*

3 - Altered contact, silicified and limonitized rocks

The samples represented a highly-altered reddish-brownish-yellowish limonitized rock with quartz and rare grains of limonitized former metallic minerals. Kaolinized, silicified and carbonitized parts were noted. The rock was built up of fragments of different materials. In the veinlets and voids of the altered material there were concentrations of light bluish-purplish transparent chalcedony (formed later).

Some of the samples were also silicified and kaolinized, very light – almost white. There were occasional greenish and yellowish zones, parts of a highly altered (by chlorite and sericite) igneous rock with rare sulfide mineralizations.

Pyrrhotite was the most prevalent, developed as elongated and oblong or irregular concentrations. The aggregates were allotriomorphic and cataclazed. The samples incorporated quartz and other rock minerals, with rare aggregates with chalcopyrite. There were local transformations of pyrrhotite and in places where it was deposited around fissures, it began to transform (into marcasite).

The pyrite was spongy, meta colloid, incorporated sulfides, and was developed from allotriomorphic to idiomorphic forms. The grain sizes were up to several hundred μm and that of the aggregates up to 8mm. Some of the samples also exhibited irregular concentrations and veinlets.

Arsenopyrite was relatively rare and, if present, it was developed in the form of idiomorphic grains.

Chalcopyrite was very rare and generally in association or as an aggregate with pyrrhotite. The buildup was irregular and, like pyrrhotite, included rock minerals (and quartz).

Sphalerite (some of the marmatites exhibited weak reddish internal reflexes), with bulbous separations of galenite and chalcopyrite, was observed in the voids between quartz grains.

Relict sulfides were noted in the limonitized parts. The rocks were intensively altered in multiple phases. Limonite concentrations were pronounced along fissures. Limonitized grains were generally deposited along with altered concentrations of greenish radial minerals (amphiboles?). Certain grains of former pyrite were deposited in chalcedony concentrations. Apart from altered relict femic minerals, there were concentrations of leucoxene.

Fig. 14 *Pyrrhotite concentrations (dark gray) in a chloritized and silicified matrix. 20x*

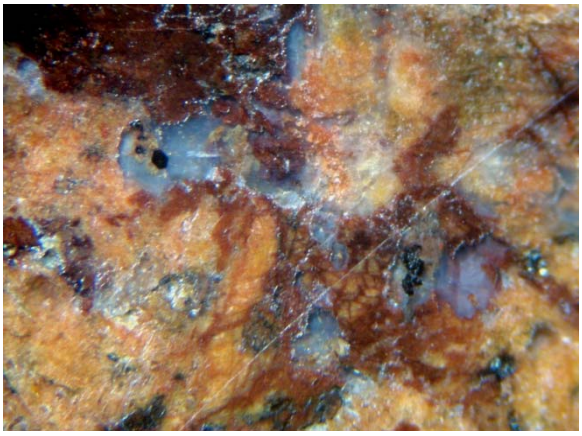


Fig. 15 *Impregnations and concentrations of limonitized former sulfides in a kaolinized, silicified and limonitized rock. The voids and fissures are "soaked" in chalcedony (light gray-bluish). 20 x*

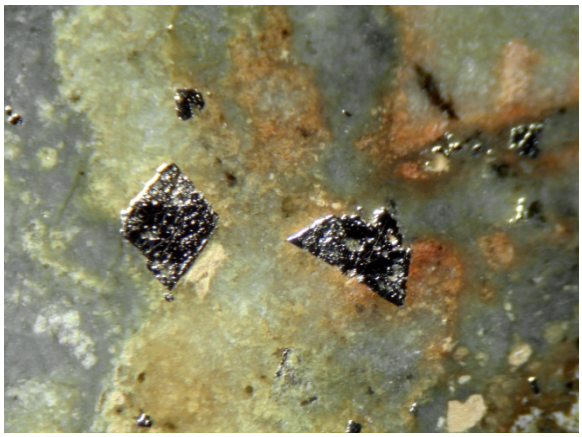


Fig. 16 *Idiomorphic grains of arsenopyrite in a kaolinized, silicified, partly limonitized and brecciated substrate. 20x*

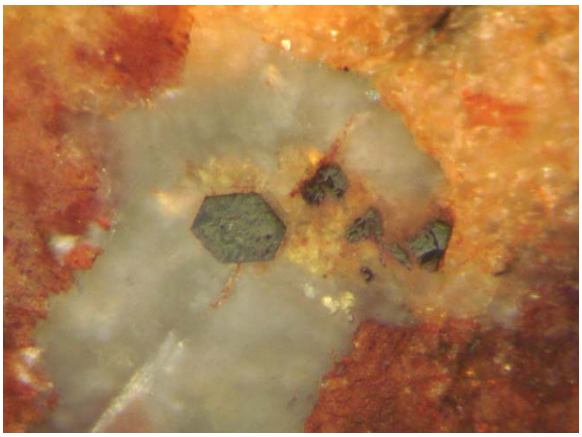


Fig. 17 *Limonitized grain of former sulfide in a limonitized and kaolinized rock soaked with chalcedony. Obj.20x//N.*

4 - Carbonate rocks

The samples were generally dark gray, striped and layered, with many carbonate constituents. The basic dark gray material was schisty and contained lighter parts, epidotes, veinlet concentrations of quartz and rare metallic mineralizations.

Among the rare ore mineralizations, the most frequent minerals were pyrite and pyrrhotite. They were deposited as metasomatic impregnations on the carbonates. Alterations of former femic minerals with Ti were also noted, and as a result of the process there were also secondary Ti minerals (sphene and leucoxene). It is possible that these were contact zones of the carbonate rocks with actinolitic schists. Pyrrhotite grains generally followed the direction of stratification of the rock. The largest pyrrhotite aggregate (4x1mm) was found in an epidote grain. Pyrrhotite size was generally 100-200μm. Exceptionally, chalcopyrite fused into pyrrhotite was also noted.

Ore minerals were also deposited along fissures.

Arsenopyrite was rare, idiomorphic to hypidiomorphic, and developed in independent aggregates and grains.

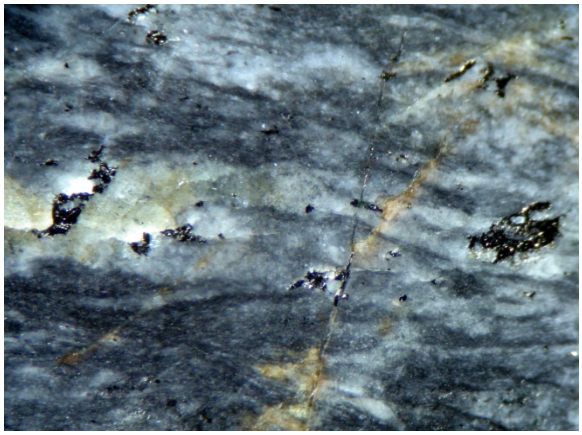


Fig. 18 *Impregnations of metallic minerals in carbonate rock. 20x*

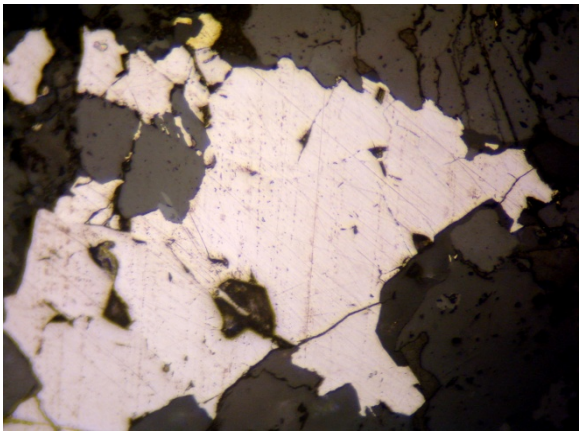


Fig. 19 *Pyrrhotite aggregate in epidote from Fig. 18. The yellow grain on top is chalcopyrite. Obj. 20x//N*

REFERENCES

Brković T., Malešević M., Urošević S., Trifunović Z., Radovanović M., Dimitrivić M., Dimitrijević M.N., 1977: Tumač za list Ivanjica K 34-17, Osnovna geološka karta SFRJ.

Milovanović B., Ćirić B., 1968: Geološka karta Srbije 1:200000, listovi: Zvornik-Titovo Užice i Pljevlja-Novi Pazar.

Mojsilović S., Baklaić D., Djoković I., 1980: Tumač za list Sjenica K 34-29, Osnovna geološka karta SFRJ.

Nikolic D., Kovacevic J., 2014-2015: Provera aeromagnetskih anomalija u rudnom rejonu Golija. s. 43 i 46. Geoloski zavod Srbije

Ramdohr P. 1960: Die erzmineralien und ihre verwachsungen, translated on Russian, Inostrana Literatura, Moskva 1962, s. 1118.

РЕГИСТРАЦИЈА НА ШУМАНОВ РЕЗОНАНС (пл.ПЛАЧКОВИЦА)

[1]Лазо Пекевски, [2] Ристо Поповски, [3] Зоран Панов, [4]Страшимир Мавродиев

[1]Сеизмолошка опсерваторија, Природно-математички факултет, Универзитет Св. Кирил и Методиј, Скопје, lazopekevski@yahoo.com
[2]Факултет за природни и технички науки, Универзитет Гоце Делчев, Штип,risto.popovski@ugd.edu.mk
[3]Факултет за природни и технички науки, Универзитет Гоце Делчев, Штип, zoran.panov@ugd.edu.mk
[4]Институт за Нуклеарни истражувања и нуклеарна енергија, Бугарска Академија на науките, Софија, schtmavr@yahoo.com

Абстракт
Со цел да се определат вредностите на Шумановите резонантни модови, следени се промените во електромагнетското зрачење на ELF фреквенциите на мерна локација на пл. Плачковица. Снимањето е обавено со помош на две антени кои беа изработени за таа намена. FFT и автерегресионата (AR) спектрална анализа на добиените дигитални записи покажа дека одделните спектрални каратеристики на сигналите јасно ги одредуваат вредностите резонантните фреквенции на модовите на Шуман и нивната диурална зависност.

Клучни зборови: Шуман резонанс, мод, FFT.

ВОВЕД

Постоењето на брановод во просторот опфатен меѓу Земјината површина и јоносферата за прв пат беше претскажана и математички опишана во 1952 година од страна на В.О.Шуман (W.O. Schumann). Тој беше прв истражувач што ги има опишано во 1954 година, резонантни карактеристики на овој брановод.

Електричните атмосферски празнења (громовите) се основниот природен извор на електромагнетните бранови во Земјината атмосфера, чии фреквенции можат да бидат со вредности до 100 kHz. Така, слојот помеѓу Земјината површина и јоносферата може да се земе како резонаторен систем во кој се формираат овие бранови. Шуман покажал дека во ваквиот брановод основниот мод е со фреквенција од 7.86 Hz, при што се набљудуваат уште најмалку четири повисоки модови, односно се распространуваат електромагнетски бранови со многу ниски фреквенции означени како ELF.

ФИЗИЧКИ МОДЕЛ

Реалниот модел на сферната Земјина површина и просторот над неа сé до јоносферата, се апроксимира со идеален модел на електромагнетна резонантна диелектрична (и *проводна*) шуплина ограничена со границата помеѓу површината на *проводна* сферна Земја и јоносферата.

Во ваков физички модел можат да постојат електромагнетни бранови со карактеристични спектрални компоненти во кои според Шуман, се јавуваат ***n сопствени модови*** со определени резонантни фреквенции (***сопствени фреквенции***). Според него вредности можат да се определат според познатата формула:

$$f_n = \frac{c}{2\pi a}\sqrt{n(n+1)}$$

каде е ***a*** радиусот на сферната Земја, а ***c*** е брзината на светлината.

Од овде следи, брановата должина на основниот мод која определена со обемот на Земјата, така да неговата фреквенција, за ваков идеализиран модел, е 7.86 Hz. Според горната формула повисоките модови се со фреквенции; 14.3 Hz, 20.8 Hz, 27.3 Hz и 33.8 Hz.

Истражувањата покажале дека и вредностите на резонантните фреквенции на Шуман, регистрирани во различни мерни точки на површината на Земјата, се менуваат дневно, но и во текот целата година.

- годишната варијација воглавно е поврзана со електричните празнења во одредени подрачја на Земјата и во одредени периоди во годината,
- дневната варијација е јасно воочлива споредувајќи ги вредностите не Шумановите резонантни фреквенции за два екстремни периоди во денонoќието: околу полноќ и на пладне, кога е *најслабото* и *најсилното влијание* на Сонцето врз јоносферата на Земјата. Тука секако треба да се земе во предвид појавата на атмосферските електрични празнења на локално или регионално ниво, бидејќи и оваа активност е доминантна во одредени периоди на денонoќието и во одредени периоди во годината.

МЕРЕЊА

Првите редовни следења на промените во електромагнетскиот етер на ELF фреквенциите на електромагнетните бранови започнаа од 5.09.2013. На пл. Плачковица во, и непосредно до објектот на Универзитетскиот центар на УГД од Штип е инсталирана неопходната опрема.

За таа цел беа изработени од страна Р.Попевски соодветни антени:

Антена 1: пластична цевка со должина од 80 cm и пресек 5 cm, на која се намотани 42000 навивки на бакарна жица (0.3mm) со омски отпор од 1,69 kΩ и железно *шпаринг* јадро со должина од 100 cm (Сл.1).

Антена 2: пластична цевка должина од 90 cm, на која се поставени 9 калеми со должина од 10 cm, со 9600 навивки од бакарна жица (0.3 mm) и јадро од трансформаторски лимови со должина од 100 cm.

Слика 1. Конструкција и изработка на антената за регистрација на резонантните модови на Шуман (Антена 1)

Антените се ориентирани нормално една на друга и тоа: во насока NS (антена 1) и EW (антена 2). Со цел да се одбегнат надворешните влијанија, тие се закопани во близина на објектот.

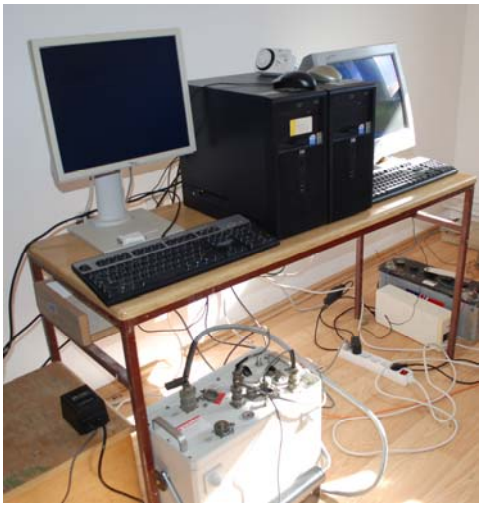
Промените на индуцираната струја во антените се запишуваат во дигитална форма со помош на професионален систем за аналогно/дигитална аквизиција (16 bit. модел SSR-1, Kinemetrics, USA). Овој систем и придружната информатичка опрема е прикажана на Сл.2.

Електромагнетската активност се следи постојано (редовно), со повремени мали прекини поради проблеми со струјното напојување на опремата во објектот. Аквизицијата се обавува на два канала, со аналогно/дигитална конверзија на влезните аналогни сигнали. Семплирањето е на 100Hz и прит тоа се вклучени појасни аналогно/дигитални филтри (DC-50Hz) и засилувачи за максимално зголемување на влезните сигнали.

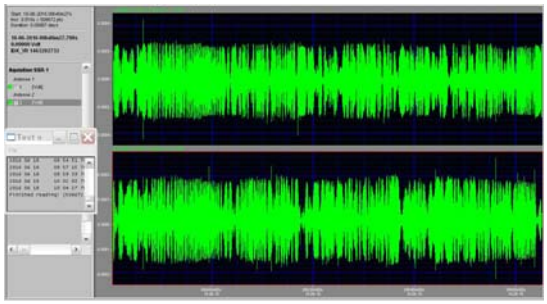
На слика 3, прикажан е записот на електромагнетскиот сигнал на обете антени добиен во временскиот интервал на 18.06.2016, од 08h 40m до 10h 05m.

Со Фуриевата FFT спектрална анализа на овие сигнали се покажа дека дури и за вака релативно краток сигнал, основниот (M1) и повисоките модови (M2, M3, M4 и M5) на Шуман се јасно воочливи (Сл.4.), при што јасно се одделуваат соодветните резонантни фреквенции на: 7.90 Hz, 14.15 Hz, 20.93 Hz, 25.98 Hz и 31.64 Hz.

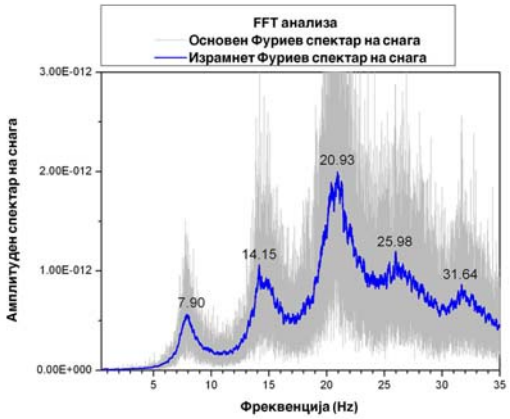
Фреквентниот интервал во кој ќе се бараат резонансните фреквенции секако зависи од честотата на семплирање на аналогниот сигнал при процесот на негово дигатилизирање. Во нашиот случај, при 0.01 Hz семаплирање, фреквентниот интервал е ограничен во границите од 0-50 Hz.



Слика 2. Опремата за аквизиција и пренос на регистрациите на електромагнетското зрачење на мерното место (аналогни сигнали од антените 1 и 2.



Слика 3. Регистрација на електромагнетскиот сигнал на обете антени добиен во временскиот интервал на 18.06.2016, од 08h 40m до 10h 05m.

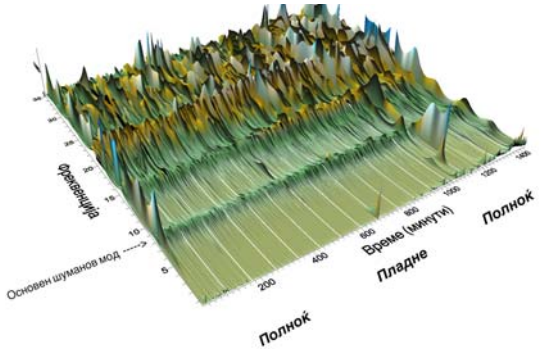


Слика 4. FFT амплитуден спектар на снага на регистрацијата од антена 1 (прикажана на Сл.3.). Прикажани се и резонантните фреквенции на Шуман за првите пет мода.

Во публикуваните резултати во научната литература за досегашните истражувања на карактеристиките на резонансните модови на Шуман, се наведува дека вредностите на фреквенциите за поедините модови се менуваат во текот денот, како и во текот на подолги временски периоди. Тие промени и можните причини кои ги нив предизвикуваат, се едни од основните цели во истражувањата на шумановиот резонанс. Во случај кога локалните и регионалните атмосферски услови се релативно мирни и со отсуство на електрични празнења, главниот придонес во диуралната промена на шумановите фреквентни резонанси е поради сончевата активност (зрачење) и нејзиното влијание врз јоносферата на Земјата. Тоа е јасно воочливо од спектрограмот на регистрацијата на електроманетскиот сигнал добиен во периодот од 17.06.2016 (21:20) до 18.06.2016 (23:52), каде е применета авторегресионата метода на спектрална анализа (AR). Оваа постапка е повторувана на временски интервали од 60 сек.

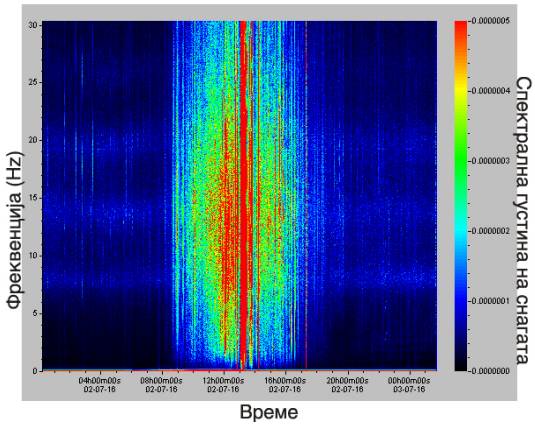
Видливо е зголемувањето на амплитудите на спектралните густини на снагата за основниот Шуманов мод во регистрациите во пладневните часови, во однос на оние кои се регистрирани во ноќните часови (Сл.5).

Познато е дека локалните/регионални временски непогоди имаат големо влијание врз електромагнетското зрачење во атмосферата, просторот над мерното место. Непогодата која се случи на територијата на Македонија на 2.07.2016 во пладненвните часови, беше проследена со силни атмосферски празнења и јасно беше регистрирана на нашата станица (Сл.6.). За време на траењето на непогодата, настапи сатурација на аналогниот сигнал од антените и FFT спектарот на снага беше презаситен и не беше можно да се одредат вредностите на резонантните модови за времетраењето на непогодата. Тие се сосема јасно видливи за *мирниот* дел од денот, пред и после непогодата.



Слика 5. Диурална промена во спектрограмот на регистрацијата на електроманетскиот сигнал снимен во периодот од 17.06.2016(21:20) до 18.06.2016(23:52). Прикажана е последователната примена на авторегресионата метода на спектрална анализа (AR) за секој интервал од 60 сек одделно.

Инаку, во до сега публикуваните резултатите од истражувањата на резонансот на Шуман, се покажало дека брановодот во атмосферата на Земјата (површина-јоносфера) сепак не се однесува како идеален Шуманов резонатор. Тоа се должи на различни причини и одделни физички процеси кои се одвиваат во овој простор и кои доведуваат до губитоци во енергијата на електромагнетските бранови во овој брановод). Се смета дека тоа е причината за отстапувањата во вредностите на Шумановите резонансни фреквенции, мерени во различни станици на Земјината топка.



Слика 6. FFT Спектрограм на електромагнетското бранови (анализата е правена за секој интервал од 81.92 сек). Непогодата се случи на територијата на РМ на 2.07.2016 во пладненвните часови, проследена со силни атмосферски празнења.

Се смета дека сепак како доминантен извор на силните електромагнетски зрачења во атмосферата и понатаму остануваат атмосферските електрични празнења. Според нивната честина на настанувањето и јачините, тие се групирани во одделни зони каде и најчесто настануваат (јужната африканска зона, американската зона, југоисточна азиска зона).

ЗАКЛУЧОК

Следена е секојдневната промена на електромагнетското зрачење во мерното место на пл. Плачковица (штипско), со цел да се регистрира присуството на компоненти во електромагнетското зрачење, чии фреквенции одговараат на модовите на шумановиот резонанс. FFT и AR спектрална анализа го покажа постоењето на резонантните фреквенции на Шуман и тоа: 7.90 Hz, 14.15 Hz, 20.93 Hz, 25.98 Hz и 31.64 Hz (Сл.4). Диурална промена во вредностите на спектралните амплитуди во електромагнетскиот спектар (Сл.5), понатаму ќе биде цел на подетално анализа .

Се покажа дека локалните и регионални временски прилики имаат силно влијание. врз електромагнетското зрачење на територијата на Македонија (Сл.6.)

Во Штип (на Факултетот за природни и технички науки при УГД) и во Скопје (во непосредната близина на сеизмолошката опсерваторија на Природно-математичкиот факултетот при УКИМ) веќе се инсталирани вариометарски геомагнетни и сеизмолошки станици. Со натамошната здружена анализа и корелација на геомагнетските и сеизмолошки податоци, и податоците од Шумановата станица, ќе се бара нивната обострана поврзаност, но и промените, кога во локални и регионални размери се менуваат:

- временскиот след на атмосферските празнења,
- промените во геомагнетското поле одн. значајни отстапувања од дневната Sq варијација,
- сеизмичката активност и појавата на локални или регионални земјотреси со одредена јачина,
- динамичките карактеристики на секој одделен мод на Шуман.

SUMMARY

The aim of authors is to present for the fist time, the results related to the acquisition and research of the Schumann resonance in Macedonia. On the site in the Plackovica mountain, since 5.09.2013. has been installed two antennas to record atmospheric electromagnetic waves. Applying the FFT and autoregression spectral analysis (AR), first five Schumann's modes are clearly visible on: 7.90 Hz, 14.15 Hz, 20.93 Hz, 25.98 Hz and 31.64 Hz. As a next step related to a profound analyses of Schumann's resonance, our intention should be researching the characteristics of local/regional geomagnetic and seismological activities, as well as the correlation with local changes in some Schumann's resonant modes of interest.

ЛИТЕРАТУРА

Nickolaenko A.P.: Modern aspects of Schumann resonance studies. Journal of Atmospheric and Solar-Terresrrial Physics, Vol. 59, No. 7, pp. 805-816. 1997. Elsevier Science Ltd.

Nazra, S., A.K. Sinha A.K. and B.M. Pathan: Variation of Schumann resonance frequency observed at Allahabad, Indian Journal of Radio & Space Physics, Vol. 39. October 2010, pp.308-311.

Beloglazov M. I. and V. V. Pchelkin: Specific Distribution of the Noise Electromagnetic Field Level at High Latitudes in the Vicinity of the First Schumann Resonance. Geomagnetism and Aeronomy, 2011, Vol. 51, No. 5, pp. 664–668. © Pleiades Publishing, Ltd., 2011. (Original Russian Text © M.I. Beloglazov, V.V. Pchelkin, 2011, published in Geomagnetizm i Aeronomiya, 2011, Vol.51, No.5, pp.677–682).

Toledo-Redondo Sergio, Jesús Fornieles , Alfonso Salinas , Antonio Méndez , Jorge Portí: New ELF (Schumann resonance) measurement station in Sierra Nevada, Spain. Geophysical Research Abstracts, Vol. 15, EGU2013-5793, 2013. EGU General Assembly 2013.

STRUCTURAL-METALLOGENIC MAP OF THE REPUBLIC OF MACEDONIA: PRINCIPLES AND CRITERIA

[1]Todor Serafimovski, [2]Alexandr Volkov and [1]Goran Tasev

[1]University "Goce Delcev"- Stip, Faculty of Natural and Technical Sciences, Goce Delcev 89, 2000, Stip, Republic of Macedonia, todor.serafimovski@ugd.edu.mk
[2]Institute of geology of ore deposits, petrography, mineralogy and geochemistry of the Russian Academy of Science, IGEM RAS, 119017, Staromonetny per., 35, Moscow, Russia, tma2105@mail.ru

Abstract
With the compilation of a number of simplified geological data, display of geochemical anomalies, separation of structural and morpho-structural elements and the definition of metallogenic units of forecast character, it was possible to finalize the complex structural metallogenic map of the Macedonia in a scale of 1: 200 000, which is the first of its kind in the Republic of Macedonia. Singled out clear criteria for the preparation of structural metallogenic map, defined ore formations and allocated morphostructural forms of a different order, rank and intensity, which at some places completely overlapped with the contours of the mining areas (area of Kratovo-Zletovo Bukovik-Kadiica, Kozuf etc.) and defined regional lineamentni structures that were several times renewed in their geological history and served as feeding channels of magmatic and volcanic emanations. On the map were separated six metallogenic areas of specialization, which can be quoted as projected areas for future geological research of different size and a different purpose.

Key words: Macedonia, ore formations, structural, metallogenic, map, analysis, layers, mineralization

INTRODUCTION

The structural-metallogenic maps are traditionally a result of studying tectonics and metallogeny of large regions. When drawing up structural-metallogenic maps of particular ore districts, first of all, it is necessary to allocate potentially the ore-bearing structures, and the relation with the tectonic-magmatic episodes with the formation of ore mineralization (Tomson et al., 1992; Volkov et al., 2006a). Recently, a Macedonian-Russian scientific team has carried out a comprehensive study of Macedonian territory, including all known Macedonian ore districts. The Republic of Macedonia is located in the Serbo-Macedonian Massif of the Eurasian Tethys metallogenic belt and majority of mineralizations are related to Cenozoic magmatic activity which is represented by volcanic and plutonic rocks in a dispersed spreading setting.

For the preparation of structural-metallogenic map were used numerous and long-term field studies, laboratory analyses and some modern software packages were applied for the interpretation and compilation of the lithologic, stratigraphic, structural, morphological, geochemical and metallogenic data.

Compilation structural-metallogenic map of the Republic of Macedonia is a contemporary display of geological, geochemical, structural and metallogenic data and is first presented material in this form in the country. The use of numerous applied software packages enabled compilation of many layers that enabled simultaneous display of large amounts of data on the final layer, which represents the structural-metallogenic map at scale of 1: 200,000 where are allocated numerous perspective areas, zones and mining areas of which in the future can be projected surveying and detailed geological explorations.

CRITERIA FOR MAKING THE STRUCTURAL-METALLOGENIC MAP

As basic criteria for the preparation and compilation of structural-metallogenic map of the Republic of Macedonia were used: analysis of the hydrographic network on topographic maps at a scale 1: 25 000 converted at 1: 100 000 scale and compiled on the basis of the structural metallogenic

map in scale 1: 200 000. Analysis of all geological and litho-stratigraphic data from basic geological maps at all scales, compiled and synthesized in the base map in scale 1: 200 000. Analysis of air photographs at an approximate scale 1: 33 000 and their interpretation and correlation with geological, volcanological and structural maps in appropriate scale(s).

Analysis of satellite imagery in the approximate scale of 1 : 70 000, 1 : 200 000 and 1 : 500 000 and compilation of the results of the base effect from 1: 200 000. The morphological analysis of the Macedonian terrains with regional half-detailed and detailed research phase and data compilation of maps with different scales correlated with geology, volcanology and metallogeny. Volcanological analysis was performed by defining important elements in volcanic areas with developed Tertiary volcanism. Analysis of regional and detailed geochemical studies of geochemical layers synthesized in an appropriate size and synthesized on a scale of 1: 200 000. Metallogenic analysis was performed by dividing metallogenic units of varying degrees of rank and intensity. Multi-stage computer data processing was performed by use of the Surfer, MapINFO, ArcGIS, Vulcan and other software packages that have produced 27 different layers compiled on structural-metallogenic basis at scale 1: 200 000.

As basic principles of making structural-metallogenic map of Macedonia in a scale 1: 200 000 were used the basic principles for preparation of metallogenic maps at medium and small-scale according to standards in the Republic of Macedonia (partially carried over from the former Yugoslavia) and European principles enlisted into catalogue of metallogenic maps with different scales proposed by the BRGM in Orleans, France.

FORMATION ANALYSIS AND DETERMINATION OF ORE FORMATIONS

Formation approach to creating a simplified geological basis for preparation of the metallogenic maps at small scale is a practice that had been used for a long time and gives good results to display the most important geological features aimed at compilation of data contained in the final version of a metallogenic map or in this case the structural-metallogenic map of the Republic of Macedonia at the scale of 1: 200 000.

Using data from the basic geological map of the Republic of Macedonia at the scale of 1: 200 000 and quoting the criteria for making structural-metallogenic map, within the applied formation analysis were determined five formations that contain essential geological elements and ore-bearingness of individual series.

As the oldest there were determined Pre-Baikal formations, with gneisses as dominant representatives, which contain pegmatite and uranium deposits. Here we should mention the formation of palingene granite that in general is not ore-bearing. Within the Baikal formation were determined five sub-formations of which the most remarkable are the metamorphosed volcanogenic-sedimentary ore-bearing formation and the so-called mixed series with ore-bearing alkaline volcanogenic-sedimentary formation with barite, lead-zinc and rare elements deposits.

As the most remarkable in the western part of the Republic of Macedonia is the Caledonian-Hercynian formation, which is represented by ore-bearing and volcanogenic-sedimentary products (basic volcanic rocks, diabase and keratophyre, as bearers of sedimentary deposits of iron) and in Eastern Macedonia known as Struma diorite formation where had been found copper sulfides. Within the Caledonian-Hercynian formations were determined a total of eight individual sub-formations.

In the Alpine cycle were determined two major formations, the Cimmerian group of formations and the group of Alpine formations. Within the group of the Cimmerian formations had been determined a total of eleven sub-formations of which in terms of productivity for deposits of mineral resources should be mentioned quartz porphyry volcanogenic-sedimentary formation in the Western Macedonia, peridotite formation of the Vardar Zone, volcanogenic-sedimentary formation with Fe-Ni bearing ores in the western sub-zone of the Vardar zone and others.

Within the Upper Alpine formations were determined a total of 7 sub-formations, which particularly emphasize the andesite-dacite-rhyolite combination that has accumulated many polimetallic deposits and occurrences in the Republic of Macedonia.

STRUCTURAL-MORPHOSTRUCTURAL ANALYSIS

The results of structural-morphostructural studies compiled in structural metallogenic map at scale 1: 200 000 are the product of long-term activity of research groups from the Republic of Macedonia led by Todor Serafimovski and Russian group led first by Ilmar N Thomson and later by Alexander Volkov. The territory of the Republic of Macedonia was covered by the detailed analysis of geology, lithology, structures and morphostructures and as a product of compiling structural-metallogenic map were decoded disjunctive structures of a different order, rank and intensity and morphostructural forms (positive and negative) determined the most clearly in areas with developed surface manifestations of the Tertiary magmatism, and in areas with proven volcano-sedimentary complexes and formations bearers mainly of iron and manganese, mostly on terrains in the Western Macedonia.

Disjunctive character of structures had been defined in several different directions. The most striking are certainly structures with northwest-southeast direction or so-called regional structures of the Vardar direction, which have character of structural zones, lineaments and structures that at depth penetrate down to the Moho discontinuity and make communication with the secondary magmatic chambers. Such a character of these structures provides long life and multiple reactivations of magmatic impulses since the end of Jurassic, through the Cretaceous until the Pliocene. Known impulsive magmatites are ultramafites are the different types of granitoide and granodiorite and large series of Neogene volcanics.

The second system of clearly defined and determined structures of regional character whose routes have been identified in the Republic of Macedonia are so-called structures of meridian direction or structures with direction nearly north-south. The most impressive are their lineament routes through the central parts of the Republic of Macedonia, in the scope of the Vardar Zone, but can be observed in the western parts of Macedonia, too. These structures according to Tomson et al., (1992; 1998) are indicators for existence of ore mineralization in depth depending on the nature of the formation character of the basement where these structures pass.

The third system of fault structures, which is defined and presented on a structural-metallogenic map of the Republic of Macedonia are structures of northeast-southwest direction. Usually these types of structures are identified with the directions of the youngest disjunctive tectonic structures or structures that are often seismically active (Arsovski, 1997). However, one set of structures of this direction that had been determined in the south-southeast part of the Republic of Macedonia have the character of a young fault structures that serve as feeding channels for the Neogene and the youngest Pliocene volcanics and polymetallic mineralizations associated with them (As, Sb, Tl etc.), confirmed in the wider area of the Alshar locality. Between this type of structures, the most often mentioned is the Buchim-Dudica-Alshar regional structure (Ivanov, 1982).

Morphostructural character of the territory of the Republic of Macedonia is reflected through numerous determined morphostructures popularly called ring structures and arch structures. Usually this type of structures are the result of the so-called tectono-magmatic activization (Petkovic, 1982) or these structures formed in areas with well developed surface volcanism of Tertiary character (Serafimovski 1993; Kochneva et al., 1997; Tomson et al., 1998 ; Serafimovski et al., 2000). Here should be pointed out that the morphostructural forms of the volcanic caldera type clearly stand out in areas with former volcanoes, as we have it in the Kratovo-Zletovo volcanic area or the locality Plavica in whose collapsed parts there is significant mineralization of copper and gold (Serafimovski et al, 2016). Such type of morphostructures with performed morphostructural analysis during explorations and analysis for completion of this structural-metallogenic map were defined in the region of the Kadiica (Volkov et al., 2008), the Alshar (Volkov et al., 2006b), the Dvoriste, the Ilovica and others. As an example of absolute definition of morphostructural forms associated with areas with developed surface volcanism here we will display the area around the Alshar deposit. The Alshar deposit is located at upper reaches of the Rozhdenska River (right tributary of the Crna River), which basin forms a nearly ideal radial-centripetal pattern on the plan (Fig. 1).

Fig. 1. Morphostructures of southern Macedonia. Hypsometric levels (m): (*1*) 1500–2000, (*2*) 1000–1500, (*3*) 500–1000, (*4*) below 500; (*5*) zones of diagonal dislocations; (*6*) boundaries of ring structures; (*7*) orthogonal deep-seated faults; (*8*) other faults; (*9*) geochemical halos; (*10*) Alshar deposit.

U-shaped ridges from 1500 to 1800 m high outline the radialcentripetal river channels. The ridges are followed by U-shaped valleys. Such an orography suggests an endogenous ring structure (18x15 km across) with a relatively subsided central part and uplifted peripheral belt. The ring structure is situated at the intersection of two extended diagonal deep-seated fault zones. The northwestern fault belongs to the Vardar zone. The northeastern fault deciphered from linear anomalies of color in the satellite image is emphasized by linearity of the Boshavica River valley, bends in the present-day relief, and a chain of domal structures no more than 10 km across. In addition, one can also see a system of the younger NE-trending faults with related Pliocene volcanic flows. The

Alshar ring structure is rimmed by a belt of subordinate domes no more than 5 km across along its periphery. Each of these structures can be comparable with the associated ore-hosting magma chambers (Fig. 1). Three subordinate domes located south of the Alshar structure in Greece have the most complex structure and contrast morphology. By analogy with other studied regions, such associated structures host large ore districts and deposits (Volkov and Sidorov, 2001).

METALLOGENETIC ANALYSIS

In the metallogenetic analysis had been compiled all data that a particular metallogenetic map should contain, but this time it was compiled with all the elements that have been discussed within this paper. It is notable that beside an application of the standard criteria of metallogenetic control, here were used several other elements that led to determination of the six areas of specialization (Figure 2) defined as potential areas for future surveying and design of regional and detailed geological explorations.

In completion of the metallogenetic elements of structural-metallogenic map important place occupied symbols that mark and identify metallogenetic epochs, types of mineral resources (metals, non-metals, energy raw materials), type of raw materials (iron, antimony, gold, gypsum, coal, etc. .), then contours of the ore regions, ore fields and the most important phenomena of mineral resources as well as the limits of particular metallogenic units. Further outline within metallogenic analysis review will be given the link between magmatism, the main structures and main metallogenic areas, which are presented on the respective map. The special implication of meridional fracture zones for localization of large ore deposits has been demonstrated by many researchers. Tomson et al. (1998) traced such meridional ore-controlling systems throughout Europe. The active role of such systems in localization of ore deposits was pointed out in neighboring Bulgaria (Vaptsarov et al. 1986). It is notable that such intersections provide zones of maximal permeability and cause ascent of mantle material. All economic deposits of the Republic of Macedonia: Kratovo-Zletovo, Sasa-Toranica, Buchim, Taimishte, Rzanovo, and Alshar are controlled by such meridional zones. The Oligocene-Miocene metallogenic zones recognized in the metamorphic sequences of the Serbo-Macedonian Massif are largely composed of Cenozoic tuffaceous-sedimentary and volcanic rocks and intruded by granitoid bodies and intermediate dikes. In total, three metallogenic zones make up an ore belt that extends westward to Serbia and southeastward to Greece and Bulgaria (Serafimovski, 1993). The characteristics of the metallogenic zones change and the igneous complexes and ores become progressively younger from southwest to northeast. There is a distinct correlation between age and composition of the ores. In addition, the ore mineralization changes in this direction from high- to low-temperature and from relatively lowsulfide to polysulfide types. The change in the ore composition may be associated with differentiations in the deep-seated magmatic chambers. Across the strike of metallogenic zones, the types of ore deposits change from magnetite skarn (Damian) to porphyry copper (Buchim) and further to copper-base metal (Kratovo-Zletovo) and base metal deposits (Sasa-Toranica). The age of the igneous rocks in the ore districts also changes towards the northeastern direction from 28.0-24.5 Ma (Buchim) to 27.2-16.0 Ma (Kratovo-Zletovo) and 24-12 Ma (Sasa-Toranica). Thus, the progressive change in the composition of the ore mineralization is a consequence of rejuvenation and differentiation.

These relationships suggest that there is a close link between the metallogenic zones. A model of this system at a depth may be viewed as a low-angle common seismic focal zone inclined southwestward (Tomson et al., 1998). The hypothetical focal zone could have served as a feeding channel for injection of magmas towards in northeast direction. Each new portion of magma and associated ore mineralization experienced compositional differentiation at a certain level of the seismic focal zone. The hanging wall of the zone moved southeastward.

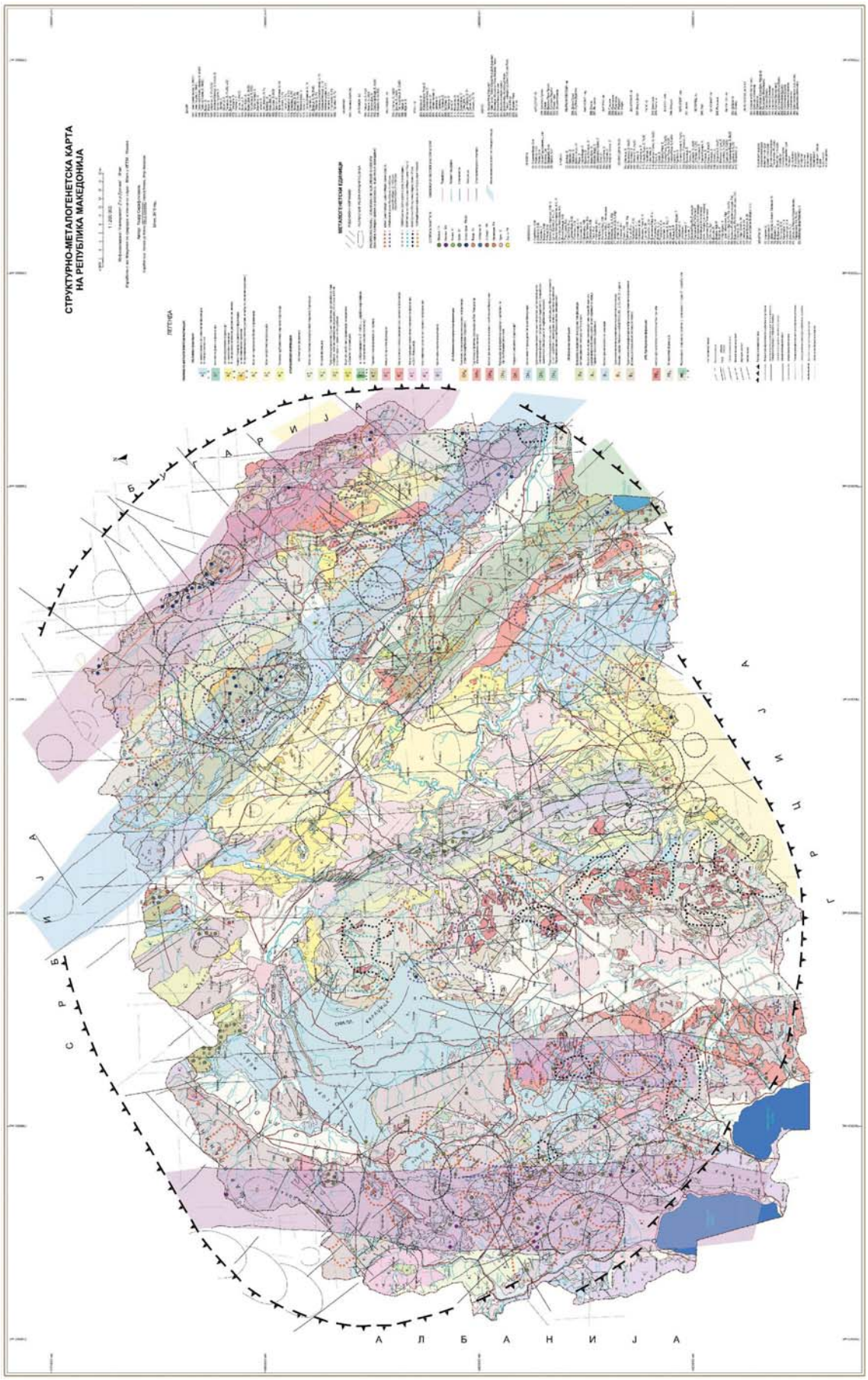


Fig. 2. Structural-metallogenetic mapof the Republic of Macedonia, scale 1 : 200 000 (Serafimovski, 2014)

Particular blocks were detached along impaired zones with formation of grabens. The deep faults that bound the grabens could have reached the magmatic channel of the seismic focal zone to provoke the eruption of magmas and to stimulate ore formation.

CONCLUSIONS

Compiled and finalized structural metallogenetic map of the Republic of Macedonia at scale of 1: 200 000 map is the first of its kind in the Republic of Macedonia.

Set criteria for preparation of metallogenetic maps of small scale are real and they have contributed to the modern display of the finalized structural-metallogenetic map.

At that particular map were allocated three clearly defined systems of fault systems and fault zones, which in places overlap with regional fault dislocations of the highest order.

Morphostructural analysis for the first time at the territory of the Republic of Macedonia enabled separation of the ring-radial structures that in many places coincide with the contours of existing mining districts and at many places point out potential ore-bearing areas.

Formation analysis contributed to the distinction of several important lithological and mineral formations that would represent challenge for further geological exploration.

Contemporary metallogenetic analysis allowed distinction of six areas of metallogenic specialization, which according to modern interpretations of metallogenetic prospection represent potential areas for targeting future surveying, regional and detailed geological research. Also at the structural-metallogenetic map were pointed out potential ore-bearing areas through clearly outlined metallogenetic units of lower rank, starting from the metallogenetic areas, ore regions and ore fields.

REFERENCES

Arsovski, M., 1997: Tectonics of the Macedonia. Faculty of mining and geology, Special issue, Stip, 306 p (in Macedonian)

Ivanov, T., 1982. Metallogenetic study of the ore region Buchim-Damjan-Borov Dol. Professional fund of the Buchim Mine.

Kochneva, N., Stojanov, R., and Boev, B., 1997. A Neogene's Orogenic Tectonic of East Macedonia (with Use of Morphostructural Analysis). Proceeding of Symposium. Stip-Dojran, 119-123.

Petković, M., 1982. Prospection of ore deposits. Faculty of miming and geology. University in Belgrade, 172 p. (in Serbian).

Serafimovski, T., 1990. Metallogeny of the Lece-Chalkidiki Zone. Doctoral thesis, Faculty of Mining and Geology, Štip, 380 p. (in Macedonian).

Serafimovski, T., 1993. Structural-metallogenic features of the Lece-Chalkidiki Zone: Types of deposits and reonization. Faculty of Mining and Geology, Spec. Issue No. 2, 235 p. (in Macedonian).

Serafimovski, T., Cifliganec, V., Tomson, N, I., Kochneva, N., Tasev, G., 2000. The Relationship between Structural-Morphostructural forms and the Metallogeny in Western Macedonia. Proceedings of the International Symposium GEOLOGY AND METALLOGENY OF THE DINARIDES AND THE VARDAR ZONE. Vol. I, p. 323-332, The Academy of Sciences and Arts of The Republic of Srpska, Banja Luka.

Serafimovski, T., Volkov, A., Serafimovski, D., Tasev, Ivanovski, I., 2016. Multiphase and ArcGIS modeling at the Plavica polymetallic Cu-Au deposit, Eastern Macedonia. Geol. Ore Deposits (in print)

Serafimovski, T., Zlatkov, G., Tasev, G. and Stefanova, V., 2016. Cu-Au minerals and transformed mineral phases in the oxidation zone of the Plavica ore deposit, Eastern Macedonia.Geologica Macedonica, Vol. 30, No. 1. pp. 5-21. ISSN 0352-1206

Tomson, H.N., Kravtsov, V.S. and Kochneva, N.T., 1992. Metallogeny of Orogens. Nedra, Moscow, 480 p.

Tomson, H. N., Serafimovski, T., and Kochneva, N. T., 1998. Cenozoic Metallogeny of Eastern Macedonia. Geol. Ore Deposits 40 (3), 175-183.

Vaptsarov, K., Mishev, N. and Kochneva, N. T., 1986. Tectonic Elements in Present-Day Topography of Southern Bulgaria and the Recognition of Superimposed Deep Structures. Geology of the Balkans (Sofia), 3-19.

Volkov, A. V. and Sidorov, A. A., 2001. Unique Gold-Ore district in Chukchi Peninsula (SVKNII, Magadan) 180 p.

Volkov, A. V., Serafimovski, T., Kochneva, N. T., Tasev, G. and Tomson, H. N., 2006a. The structuralmetallogenic map of the Alshar district of Macedonia. Proceedings XVIII Congress of Carpathian-Balkan Geological Association. Belgrade: Sava Centar, 1, 648-650.

Volkov, A. V., Serafimovski, T., Kochneva, N. T., Tomson, H. N., and Tasev, G., 2006b. The Alshar Epithermal Au-As-Sb-Tl Deposit, Southern Macedonia. Geol. Ore Deposits, 48 (3), 205-224.

Volkov, A. V., Tasev, G., Prokof'ev, V. Yu., Serafimovski, T., Tomson, I. N. and Sidorov, A. A. 2008. Formation Conditions of Copper Porphyry Mineralization in the Kadica–Bukovik Ore District, Eastern Macedonia. *Doklady Earth Sciences, 2008, Vol. 421, No. 5, pp. 769–773 (IF 0.434)*

THE AU/AG RATIO IN EPITHERMAL DEPOSITS

Alexander Volkov, Irina Chizhova and Anatoly Sidorov

Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy, and Geochemistry, Russian Academy of Sciences, Staromonetni per. 35, Moscow, 119017 Russia, tma2105@mail.ru

Abstract
Comparative analysis of epithermal deposits has been executed based on variation of Au/Ag ratio in ores. For this purpose the database on 515 deposits over the world has been created. It contains the full information on their geographical coordinates, tonnage and average grade (Au and Ag). The statistical analysis of distribution of Au/Ag ratio and application of EM-algorithm (Expectation-Maximization) for separation of probability distribution mixture has allowed to define the boundaries for definition of Au-Ag specialization of deposits: mainly Ag (less than 1:250), Au-Ag (1:250–1:25), mainly Au (more than 1:25). For more detailed classification the last group can be presented as mixture of 4 allocations with boundaries (1:25–1:8, 1:8–1:3, 1:3–1.2:1, more than 1.2). So we have received the science-based summary about Au-Ag specialization of different countries and regions, tectonic setting, ore assemblages, etc. The comparison of epithermal deposit parameters is executed using the databases in 2012 (database of authors) and 1985 (Mosier et al., 1985). It seems, that for the last 25 years the total reserves of epithermal deposits have grown in 6.4 (for Au), and 3 (for Ag) times, and the common tonnage – in 19 times. In this connection there was increasing of indicator Au/Ag ratio in 2.1 times.

Key words: database, epithermal Au-Ag deposit, Au/Ag ratio, Au-Ag specialization, distributions

INTRODUCTION

The active application of GIS-technologies is one of the tendencies of modern Russian geology development under conditions of personnel deficiency. The various informational-analytical systems are the result of their application, which provide monitoring of bases and banks of geological data. Using the GIS-project for prognostic-metallogenic problem we have executed the comparative analysis of regional variations of Au-Ag ratio in epithermal ore deposits of the world.

Au and Ag production in epithermal deposits of the Pacific ore belt has grown sharply over the last several years (Volkov and Sidorov, 2013). In this context, the forecasting, study, and appraisal of these deposits in volcanogenic belts are among the most topical tasks of widening the available mineral resources of noble metals in the Northeast Russia region. Au and Ag extraction from epithermal bonanza deposits even in remote areas of the Russian Northeast is very profitable economically, as the examples of the deposits Kubaka, Juliet, Dukat, Lunnoe, Arylakh, Gol'tsovoe, Valunistyi, Khakandzha, Dvoynoy and Kupol show (Volkov and Sidorov, 2013). The unique epithermal bonanza deposit Kupol has produced more than 100 t of Au and 1000 t of Ag since 2008. This article's objective us to show the importance of Au–Ag epithermal bonanzas for the contemporary Au-mining industry.

The Ag/Au index suggested by W. Lindgren (1953) was mostly applied as one of the main distinguishing signs for epithermal deposits: <10 for Au-Ag deposits and >10 for Ag–Au deposits. It was established empirically that commercially significant epithermal deposits usually had an index of <50: 1 (Hedenquist et al., 1988). Previously (Konstantinov, 1984) among Au and Au-Ag deposits there were selected Au-telluride, Au and Au-Ag types (corresponding to them the ranges of Au/Ag ratios were: 10:1–1:1; 1:1–1:20; less 1:20). The specified classification was based mainly on materials of the leading foreign deposits. Among epithermal Au-Ag deposits of Chukotka we (Volkov et al. 2006), have selected the following geochemical types: Au (1:1–1:10), Au-Ag (1:10–1:100), Ag-Au (1:100–1:1000). However the most reliable value of this metric can be received from the relation of the common reserves of Au and Ag in each studied object (Silver, 1989), as the private results of any approbation will give considerable dispersion of the received data owing to zonality and heterogeneity of allocations of concentration of these metals.

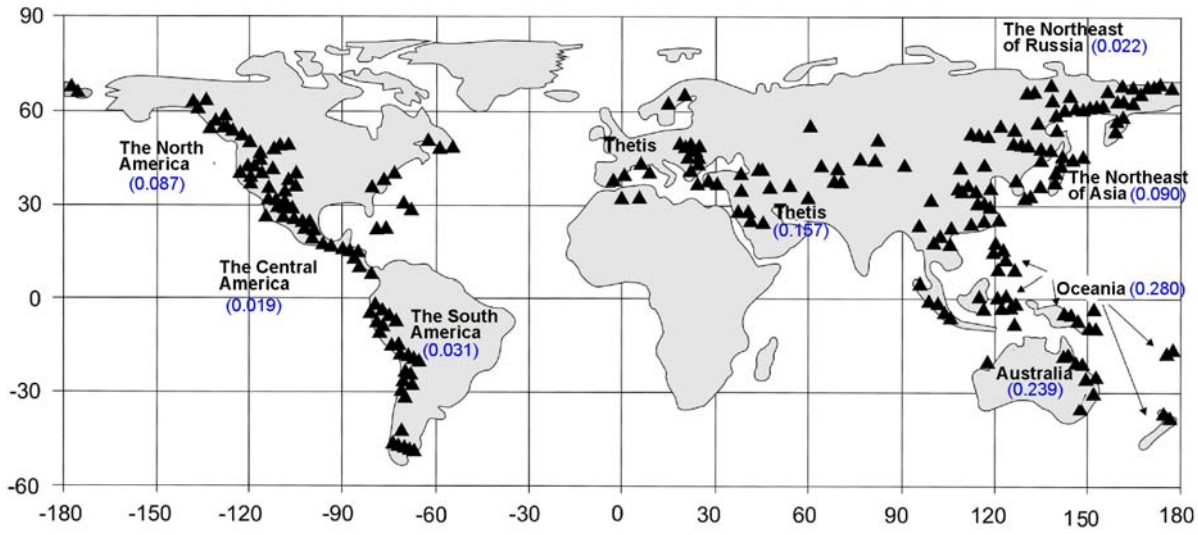


Fig. 1 *The map of distribution of 515 epithermal ore deposit from database. In brackets the Au/Ag ratio is indicated for appropriate continent or region.*

The Ag/Au ratio may also be a key for estimation of regional metallogenic specialization and productivity of deposits. Furthermore, using this index, it is possible to predict the conditions of the formation of deposits. This index may easily be processed by computer programs (Volkov et al., 2013).

A specialized database was prepared using the published data. It includes geographic coordinates, tonnage, average concentrations of Au and Ag, absolute age, class of Au-Ag epithermal deposits, type of volcanic belt, type of basement of volcanic belts, assumed ore assemblages series, and amount of produced Au and Ag of deposits. Data on 515 epithermal deposits from >50 countries of the world (Figure 1) were applied for analysis. In this report the data on fulfilled and preserved, as well as developed, prospected, and potentially perspective, deposits and ore occurrences were applied. Among them are: more than 70 deposits – from the Northeast of Russia, about 90 – from Oceania, including Australia and New Zealand, about 130 – from North and South Americas, about 60 – from Central America, about 50 – from Thetis; 35 – from Japan, about 40 – from Mexico.

Epithermal deposits in this database were subdivided into three classes: low-sulphidation (LS), high-sulphidation (HS), and intermediate-sulphidation (IS) in accordance with the generally accepted classification (White and Hedenquist, 1995). To get reliable results, the Ag/Au (or Au/Ag) index was obtained from the ratio of total resources of Au and Ag in each deposit, because the particular results of any sampling will provide wide dispersion of the index due to zoning and heterogeneity in the distribution of the concentrations of these metals in each deposit.

The predominant occurrence of epithermal Au–Ag deposits in the young Mesozoic and Cenozoic volcanic structures reflects their clear relationship with the areas of interaction between the oceanic crust and the continental crust (Figure 1). Au-Ag deposits were accompanied by sulfide (Cu-Pb-Zn-Au-Ag-Cd-In) deposits of the Kuroko and Kuroko-vein types related to the green tuff formation, as well as the deposits of Sn-Ag porphyry, Cu-Mo-Au-Ag porphyry, and Au-As-Sb disseminated (refractory) ores, which are the basic ones for ore clusters, according to (Sidorov et al., 2011).

REGIONAL DISTRIBUTION, AGE AND STATISTICA OF EPITHERMAL DEPOSITS

The GIS analysis demonstrated that Au-Ag epithermal deposits were abundant on all continents except for Antarctica (Figure 1). Most of the deposits belong to the Ring of Fire of the Pacific ore belt. It is evident that the number of no studied areas decreases with time there. Au-Ag epithermal deposits in volcanic rocks control the location of the Thetis Paleoocean closed in the Mesozoic-Cenozoic. They were revealed in the Atlas

Mountains of Algeria and Morocco, Spain, the Balkans and the Carpathians, Caucasian countries, Iran, Pakistan, and Indochina, where Thetis was connected with the Pacific ring. A few ancient Au-Ag epithermal deposits have been preserved and are now developed in New Wales (Australia), on the Arabian Peninsula, and in the Appalachian (Figure 1). Although the distance between these deposits reaches thousands of kilometers and the difference in their ages is hundreds Ma, they are closely related to volcanism.

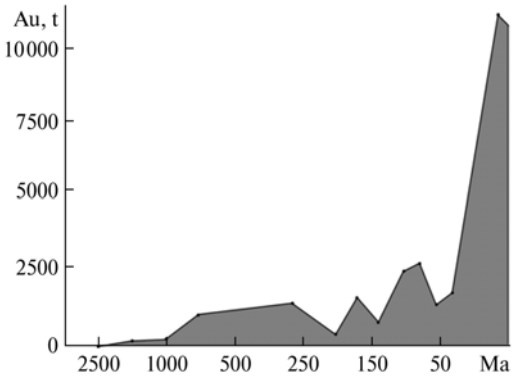


Fig. 2 *Distribution epithermal deposits by age.*

Statistical analysis demonstrated that the age of epithermal deposits ranged in broad limits from the Archean to Quaternary (Figure 2). Naturally, Precambrian deposits were totally eroded and practically not preserved. Three main peaks of the formation of epithermal deposits in the Late Paleozoic, Mesozoic, and Cenozoic are clearly observed on the curve of the age distribution (Figure 2).

The common reserves of precious metals in all epithermal deposits from database (taking into account the extraction of the last years) are equal to 35 thousand t of Au and 753,6 thousand t of Ag (Figure 3), the average grade of metals are equal to 1.58 g/t and 33.92 g/t accordingly, and (Ag/Au, Au/Ag) ratio – 21.53, 0.046. The common tonnage of all deposits is 22370 million t. It is significant, that about 70% of the common reserves of Au is concentrated in the largest deposits (No on Figure 4): Cripple Creek (396), Comstock (392), Round Mountain (403) (USA); Veladero (270), Pascua Lama (275) (Argentina); El Indio (292) (Chile); Yanacocha (313) Pierina (314) (Peru); Kupol (34) (Russia); Hishikari (166) (Japan), etc.

In addition about 75% of the common reserves of Ag are concluded in the largest Ag objects, and three of them (Mexico) – Pachuca (354) (40 thousand ton), Guanajuato (353) (34 thousand ton) and Guanacevi (352) (13.9 thousand ton) – contain about 65 % of the common reserves of the American continent. It is necessary to underline, that the high level of the average contents of Au and Ag of the region, indicated above, are defined by the high contents of Au and Ag of these and other main deposits.

The Global Au-Ag epithermal deposit statistic analysis of different countries was carry out (Figure 3). It was determined their Au-Ag specialization. The purpose of carried out research is consisted in studying of Au/Ag variability in various geological situations. The epithermal deposits were distributed on subtypes (LS, HS, IS) and their grade (Au, Ag) and ratio (Ag/Au, Au/Ag) were calculated as follows: LS – 1.87, 42.27 and 22, 0.045; HS – 1.21, 24.58 and 20.43, 0.049; IS – 1.95, 42.1 and 26.1, 0.038 (Figure 3b). The distribution of deposits by subtypes is the following: 346 LS, 98 HS, 71 IS (Figure 3a). So HS-type and LS-type are more Au, than IS.

The average concentrations of Au and Ag in the large and superlarge epithermal deposits essentially determine the level of the above mentioned average concentrations of these metals in all accounted ores. We should note that in 1985 the total resources of precious metals in the largest foreign epithermal deposits (with account for production in the past) were only 3332 t of Au and 158 800 tons of Ag with a total of 709 million tons and an Ag/Au ratio of 47.6 (Mosier et al., 1985). At the same time, the average concentrations of metals in all ores were 4.7 (Au) and 224 (Ag) ppm. However, the authors of suggested that their report covered only 60% of deposits known worldwide. Consequently, during the last 25 years the total resources of Au of epithermal deposits increased in 6,4 times, Ag – 3 times, and total tonnage of deposits – 19 times. Because of this, the average Ag/Au index decreased in 2.1 times.

A monograph devoted to the problems of global Au mining and resources of its deposits was published at the end of 1990s (Bache, 1987). As was estimated by the authors, Au mining in the group of

epithermal deposits reached 6400 t as a part of the worldwide mining (90000 t) in the period 1492–1977. Thus, without account for Witwatersrand Au production, the portion of epithermal Au in this period reached 17.5% of the total Au production in the world. According to (Bache, 1987), epithermal deposits of the Pacific Ocean in the early 1980s in 20 countries of the world (without Russia) provided only 30 t Au per year. The production of epithermal Au in the world was ~**100 t per year**.

According to our data, Au and Ag was mined in 2011 from 103 epithermal deposits worldwide (Volkov and Sidorov, 2013). A total of **461.27 t** Au and **5798.85 t** Ag, i.e., 16.7 and 24.5% from the amount of world production (Gold ..., 2012; Word silver ..., 2012), was mined in 2011. The Ag/Au index is 12.6. Most of the precious metals produced

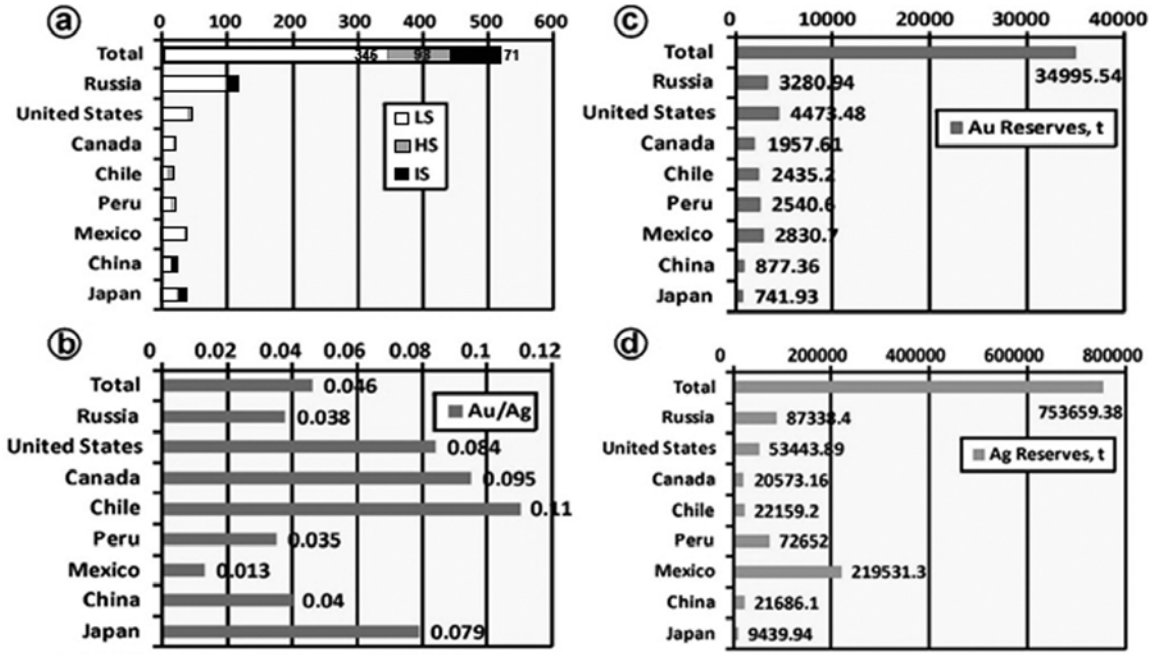


Fig. 3 *Global Au-Ag epithermal deposit statistics of different countries: a – the number of LS-HS-IS deposits; b – Au/Ag-ratio; c – Au Reserves, t; d – Ag Reserves, t.*

Dominican Republic, the United States, and the Philippines produced 70% Au of this portion (Nicaragua, Japan, and Mexico produced the rest). In the same period, according to our estimations, Au mining in epithermal deposits of the USSR (Baley and Taseev deposits of Transbaikalia) reached 12–15 t per year.

Thus, total production of epithermal Au worldwide did not reach **50 t per year**. During the next years, increase of production was provided by the deposits of Likhir Island, Porgera (PNG), Padjingo (Queensland, Australia), Hishikari (Japan), Round Mountain, Midas, Slipper, and others (USA). Production of epithermal Au in the USSR became 2 times higher also at the expense of two new mines on the epithermal deposits – Karamken (Magadan area) and Kochbulak (Uzbekistan). As a whole, total were provided by 82 deposits of the Pacific belt: 93% Au and 90% Ag of total production. Eight countries are the leaders in production of precious metals: Peru, Mexico, Argentina, Papua New Guinea, Russia, the United States, Chile, and Indonesia); their portion of the total production was 83% Au and 86% Ag. Russia is in the fifth place with 37.6 t Au and in the third place with 975.7 t Ag; Ag/Au = 25.9.The leading deposits in production of these precious metals are Kupol (LS, 43% Au and 21% Ag) and Dukat (LS, 46% Ag of the total Russian production). Thus, the average annual production of epithermal Au increased by a factor of 4.6 worldwide, which is consistent with the previously mentioned growth of explored resources of this metal.

THE COMPARATIVE ANALYSIS OF VARIATIONS OF AU/AG RATIO

Using comparative analysis of materials on 515 epithermal Au-Ag deposits of the world (from. database) their classification was defined more exactly by the value of Au-Ag ratio. Results are set out on Figure 4 and Figure 5. On Figure 4 the lines spent under the corner 45°, are the lines of equal ratios of Au reserves to Ag reserves, these values are inside the frame on the right. Deposit Yanacocha (313) is unique on Au reserves among Au-Ag of objects; deposits Pachuca (354) and Guanajuato (353) – are unique on reserves of Ag and simultaneously possess of large reserves of Au; deposits Guanacevi (352) and Dukat (18) have unique reserves of Ag and averages – Au, and Comstock (392) – large reserves as Au, and Ag to.

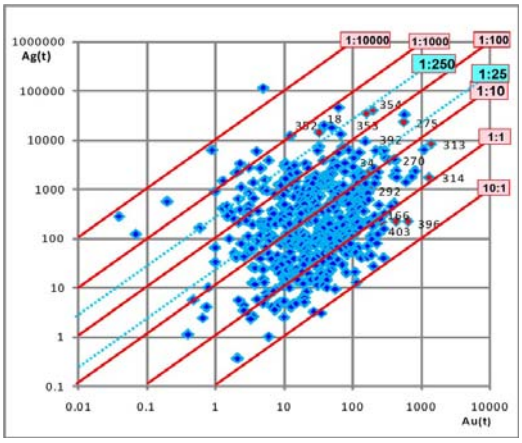


Fig. 4 *The logarithmic diagram of Au-Ag reserves. The object's numbers have corresponded to database list. The deposit's names are indicated in the text. The diagonal lines indicate the deposit position with Au/Ag ratio, equal to the value in rectangular box. The dotted lines correspond to boundaries for selection of 3 groups of deposits: mainly Ag, Au-Ag and mainly Au.*

Using the value of Au/Ag ratio in ores the classification of deposits is carried out statistically by determining of component centers within the domain of this parameter. It has been determined (Figure 5), that the sample of this geochemical tag from general totality is submitted to log-normal distribution law.

Statistical classification of Au/Ag indexes in ores of epithermal deposits was performed on the basis of calculation of component centers within the area of variability of this parameter. It was established that selection of this geochemical

sign from the general totality followed the lognormal law (Figure 5).

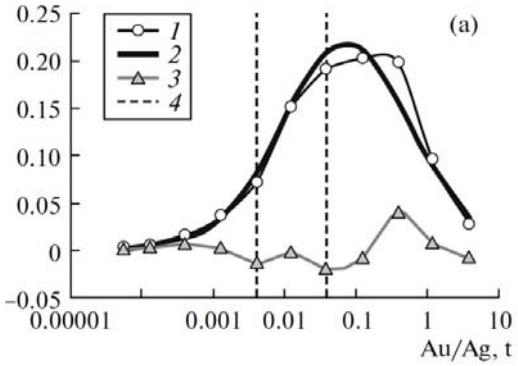


Fig. 5 *Results of statistical analysis of Au/Ag variations in epithermal deposits. (a) Relationships between Au and Ag deposits for 515 epithermal deposits. Curves: (1) experimental; (2) theoretical (lognormal) model; (3) deviation from lognormal distribution; (4) boundaries between distribution mixtures; (b) average Au/Ag ratios for epithermal deposits from various regions. The dashed line denotes the boundary of the regional Au/Ag specialization.*

The distribution of Au and Ag resources follows the lognormal law as well, with average values of 67.95 and 1463.42 t and medians of 27.90 and 204.00 t.

To check the hypothesis on three classes of deposits characterized by different values of the Au/Ag index, we modeled the empirical distribution of Au/Ag as a mixture, in which individual components are lognormal. The procedure of mixture decomposition was performed using the EM algorithm (Expectation-maximization), which is usually applied for solution of this problem (Bilmes, 1998). The EM algorithm is applied in mathematical statistics for estimation of the maximal credibility of probabilistic models depending on some hidden variables. Each iteration of the algorithm consists of two steps. The E step (expectation) includes calculation of the expected value of the credibility function with hidden variables considered as observed. The M step (maximization) includes estimation of maximal credibility and, thus, the expected credibility calculated on the E step increases. Then this value is applied for the E step in the next iteration. The algorithm is carried

out until complete convergence (Bilmes, 1998). As a result, we obtain component centers of set mixture with lognormal distribution. Their parameters are given in table. They are determined by medians of 0.002, 0.020, and 0.328, respectively (Au/Ag indexes are ~1/500, ~1/50, and ~1/3). Statistical analysis of the Au/Ag distribution and application of the EM algorithm for subdivision of a mixture of the probability distribution allowed us to suggest boundaries for Au–Ag specialization of deposits (Figure 3a): essentially Ag (<1/250), Au–Ag (1/250–1/25), essentially Au (>1/25). For more detailed subdivision of deposits as a result of the analysis performed, the Au–Ag group may be represented as a mixture of four distributions with the following boundaries: 1/25–1/8, 1/8–1/3, 1/3–1/2, and >1/2. We should note that these boundaries were previously determined empirically as 10/1–1/1, 1/1–1/20, and <1/20 (Konstantinov, 1984). Thus, we specified the boundaries between three groups of epithermal deposits, which may be applied for estimation of regional specialization. As a result, eight large regions were characterized by the Au/Ag ratio (Figure 1, Figure 6). The results well illustrate the known regional specialization of Au-Ag epithermal deposits.

The executed calculations have allowed receive the science-based summary about Au-Ag specialization of the Central and South Americas and the Northeast of Russia. The North America, Thetis, Northeast of Asia, Oceania and Australia are classified as mainly Au. So we have: mainly Au specialization for deposits from Asia, Oceania and the North America (mainly territories of the USA); mainly Ag with the subordinate value of Au specialization for deposits from Central America (mainly territory of Mexico); Au- Ag specialization for deposits from East of Russia and the South America.

Comparative analysis of the Au/Ag index of epithermal deposits formed in different geodynamic environments demonstrates that the deposits of continental volcanic belts are distinguished by the higher concentrations of Ag and consequently characterized by the lower Au/Ag ratios than the deposits of island arcs. Eight continents and regions were characterized by Au/Ag ratio (Fig. 6).

The executed calculations have allowed to receive the science-based summary about Au–Ag specialization of the Central and South Americas and the Northeast of Russia. The North America, Thetis, Northeast of Asia, Oceania and Australia are classified as mainly Au.

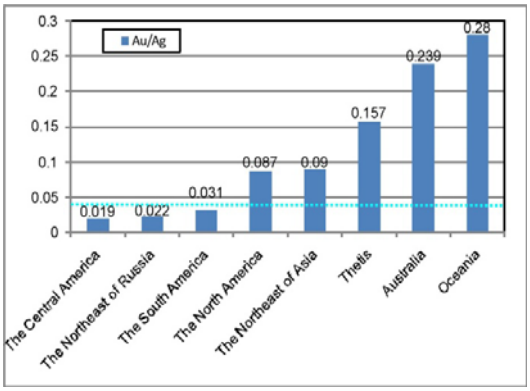


Fig. 6 *Gold-silver ratio for various continents and regions. The dotted line is the broad for determining of gold-silver specialization.*

So we have: mainly Au specialization for deposits from Asia, Oceania and the North America (mainly territories of the USA); mainly Ag with the subordinate value of Au specialization for deposits from Central America (mainly territory of Mexico); Au–Ag specialization for deposits from East of Russia and the South America (Figure 6).

We have received the science-based summary about Au–Ag specialization of different countries. Russia, Peru, Mexico and China are classified as gold-silver. United States, Canada, Chile and Japan are mainly Au (Figure 3).

Epithermal deposits of the VHMS ore assemblage (Sidorov et al., 2011), for example, deposits of Japan, are characterized by quite a low Au/Ag index (0.08), whereas the deposits of the Cu-porphyry island arc series usually have higher Au/Ag indexes (for example, deposits of the Oloisk volcanic belt of Northeast Russia, the Philippines, and PNG, ~0.4). Deposits of the same series formed on the continent (Chile, Uzbekistan, and Romania) are characterized by a significantly lower index (0.05–0.15). The Au/Ag ratio in deposits of the disseminated Au-sulfide series is quite low as well, 0.01–0.05 (Maysky ore cluster of Central Chukotka; Carlin trend of Nevada, USA). Epithermal deposits of the Sn-porphyry

series are characterized by an extremely low Au/Ag index (<0.01), for example, the Dukat, Lunnoe, Arylakh (Northeast Russia), Potosi (Bolivia) deposits, etc.

We should mention that Au-Ag epithermal deposits, in which the basement is represented by Precambrian granite-gneiss, are characterized by very high Au/Ag ratios (Kubaka – 1, Birkachan –3, Cripple Creek – 3). The same and even higher values of this index are typical of deposits related to oceanic island arcs, which are distinguished by fragments of the oceanic crust in the basement (Central Kamchatka, 1.7; Fiji, 4.9; Solomon Islands, 2.6).

DISCUSION AND CONCLUSION

Thus, the above cited data well illustrate the known regional, geodynamic setting and ore assemblages specialization of Au-Ag deposits over the world. Using mathematical methods it became possible to outline the exact boundaries of Au-Ag ratio for determining of Au-Ag specialization of deposits. The obtained characteristics are mostly consistent with the results (Titley, 1991) and substantiate the hypothesis that metallogenic specialization of ore regions is fundamentally related to the host environment in which ores were formed.

As prices for precious metals grow on the world market, the epithermal type of deposits has become economically feasible for exploration in practically all countries of the Pacific Rim, including Russia. Since the price of Au in recent years has grown sharply, many large epithermal deposits in North and South America have become very attractive. Especially note worthy is the class of epithermal deposits that have large reserves of disseminated scattered low-grade Au ores: Round Mountain in the United States, Yanacocha in Peru, Pascua Lama in Chile, Veladero in Argentina, and many others. They lie near the surface, contributing to low production costs. Therefore, a sharp increase in Au and Ag production from epithermal deposits has been observable in recent years.

The performed calculations allowed us the statistically confirmed conclusion on prevailing Au–Ag specialization of epithermal deposits of Northeast Russia, as well as North and South America (Figure 6). This conclusion indirectly confirms the good perspective of the Far East region for discovery of new epithermal deposits with the same resources and quality as those of North and South American deposits. Our investigations also demonstrated that in recent years there has been a tendency toward a strong increase in Au and Ag production from epithermal deposits of the Pacific ore belt. In this relation, the problem of prediction, investigation, and estimation of these deposits in volcanogenic belts of East Russia is one of the most important tasks for widening of the mineral resources base of precious metals in the region.

ACKNOWLEDGMENTS

This study was supported by State thematic funding of fundamentals science (theme 72-5, IGEM RAS) and by the Russian Science Foundation (project no. 14-07-00170)

REFERENCES

Bache J.J. (1987) World Gold Deposits: a Quantitative Classification, North Oxford Academic, Oxford. 179 pp.

Bilmes J.A. (1998) A Gentle Tutorial of the EM Algorithm and its Application to Parameter Estimation for Gaussian Mixture and Hidden Markov Models. Tech. report TR-97-021. International Computer Science Institute, Berkeley, CA, Available at: http://ssli.ee.washington.edu/people/bulyko/papers/em.pdf

Gold mining in 2011 (2012) Zolotodobycha, 166, 3–12.

Hedenquist J.W., Browne P.R. and Allis R.G., (1988) Epithermal gold mineralization, Wairakei, New Zeland. 169 pp.

Konstantinov M.M. (1984) Gold-Silver Mineralization of volcanogenic world belts, Nedra, Moscow. 165 pp.

Lindgren W. (1953) Mineral Deposits, 4th Edition, McGraw-Hill Book Company, New York. 930 pp.

Mosier D.L., Menzie W.D. and Kleinhamp F.J. (1985) Geologic and Grade-Tonnage

Information on Tertiary Epithermal Precious- and Base-Metal Vein Districts Associated with Volcanic Rocks, U.S. Geological Survey Bulletin, 1666, 1–39. Silver (1989) Science, Moscow.

Sidorov A.A., Starostin V.I., and Volkov A.V. (2011) Ore-formation analysis, MAKS Press, Moscow. 180 pp.

Titley S.R. (1991) Correspondence of ores of silver and gold with basement terranes in the American Southwest, Miner. Depos., 26, 66–71.

Volkov A.V., Goncharov V.I. and Sidorov A.A, (2006) Gold and silver deposits of Chukotka, SVKNII DVO RAS, Magadan. 220 pp.

Volkov A.V. and Sidorov A.A. (2013) Economic Implications of Epithermal Gold–Silver Deposits, Herald of the Russian Academy of Sciences, 83, 4, 365–374.

Volkov A. V., Chizhova I. A., Alekseev V. Yu. and Sidorov A. A., 2013: Variations of the Ag/Au Index in Epithermal Deposits, Doklady Earth Sciences, 452, 911–914.

White N.C. and Hedenquist J.W. (1995) Epithermal gold deposits: Styles, characteristics, and exploration, Soc. Econ. Geologists Newsletter, 23, 1–13.

World silver survey 2012 a summary (2012) Silver Institute's publication, Thomson Reuters GFMS, London. 12 pp.

NEW DATA ON THE CENOZOIC VOLCANISM AND ORE MINERALIZATIONS IN THE PETROSHNITSA RIVER VALLEY, NW PART OF THE KRATOVO-ZLETOVO VOLCANIC AREA, REPUBLIC OF MACEDONIA

[1]Slavcho Ivanov Mankov, [1]Manol Stoyanov Antonov,
[2]Dmytro Rostislavovich Siroshtan, [3]Valentin Yordanov Grozdev

[1]University of mining and geology "St. Ivan Rilski", Sofia, Bulgaria
[2]"Copper Investment JSC", Skopje, Macedonia
[3]Geological Institute "Strashimir Dimitrov", Bulgarian Academy of Sciences, Sofia

Abstract
The studied district is situated in the northwestern periphery of the Kratovo-Zletovo paleovolcanic area at about 23 km NE from Kumanovo town. The recent study presents in brief the new data concerning the lithostratigraphy, petrology and ore mineralogy of the volcanic rocks exposed along the Petroshnitsa river valley.The deeply eroded volcanic section in the area mapped (ca. 30 km² in scale 1:10 000) is subdivided into five lithostratigraphic units having the following superposition from bottom to top: tuffite formation, tuff formation, formation of pyroclastic breccias, Petroshnitsa trachyte-latite body, lamprophyric bodies and dykes. The units are composed of intermediate volcanoclastic and massive rocks – products of two relatively huge volcanic-intrusive centers located in the northwestern part of Kratovo-Zletovo paleovolcanic area. The geochronologic ages obtained from volcanics exposed in the studied area pointed to Early Oligocene volcanic activity (ca. 33-29 Ma).
Paragenetically, with the products of the second volcanic center located in the valley of the Petroshnitsariver, at about 2 km southeast of Baylovtse, there appear complex sulfide mineralizations, associated with two stages of hydrothermal mineral formation. At the first stage there is carried out an area sericitization, kaolinitization, adularitization (± diaspore) of the latite-trachytes, on which is deposited a stockwork, at places a vein quartz-pyrite (± chalcopyrite with Au and Re) and quartz-galena-sphalerite mineralization. At the second stage there come acidic, slightly metalliferous solutions, from which are deposited disulfides of iron and monomineral quartz veins. They are located radially and aside from the center of the volcanic structure and in plan they form a ring zone. Some of the veins are associated with wide transit structures, draining carbonic acid with a deep source. On the sulfide mineralizations there is not a zone of oxidization. Only in some places are formed fissure hypergene mineralizations, represented by very complex composition of sulfates, phosphates, borate sand hydrosilicates. By a set of criteria, direct and indirect evidence and data from detailed mineralogical, petrographic and geological, and geophysical studies there are determined in the area specific ore-likely sections, proposed for a further study.

Key words: Petroshnitsa trachyte-latite body**,** volcanic center, ring-like zone, mineral composition, hydrothermal stage

INTRODUCTION

The studied district is situated in the northwestern periphery of the Kratovo-Zletovo paleovolcanic area, approximately 23 km NE from the town of Kumanovo. According to the previous geological mapping[1, 2] the volcanic rocks within the district are Miocene-Early Pleistocene in age. They are subdivided into several "mappedunits" with the following stratigraphic sequence: trachytes and "trachyandesitites", occupying at about ¾ of the area, are the oldest effusive varieties with a Miocene age; during Pliocene, they are covered by volcanic breccias; at the end of the Pliocene these breccias are intruded by "dacites" in the northwestern corner of the area mapped (the massif of Visoka summit).

Later on, mostly in relation to the exploration geology of the Kratovo-Zletovo ore district, a number of specialized studies on the volcanic activity, ore mineralizations, geochronology and geomorphology of the area have been carried out [4 - 10].

In this paper new results regarding the lithostratigraphy, petrology and ore mineralogy of the volcanites in the Petroshnitsa river valley are briefly discussed. A new model for the evolution of the Cenozoic volcanism and the genetic relation with two paleovolcanic centers localized in the northwestern part of the Kratovo-Zletovo volcanic area is suggested.

LITHOSTRATIGRAPHY AND PETROLOGY OF VOLCANITES

The deeply eroded volcanic section within the area mapped (30 km²) on the scale 1:10 000 (Fig.1),is subdivided into five lithostratigraphic units, and namely (from bottom to top): tuffite formation, tuff formation, formation of pyroclastic breccias, Petroshnitsa trachyte-latite body, lamprophyric bodies and dykes.

The metamorphic basement rocks (gneisses, mica shists, amphibolites) belongs to the Lower complex of the Serbo-Macedonian Massif. On Bulgarian territory, the same rocks are distinguished as "Ograzhdenian Complex/Supercomplex" [3].

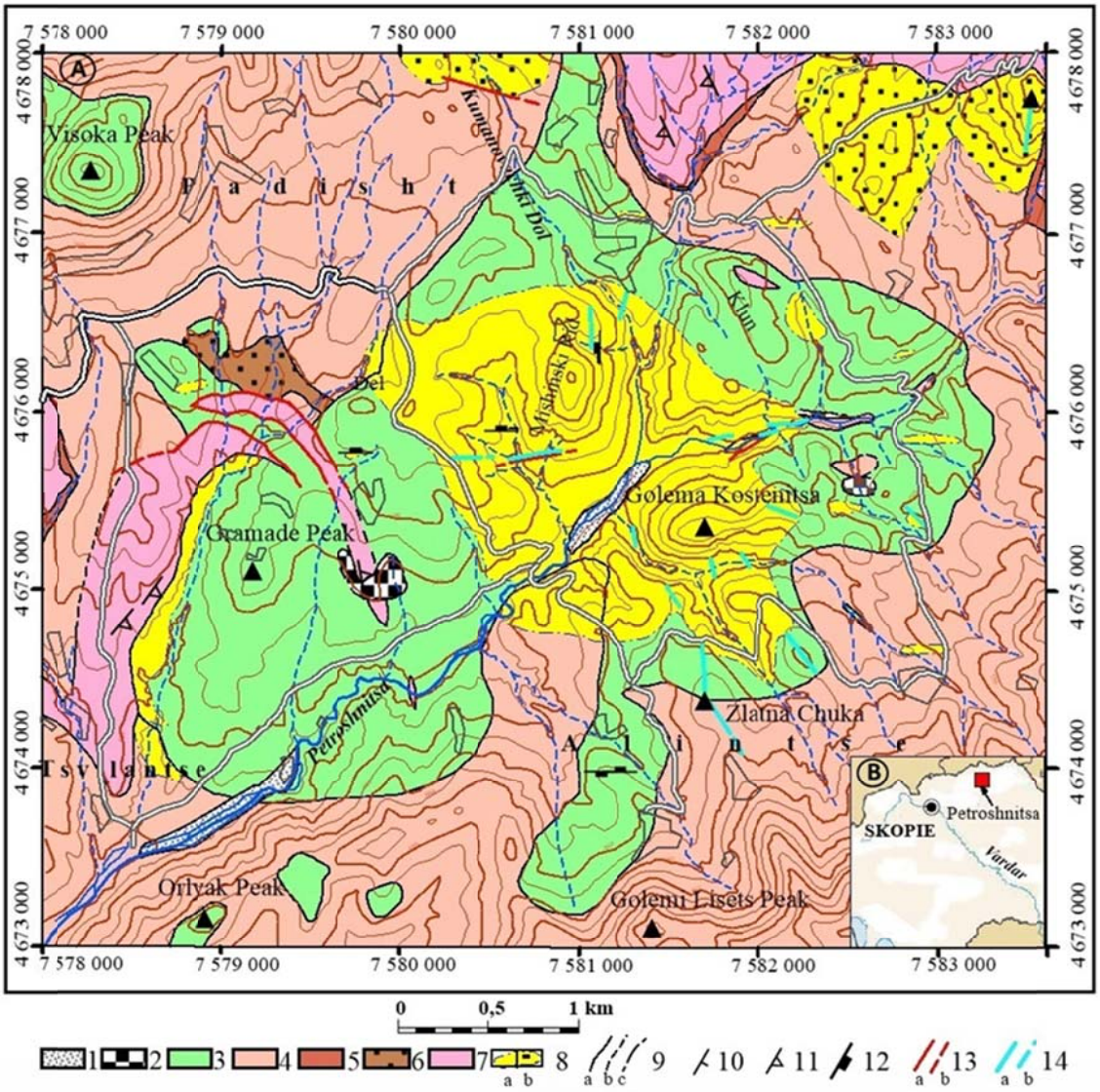


Fig. 1 Geological map of Petroshnitsa district

1 – Quaternary:Alluvial deposits – gravels, sands, clays; 2–6: Paleogene-Neogene: 2 – Lamprophyre bodies; 3 – Petroshnitsa trachyte-latite body; 4 – Formation of the pyroclastic volcanic breccias; 5 – Tuff formation; 6 – Tuffite formation; 7 – Neoproterozoic-Lower Paleozoic: Lower complex of the Serbo-MacedonianMassif; 8 – Hydrothermal alteration: a – in the Petroshnitsa trachyte-latite body; b – in the Formation of the pyroclastic volcanic breccias; 9 – Contact: a – proven; b – supposed; c – of the hydrothermal alteration; 10 – Strike and dip of bedding; 11 – Strike and dip of foliation; 12 – Strike and dip of joint set; 13 – Fault: a – proven; b – supposed; 14– Quartz and Quartz-sulfide vein: a– proven; b – supposed

The tuffite formation is restricted only in an outcrop area of 0,2km^2 west-northwest of Del summit. It occupies the lowermost part of the volcanic complex as its boundary with the metamorphic basement is not exposed on the surface. Upwards the formation is

unconformably covered by pyroclastic volcanic breccias. It has tectonic contacts with the two-mica gneisses of the Lower complex and intrusive relationships with the Petroshnitsa trachyte-latite body.

The formation is composed of thin- to medium-layered lapilli, psammitic and aleuritic, brownish or yellow tuffites. They include both pyroclastics and clastic component (quartz, muscovite, rock fragments from muscovite schists, gneisses and micro-granular, unevenly recrystallized limestones).

The apparent thickness of the formation is 200-220 m. An Early Oligocene age is supposed for the unit.

The tuff formation unconformably covers the metamorphic basement and grades or has a sharp contact with the formation of pyroclastic volcanic breccias. It is composed of red, pink and gray lapilli tuffs alternating with thin layers of ash (psammitic and aleuritic) tuffs as well as lenticular layers of small-grained volcanic breccias and single angular blocks.The pyroclastic component predominates and is presented by crystalloclasts, lithoclasts and vitroclasts. The clastic component is of mineral grains (quartz, plagioclase, muscovite) as well as rock fragments of gneisses and mica schists.

The thickness of the tuff formation varies from 0 to 30 m. An Early Oligocene age is supposed.

The formation of pyroclastic volcanic breccias occupies over ⅓ of the mapped area. It has fast or gradual transitions with the underlaying tuff formation or unconformably covers either metamorphic basement or tuffite formation. The pyroclastic breccias are intruded by the Petroshnitsa trachyte-latite body and several smaller bodies of similar composition as well as a single lamprophyre dyke. The intrusive contacts are steep to subvertical.The rocks of the unit are plenty of clasts thus from lapillis to blocks and bombs reaching up to 1-2 m in diameter. Breccias are heterogeneous in texture. Gradations in granulometry or preferred orientation of the clasts have not been observed. They are composed mainly of latite and trachyte pyroclasts. Locally, near to the lower boundary with the gneiss basement, they contain up to 15-20% lithoclasts of gneisses, mica schists, amphibolites and metamorphic quartz. The pyroclastic matrix consists of intermediate in composition (trachytes and latites) volcanoclastics. The thickness of the formation of pyroclastic volcanic breccias probably exceeds 800 m. U-Pb zircon age (31,01 ± 0,19 Ma) was obtained from a sample of trachyte volcanoclast collected in the vicinity of Baylovtse village [10]. The geochronological and field data well constrain the Early Oligocene age of the formation.

The Petroshnitsa trachyte-latite body occupies an area of ca. 10 km^2 in the central part of the map. It is irregular-shaped and SW-NE elongated, reaching up to 5 km in length and 1.5-3 km in width. The smaller bodies reach up to 1 km in diameter and form the summits of Visoka, Vitlich and Orlyak. The contact of the Petroshnitsa body with the host rocks is steep and easily observed in a number of outcrops.

The results of the petrographic analysis of samples of trachyte-latite sand lamprophyries from the Petroshnitsa district are shown in Table 1. They are plotted on the TAS classification diagram[11] on Figure 2.

Latites are light gray, gray or gray-green rocks, locally with a violet shade. These are massive in structure and porphyritic in texture (by plagioclase and more rarely by mafic minerals) rocks. Trachytes are gray to gray-green dense rocks, massive in structure, and porphyritic, glomeroporphyritic, microlitic and trachytic in texture. Internal contacts between the latites and trachytes composing the Petroshnitsa body have not been observed in the field. Both rock types are indistinguishable in meso-scale.

The obtained U-Pb zircon age of a porphyritic trachyte from the northern part of the Petroshnitsa body is 29,58 ± 0,23 Ma [10]i.e. is Early Oligocene. The received isotopic ages at this analysis for large-porphyry trachyte (**PSR-1/2016**) - **32.56 ± 0.25Ma**, also for tiny-porphyry latite along a plagioclase (**PSR-50/2016**) - **32.26 ± 0.25 Ma**,are from samples east of Gramade Peak (Fig. 3 and Fig. 4).

Table 1. Location (latitude / longitude,WGS 84) and mineral composition of trachytes, latites and lamptophyres from Petroshitsa district

Sample №	Coordinates	Rock	Mineral Composition (primary/secondary)*
4	42,223524/21,995212	phenolatite	Pl+Kfs+Bt+Hbl+Ap+Zr/Qtz+Ca+M
56	42,233454/21,974831	phenolatite	Pl+Kfs+Bt+Hbl?+Ap/Ca+Qtz+M+Chl
106	42,216063/21,990225	phenotrachyte	Pl+Kfs+Bt+Ap/Ca+M+Qtz+Chl
112	42,215576/21,984239	phenotrachyte	Pl+Sa+Bt+Hbl+Py+Ap/Ca+Ep+Chl+Al+Qtz
125	42,210748/21,979319	phenolatite	Pl+Kfs+Bt+Hbl+Ap+Zr/Ca+Kfs+Bt+Ep+Chl+Qtz
147	42,223472/21,996255	phenolatite	Pl+Kfs+Bt+Hbl+Ap+Zr/Ca+M+Qtz
243	42,241787/21,976528	phenotrachyte	Pl+Kfs+Bt+Ap+Zr/M+Qtz
250	42,227902/21,968531	phenolatite	Pl+Kfs+Bt+Cpx+Ap+Ti/Ca+Chl+Ep+Al+Qtz
266	42,225042/21,990278	phenotrachyte	Pl+Kfs+Bt+Hbl+Cpx+Ap/M+Qtz+Bt+Chl
303	42,218865/21,967978	phenolatite	Pl+Kfs+Bt+Ap/M+Ca+ Chl+Ep+Al+ Qtz
331	42,212723/21,96939	phenolatite	Pl+Sa+Bt+Hbl+Py+Ap/Bt+Kfs+Qtz+Chl+Ep+M+Ca
457	42,225207/21,951893	phenotrachyte	Pl+Kfs+Bt+Cpx +Ap/Ca+M+ Bt
478	42,205605/21,977372	phenolatite	Pl+Kfs+Bt+Cpx +Ap/Chl+Ca+Qtz
504	42,207417/21,962611	phenolatite	Pl+Kfs+Bt+Hbl+Cpx +Ap/Chl+Ca+M+Qtz
526	42,203541/21,955125	phenotrachyte	Pl+Kfs+Bt+Hbl+Ap+Ti/Ca+Qtz
787A	42,2223055/21,9935555	phenolatite	Pl+Kfs+Qtz +Bt+Ap/Chl+Ca+M
878	42,2192222/21,9948056	phenotrachyte	Pl+Sa+Bt+Hbl?+ Py +Ap/Chl+Ca+Qtz +M
7	42,222955/21,99316	lamprophyre	Pl+Bt+Cpx+Hbl+Ap+Ti/Ca+Chl +Qtz+M+Bt
652	42,215638/21,961277	lamprophyre	Bt+Cpx+Pl+Hbl+Ap/Ca+Bt+Chl+Qtz+M
876	42,2201945/21,9946945	lamprophyre	Pl+Bt+Hbl+Ap/Ca+Qtz+Chl+M

*Abbreviations:
Pl – plagioclase; Kfs - potassiumfeldspar; Bt - biotite; Sa – sanidine; Hbl – amphibole; Qtz – quartz; Py – pyroxene; Cpx – clinopyroxene; Ap – apatite; Ti – titanite; Chl – chlorite; M – mica; Ep – epidote;Al – albite; Ca – carbonate

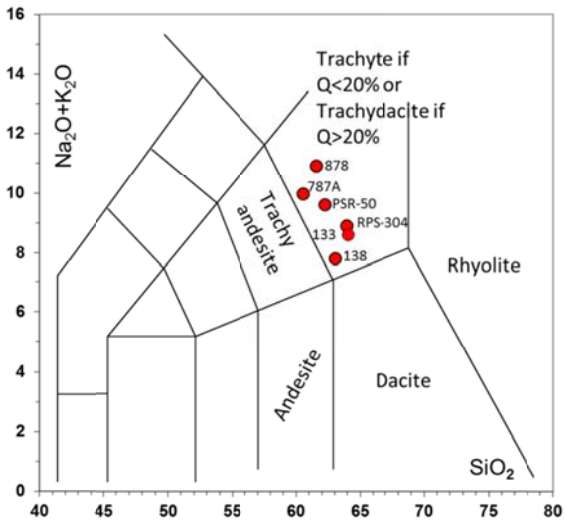


Fig. 2 *TAS classification diagram [11]with the locations of the analyzed samples.Petroshnitsa.*

Two small lamprophyric bodies and a single dyke crosscut the rocks of the Petroshnitsa body as well as the xenoliths of gneisses and volcanic breccias (Fig. 1). Lamprophyres are dark-gray to black, dense rocks, porphyritic by biotite. They are massive in structure and porphyritic, serial porphyritic, microlitic or trachytic in texture. The results from the petrography of the lamprophyries are presented in brief in Table 1.The concordant age in 4 of the youngest zircons in the sample (**PSR-4$_1$/2016**) from the biggest body south of Gramade Peak is **31.24 ± 0.36 Ma**(Fig. 3 and Fig. 4).

Rocks in the central part of the Petroshnitsa body (occupying an area of ca. 3,74 km²) as well as in a number of smaller outcrops are affected by an intense hydrothermal alteration.

EVOLUTION OF THEVOLCANIC COMPLEX

The results from the recent detail mapping as well as the petrographic analyzes show that the distinguished lithostratigraphic units, composed of intermediate in composition volcanoclastic and massive rocks, are products of two relatively huge volcano-intrusive centers located in the northwestern part of the Kratovo-Zletovo paleovolcanic province.

The obtained geochronological data(ZirconLa-ICP-MS) evidence the volcanic activity during the Early Oligocene (ranging between 32-29 Ma) in the studied area.Similar data (about 31 Ma) are reported for the volcanic rocks, situated to the north in the vicinity of Kokino village[12].

Earliest product of the subaerial volcanism in the area was the tuffite formation, composed

of re-worked lapillis and ash tuffs, where the clastic component (ca. 30-35%) is of quartz, muscovite and rocks fragments of schists, gneisses and microgranular limestones. The presence of limestone fragments indicates that this epiclastic suite is related to a relatively remote eruptive center situated in an area with a preserved sedimentary cover of the crystalline basement. After a short break and deformation, the pyroclastic formations (the tuff formation and the formation of pyroclastic volcanic breccias) are formed due to extensive eruptions of a volcanic center located in the mapped area. They uncomfortably covered both the exhumed metamorphic basement and the subvertical layers on the tuffite suite.

Probably, a successive effusive volcanism was revealed, followed by the emplacement of

The Petroshnitsa trachyte-latite body in the root zone of the volcanic edifice and subsequent alteration and ore mineralization.

The following evidences indicate that the main eruptive center was located in the Petroshnitsa river valley between Mishinsk iridge, Sadovnitsa and Golema Kostenitsa: the positions of both the Petroshnitsa body and zone of an intense hydrothermal alteration; the radial orientation of the dominant fracture groups controlling the position of quarzitization zones and the concentration of huge blocks of volcanic breccias are ca. 500 m southwest of M. Kostenitsa. They are in accordance with the assumption of [8].

Smallsub-isometric bodies occupying the Visoka and Vitlich summits in the northwestern and southeastern corner of the map as well as the neck located northeast of Kokino village most probably were the conductive channels of the local volcanic centers, operating simultaneously with the maincenter Baylovtse and were genetically related to a common magma source.

CHARACTERISTICS OF ORE MINERALIZATIONS

Complex sulfide mineralizations are genetically related with the latite-trachytes from the second volcanic center southeast of Baylovtse village. The particular ore minerals are generated during a two-stage mineralization process.

During the first stage, the host latite-trachytes were affected by both general and linear kaolinitization, sericitization, adularization (with diaspore) as the mineralization is of stockwork type and locally of vein type – quartz-pyrite (± chalcopyrite and molybdenite) and quartz-sphalerite-galena.

Fe-disulfides and monomineral quartz veins were formed **during the second stage**. They are located outside the eruptive center or radially surround them forming a ring-shape zone in a plan view (Fig. 3). An extrapolation of the trajectories of the quartz veins strike directions from the ring-shaped zone towards the center outlines a “quartz star” which center coincides with the eruptive center.

The position of the eruptive center (besides from the quartz veins) is additionally fixed by the configuration of Petroshnitsa volcanic body and related zone of hydrothermal alteration (as pseudomorphic grow of chlorite, carbonate, epidote and sulfide after feldspar have taken place as these structures are rather similar to the sulfide pseudomorphoses described in[13]in some ore fields) as well as by the main fracture groups which strike directions are mutually intersected in the Petroshnitsa river valley (Fig. 3).

During the first hydrothermal stage, the stepwise ore-generating process followed the next succession: a general hydrothermal alteration of the latite-trachytes (kaolinization andsericitization); biotitization stage (the first potassium metasomatic alteration). Spheroidal metasomatic biotite aggregates with radial habit have been formed around numerous centers (nucleous); stage of a K-feldsparization (the second potassium metasomatic alteration). Due to this metasomatic process all femic minerals in the latites were replaced by feldspars and the rocks became paler; patches or veins of secondary quartzites appeared as they intersect the hydrothermally altered volcanics; first quartz-sulfide stage (generation of quartz-pyrite±chalcopyrite and molybdenite with enhanced Re and Au contents). Zones with vein-nest sulfide mineralizations have been formed which intersect the linear quartz-adular-diaspore zones; a quartz-wavellite stage is recognized in the eastern flank of the curved ore-prospecting area (Fig. 3). Quartz-wavellite or wavellite veins and aggregates filled variously oriented cracks within intensively

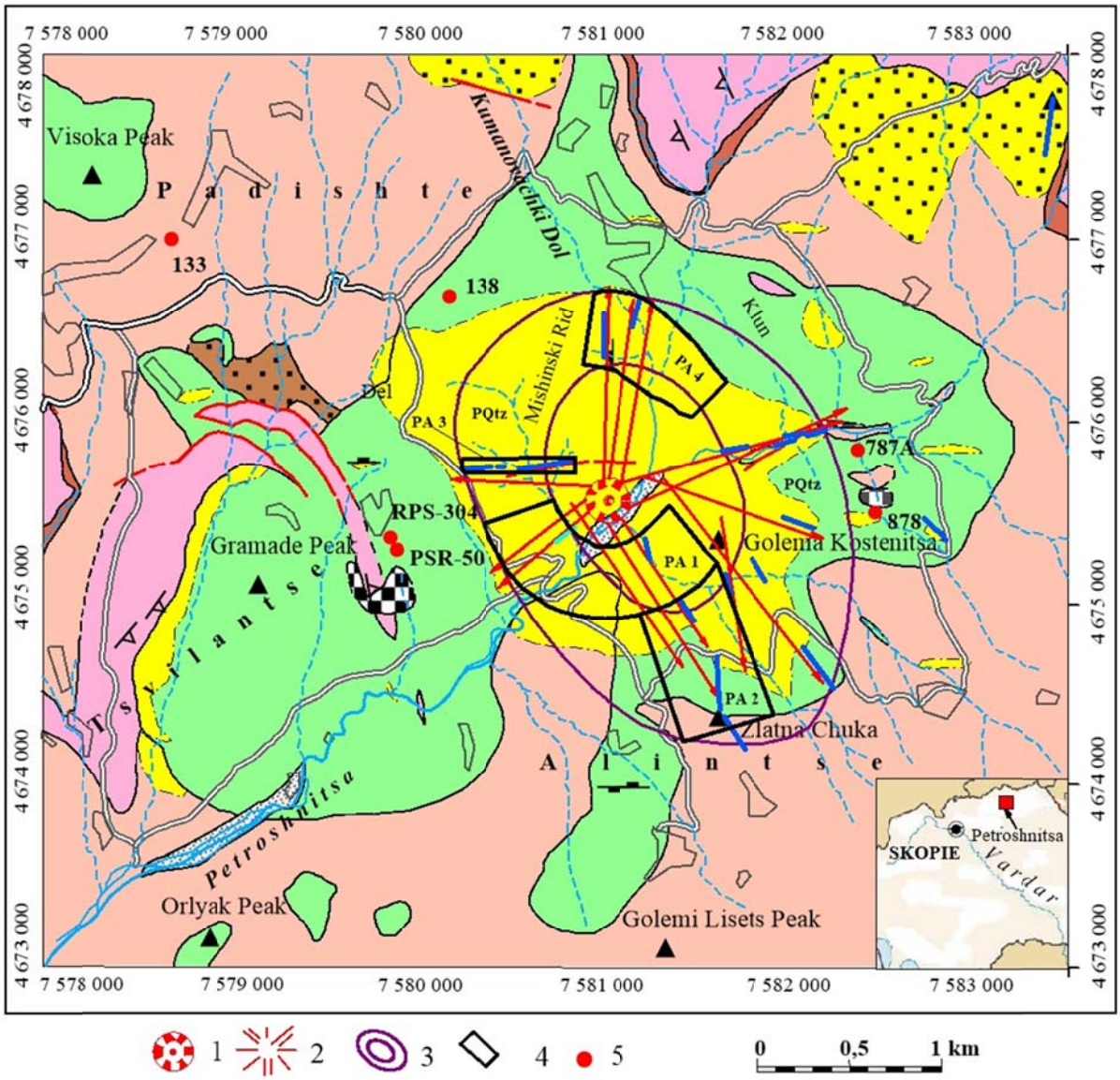


Fig. 3 *Ore-structural map of Petroshnitsadistrict (geological basis and structural symbols are same as in Fig.1) 1 – eruptive center; 2 –"quartz star"; 3 – ring-like zone of radial monomineral quartz veins; 4 –ore-likely area (PA 1, PA 2, PA 3, PA 4); 5 – location and number of sample for silicate and geochronological ZirconLA-ICP-MSanalysis (133, 138, RPS-304,PSR-50)and for silicate analysis (787A, 878)*

quartzified latite-trachytes (Fig. 5**b**); mordenite-heulandite stage – generation of spheroidal and vein-shaped aggregates of mordenite and heulandite with radial habit of the grains; a second quartz-sulfide stage (quartz-polymetal) – quartz, pyrite, sphalerite, chalcopyrite, galena, tennantite and calcite. This stage is revealed north of the eruptive center and is controlled by an E-W to W-NW faults.

During the second hydrothermal stage, Fe-disulfides (pyrite and marcasite) and monomineral quartz veins were generated as they surround radially the eruptive center (Fig. 3).

All mineral phases formed during both hydrothermal stages and limited hypergenic processes are shown in Table 2. Specific and peculiar are hypergenic minerals presented by complex aluminum silicates, aluminum phosphates, hydrosilicates to hydroborates (Fig. 6). Some of these minerals are especially rare in nature. The complex in composition hypergenic minerals were genetically related with the oxidation of Cu-bearing (massive and vein-nest type) and Pb-Zn mineralizations as well as with the intense hydrothermal alteration of latite-trachytes.

Ore mineralizations distinguished in the upper reaches of Petroshnitsa river are

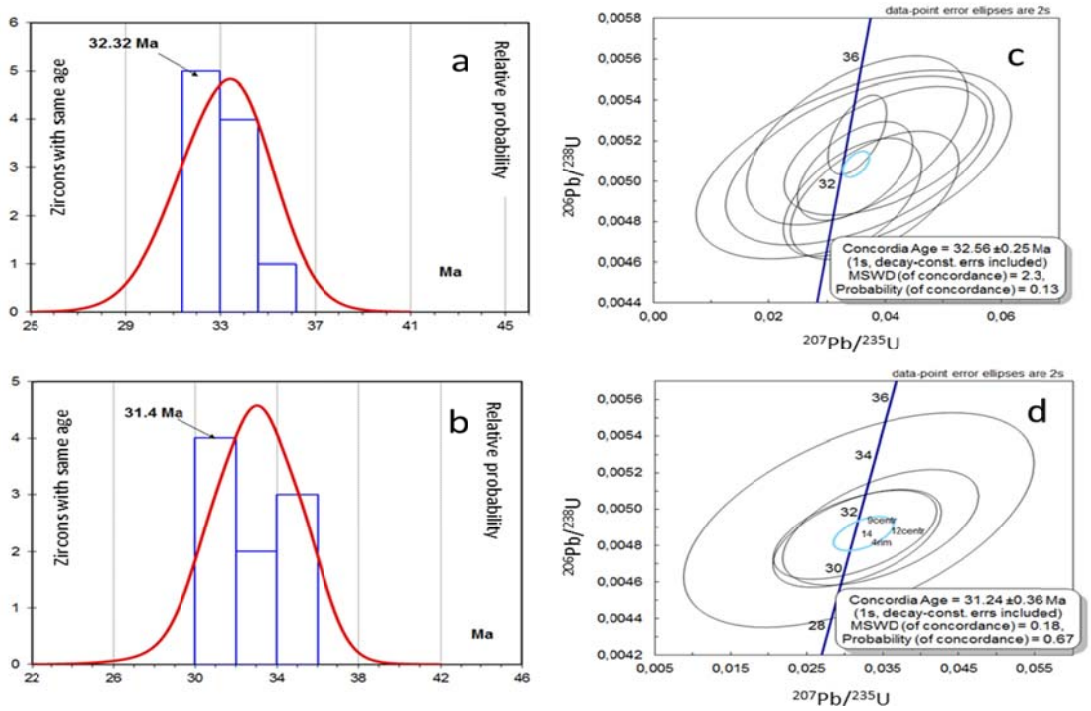


Fig.4 *Age densities (a – PSR-1/2016, b –PSR-4$_1$/2016) and Concordia Age along the two lead isotopic relations $^{207}Pb/^{235}U$ and $^{206}Pb/^{238}U$(c –PSR-1/2016, d –PSR-4$_1$/2016)*

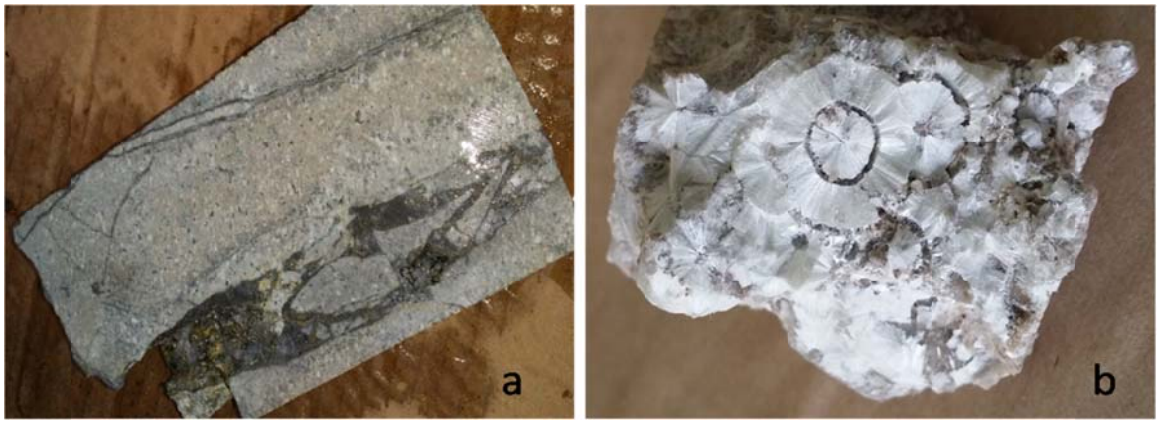


Fig.5 *Strongly quartzitized, kaolinitized and sericitizated volcanites with disseminations of diaspore, crossed by a stockwork pyrite mineralization (a)and spheroidal wavellite aggregates with a radial-like-ray structure along cracks in quartzitized volcanites(b). Size 1:1. Petroshnitsa.*

Fig.6 *Mixture of kidney-like fibroferrite–langite–woodwardite aggregates with a ray-like structure (a) and oblong-kidney-like, brown-red aggregates of svanbergite, goyazite, basaluminite, koninckite (b) along cracks in strongly kaolinized and sericitizedvolcanites. Sizeof "a"1:1,size of "b" 1:2.Petroshnitsa.*

Table 2. Integral mineral composition of the ore mineralizations related to trachyte-latite volcanism in Petroshnitsa district

Primary minerals	Clinochlore	Pyrite
	Uvite	Marcasite
	Diaspore	Chalcopyrite
	Spinel	Sphalerite
	Adular	Galena
	Quartz	Tennantite
	Tridymite	-tetrahedrite
	Rutile	Siderite
	K-feldspar	Calcite
	Alunite	Mordenite
	Kaolinite	Heulandite
	Illite	Wavellite
	Montmorillonite	Corundum
	Sericite	Pyrophyllite
	Biotite	Chlorite
	Molybdenite	Epidote
Secondarymineralls	Hematite	Goyazite
	Maghemite	Langite
	Lepidocrocite	Woodwardite
	Jarosite	Koninckite
	Plumbogumite	Basaluminite
	Plumbojarosite	Chalcocite
	Native Sulphur	Hydroxylapatite
	Fibroferrite	Copiapite
	Svanbergite	Alunogen

subdivided into the following mineralogical-geochemical types: Au-Cu-Mo with Re; Au-Cu-polymetal; Au-polymetal; pyrite-markasite and silicon (monomineral quartz veins). According to a number of direct and indirect criteria as well as data from detailed mineralogical-petrographic and geological-geophysical studies, specific ore-prospecting districts have been distinguished in the studied area as they are proposed for the further study.

ACKNOWLEDGEMENTS

We wish to express our sincere gratitude to Mr. V.P. Skubenko (President of the board of the directors) andMr. G. Sychov (Chief Technology Officer) of Copper Investment, Skopje, R. Macedonia who supported this study.

REFERENCES

[1]Христов, С., Карајовановик, М., 1969: Толкувач за ОГК лист Кратово, СГЗ, Белград.

[2]Karajovanovic,M., and Hristov,S.,1972: Explanatory note of the General Geological Map of Kumanovo1:100,000 map sheet: Skopje, Federal Geological Survey Jugoslavia 58p.

[3]Zagorchev, I., 2008: Amphibolite facies metamorphic complexes in Bulgaria and Precambrian geodynamics: controversies and „state of the art".Geologica Balc., 37, Nos 1-2, 33-46.

[4]Dimitrijević, M.D., 1997: Geologija Jugoslavije. Belgrade. Institute Gemini.

[5]Marković, M.,1971: Contribution to the knowledge of volcanic morphology of the Kratovo-Zletovo area. Geological annals of Balkan Peninsula. Book36,Belgrade,39-44.

[6]Stojanovic, M.,1986: Areas of fossil volcanoes on the territory of SR Macedonia. Annual of the Institute of Geography, No30, Skopje, 149-166.

[7]Boev B.,Yanev Y.,2001: Tertiary magmatism with in the Republic of Macedonia: Areview Acta Volcanologica, Vol 13 (1-2),57-71.

[8]Milevski,I., 2010: Geomorphological Characteristics of Kratovo-Zletovo Paleovolcanic area. Scientific Annals, Aristotle University of Thessaloniki, 99, 475-482.

[9]Serafimovski, T., 1990: Metallogeny of the Lece-Chalkidiki zone. Doctoral thesis, 391 p., Stip. (in Macedonian).

[10]Grozdev, V. Unpublished PhD Thesis. Bulgarian Academy of Sciences, 2014, 238.

[11]Le Maitre, R.(ed.), P. Bateman, A. Dudek, J. Keller, M. Bas, P. Sabine, R. Schmid, H. Sorensen, A. Streckeisen, A. Wooley, B. Zanettin. 1989. A classification of igneous rocks and glossary of terms. Recommendation of the IUGS sub commision on the Systematics of Igneous Rocks.Oxford, Blackwell Sci.Publ.; 193.

[12]Mitrev, S., .Boev, B., 2014: Petrology of the Kokino volcanic rocks, Kumanovo district, Republic of Macedonia. Compt. Rend.Bulg.Acad. Sci, 67, 12, 1679-1682.

[13]Mankov,S.,1978:Sulfide pseudomorphoses in the Ossogovo vein lead-zinc deposits. Докл. БАН, 5, 571-574.

CHARACTERISTICS OF CHROMITE MINERALIZATION ON MT. JELICA

[1]Predrag Mijatović, [2]Boris Vakanjac, [1]Dragan Jovanović, [1]Božidar Luković

[1] Geological Survey of Serbia, Rovinjska 12, Belgrade, Serbia
[2] Singidunum University, Faculty of Applied Ecology Futura, Požeška 83a, Belgrade, Serbia

Abstract
Chromite exploration in Serbia in 2015 included chromite occurrences on Mt. Jelica, which is situated in the metallogenic province of Šumadija. Chromite occurrences and deposits are broken up into small lenses and concentrated in the central part of Mt. Jelica. All the occurrences noted to date are located west of Mt. Rajac and the village of Premeća. Undoubtedly the largest occurrence between them is the so-called Premećki Šip in a creek of the same name near the village of Premeća. The total amount of chromite on this location could have been about 1000 tons according to Hissleitner; it was extracted back in 1928. There are identical occurrences of several smaller lenses of chromite west of a hill called Zlatno Brdo, in a mass of schistose serpentine. All mining operations ceased before World War II. South of Crna Stena, which is made up of diabases, there are several narrow deposits of serpentine. They, too, featured chromite at one time. The best known mines in the area were Borjak and Golo Brdo. Chromites of different characteristics are noted in the studied series of samples. Microscopic viewing identified varieties from massive, unaltered concentrations to subsequently silicified and altered varieties with relicts of leached former chromite grains and aggregates. The studied chromite and other mineral phases on Mt. Jelica are presented in the paper.

Key words: ophiolite, chromite, ore, Mt. Jelica

INTRODUCTION

The metallogenic province of Šumadija (MPS) occupies the area between the Danube River, the Kolubara River and the city of Gornji Milanovac in the north, the cities of Ivanjica, Valjevo and Ljig in the south, the towns of Požega and Arilje in the east, and the Velika Morava River and the cities of Kragujevac and Kraljevo in the west. The study area is in western Serbia.

Chromite on most sites is compact and has a grainy and, on some level, cataclastic structure. Occurrences of "leopard ore" are very rare.

According to Janković S. (1990), several chromite deposits have been located in highly tectonized and altered peridotites on Mt. Jelica. The ore was explored and extracted from 1900 to 1943. The peridotite complex is relatively small, pyroxenites are more widespread, and there are minor occurrences of dunites in harzburgites. According to the national geological map of the former-Yugoslavia (1:100,000 Čačak section (Brković et al., 1970, Brković et al., 1978), there are also Miocene quartz latite intrusions. Plate-like chromite bodies have been tectonically separated into smaller blocks, which are 10-15m long and up to 2m thick. The ore was mined in two areas: (1) Mt. Rajac, at Rajčev Vis, with reserves of 2000 t – the most important being Rudna Kosa, and (2) Premeće, with several smaller deposits – the most important was Peret, west of Premićki Šip.

The center of the study area is located about 12 km south of the city of Čačak (Fig. 1).

SUMMARY OF STUDY AREA GEOLOGY

The oldest rocks whose spread is relatively small are Paleozoic, represented by argilloschists, phyllites, phillytic mica schists and quartzites. These rocks are overlain by plate-like Triassic limestones in chert interbeds and lenses. Then there is a diabase-chert formation, which is the most widespread on Mt. Jelica. This formation includes sedimentary, igneous and metamorphic rocks. The sedimentary rocks feature both horizontal and vertical alternation over small distances, such that they are difficult to study. Moreover, the terrain is covered to a large extent. Sedimentary rocks include sandstones, cherts, breccias, and conglomerates. In parts there are alternating sedimentary and igneous rocks, as well as schist parts of metamorphic rocks. This formation features many igneous rocks; they

occur in different varieties and build up masses of different sizes. There are large masses of serpentinized peridotites in Duga Kosa, Bare, Veliki Pered, Državna Šuma, Golo Brdo and Crna Stena. Lesser occurrences of these rocks have also been detected united with sediments and other magmatites. Among igneous rocks, diabase and spilite are the most widespread and identified as a single mapped unit. Large masses of these rocks are found in Ljuta Kosa, Leposavin Grob and Grujine Livade. Gabbros occur as small intrusions in peridotites, diabases and a diabase-chert formation. Metamorphic rocks are represented by schistose shales, schistose sandstones and other schists. These rocks alternate with other members in a formation, which they dominate because of frequent occurrence and thickness.

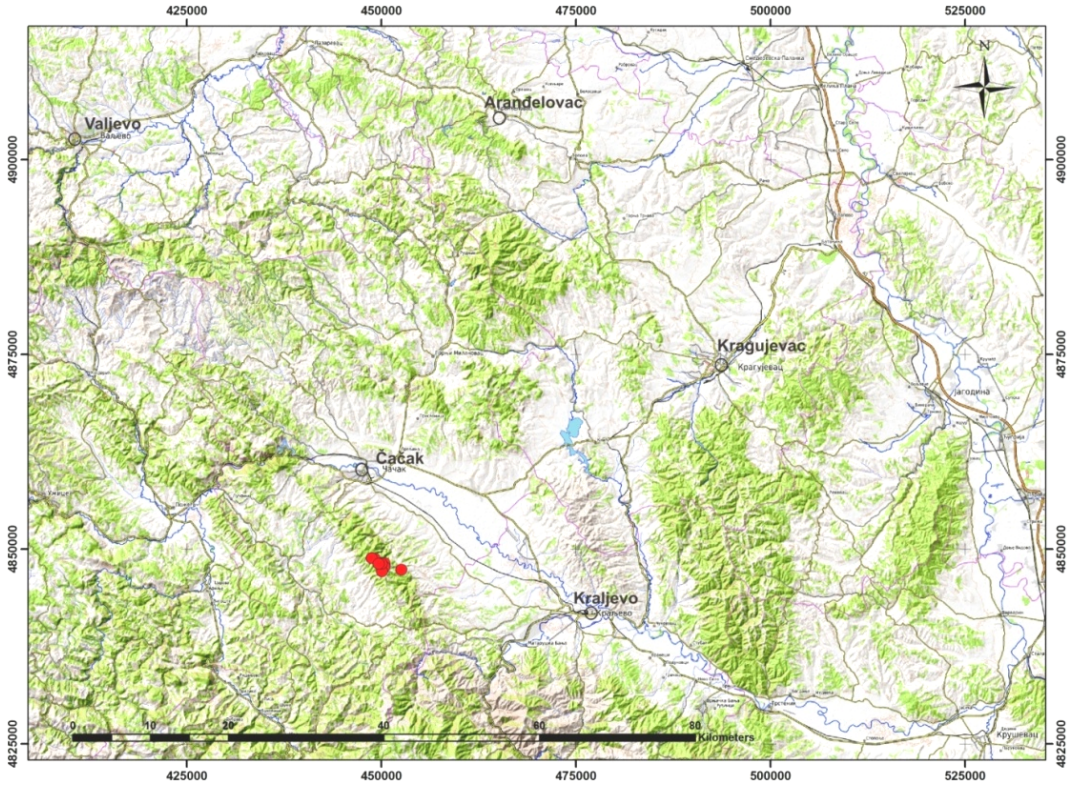


Fig. 1 *Position of polish section samples (red dots) taken from Mt. Jelica in 2015. on topography map, SASPlanet, OSM OpenTopoMap*

GENERAL INFORMATION ABOUT CHROMITE

Chromite is an oxide comprised of chromium, iron and oxygen (chemical formula $FeCr_2O_4$), which occurs in basic and ultrabasic igneous rocks, as well as metamorphic and sedimentary rocks. It is valuable because it is the only mineral used to produce chromium. There are other minerals that contain chromium, but they are not extracted as chromium ore.

In general, chromite is formed in ultrabasic rocks as a cumulate of crystallization differentiation, and is among the first components crystallized from magma. It is most often associated with olivine, magnetite, pyroxenes and products of serpentinization (Gu and Wills, 1988).

According to *http://geology.com/minerals/chromite.shtml*, contributor Hobart King: "Magnesium is a frequent substitute of iron in chromite. There is a series of solid solutions ranging from those rich in iron to those rich in magnesium, ($FeCr_2O_4$) to ($MgCr_2O_4$), i.e. ($(Fe,Mg)Cr_2O_4$) or ($(Mg,Fe)Cr_2O_4$). The situation in nature is even more complex because of the intricate composition; for example, the generalized chromite formula would be $(Mg,Fe)(Cr,Al)_2O_4$, comprised of multiple solid solutions between chromite, hercynite ($FeAl_2O_4$), spinel ($MgAl_2O_4$), magnesium chromite ($MgCr_2O_4$), magnetite (Fe_3O_4), and magnesium ferrite ($MgFe_2O_4$)".

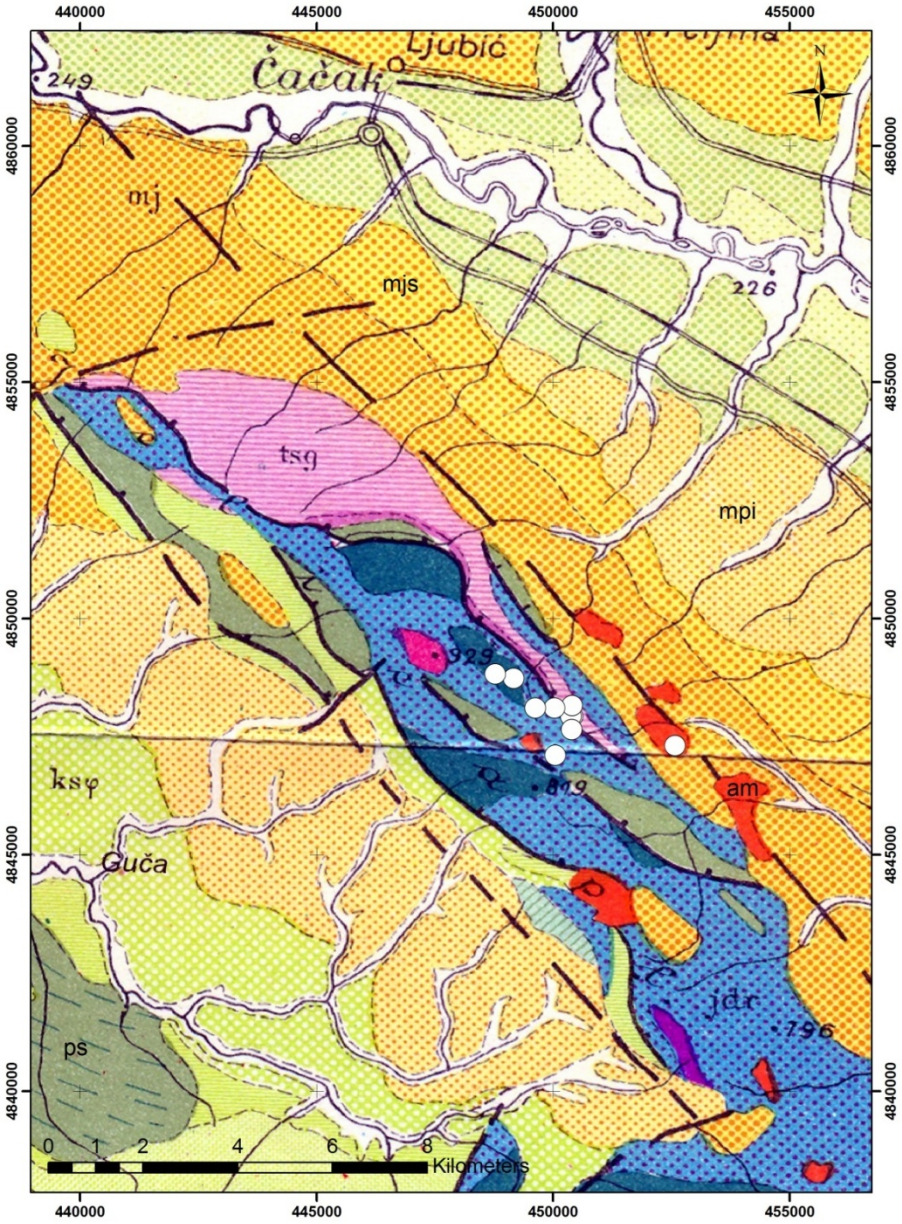


Fig. 2 *Geological map showing sampling points (white dots) based on the national geological map of Serbia (1:200,000, Milovanović B. and Ćirić B., 1966).*
Explanation: ps – Lower Paleozoic, not split ; tsg – Triassic limestone and dolomites; jdr – diabase-chert formation; dark blue – serpentinites; purple – gabbros; ksg – Upper Cretaceous flysch; mj, mjs, mpi – various Miocene sediments; and am – andesites.

Chromite is formed in olivine – a chrome spinel mineral association developed in differentiated gabbro-peridotite and peridotite complexes, genetically and spatially related to tectonic active belts in Alpine deposits (together with olivine, pyroxene (enstatite, diopside), platinum, (occasionally Cu, Ni, Cr), osmium and iridium minerals. (Tomanec and Vakanjac, 2015).

Microscopically, there are frequent separations of components in different shades of gray along the edges or in fissures of chromite grains, which occurred during later changes in conditions, when the system of chromite solid solutions became unstable. It is easily determined in both ultrabasic rocks and products of serpentinization, it is grainy, generally cataclazed, gray and mostly anhedral. In supergene conditions, chromite is a stable mineral. It is partially transformed by the action of hydrothermal solutions that cause serpentinization of ultrabasic rocks. The alteration of chromite is a process in which FeO is transformed into Fe_2O_3, whereby the

crystal lattice is disturbed. Additionally, Al_2O_3 and MgO are released. The color of these chromites is lighter and they are more reflective. The changes are especially pronounced on the edges of the grains and near fissures. There are often several stages of transformation of a single grain, such that chromite comes in different shades of gray and features varying degrees of reflection. The findings were similar in the case of samples from Mt. Jelica.

CHARACTERISTICS OF SAMPLES COLLECTED FROM MT. JELICA

The exploration area is generally a compound of: serpentinites, chromite ore, basalt-diabase, amphibolites and listwanite. Figures 2 and 3 show the sampling points on a topographic/geological map.

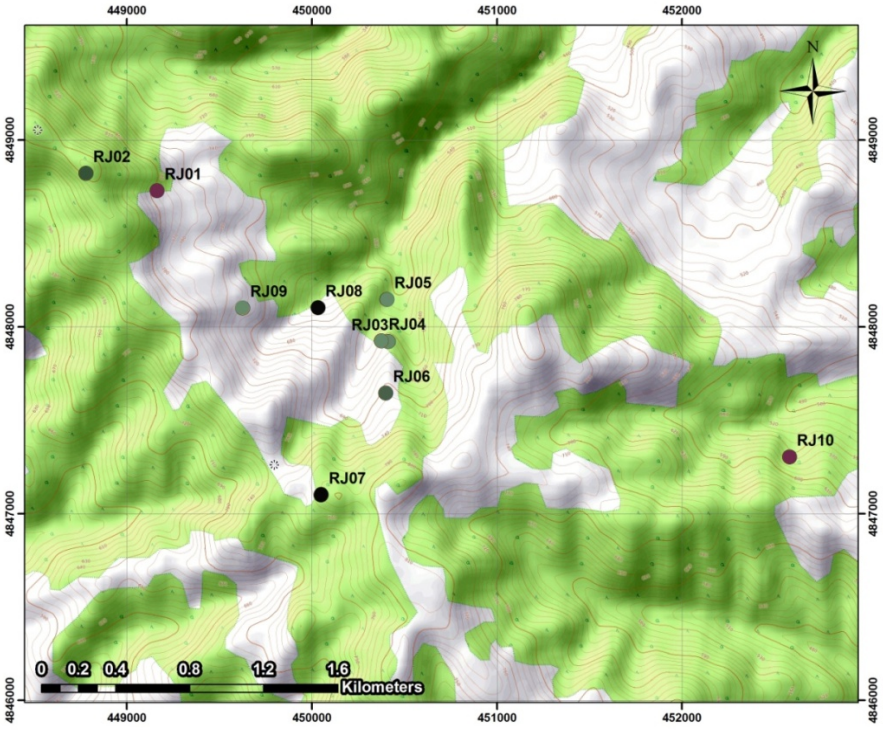


Fig. 3 *Sampling points (green dots), SASPlane OSM OpenTopoMap, t. RJ03, 04, 05 and 09 – serpentinite, RJ07 and 08 – chromite cumulate, RJ06 – amphibolite, RJ02 – basalt/diabase, and RJ01 and 10 – altered serpentinites/listwanites*

CHARACTERISTICS OF SERPENTINITE

The rocks are generally grayish-green to black (in places greenish-brown) and their texture is massive. They are oily to the touch, coarse locally cataclastic, with rare fine (<1mm) grains of metallic minerals. They are magnetic. Lighter green areas, which appear to be transparent, are zones developed of bastite (from altered pyroxene). Reticulate/relict grainy textures of former olivine have been noted, partially fringed by iron oxides, which is almost a regular occurrence. This texture pattern was retained even after intensive serpentinite alterations, but magnetite and hematite were transformed into geothite and limonite, and the central part of the reticulate textures into amorphous, gel-like limonitic and sometimes silicified yellowish or reddish masses.

Petrographic observation revealed signs of a serpentine-reticulate structure with elements of relict grains (coarse). The rock was found to be completely made up of serpentinite minerals (resulting from full alteration – serpentinization of olivine); there were some occurrences of bastitized pyroxenes (remains of coarse irregular forms of orthopyroxene, >2.5mm in size and often in heaps) and minerals of the spinel group (magnetite, chromite ±secondary magnetite powder). Antigorite was found locally (RJ09), in fissures.

Two types of metallic aggregates were noted: chromite and hematite-magnetite.

The chromite aggregates are grainy, occasionally anhedral, rounded, cataclastic,

always with leached iron and other oxides along the fissures and along the contact with silicate minerals. They were the first to occur in the system, as a product of crystallization differentiation, prior to the deposition of Fe-Mg silicates (olivine and pyroxene). Local fracturing of chromite grains and leaching of Fe products occurred later during serpentinization.

Hematite and hematite-magnetite aggregates were formed solely as a result of alteration of olivine and pyroxene during serpentinization. Hematite is generally developed in a reticulate texture, relicts of femic minerals. Magnetite as an aggregate with hematite occurs in coarse irregular concentrations (several tens of μm) and an aggregate in altered-corroded chromium spinels.

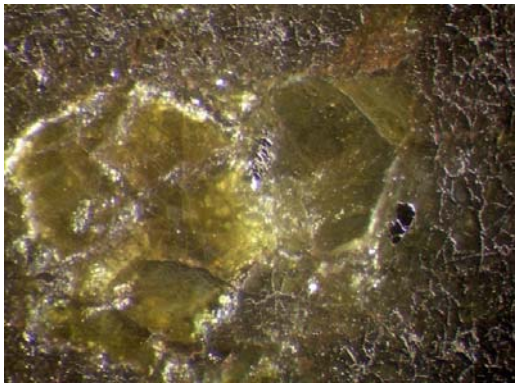


Fig. 4 *Dominant greenish surfaces – bastite; reticulate texture – separation of magnetite and hematite in serpentinite; black allotriomorphic grains – chromites (on the right of this figure). 20x (photo by B. Vakanjac)*

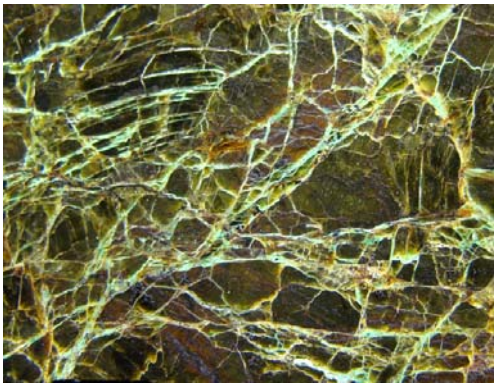


Fig. 5 *Serpentinite with antigorite developed along fissures. 20x (photo by B. Vakanjac)*

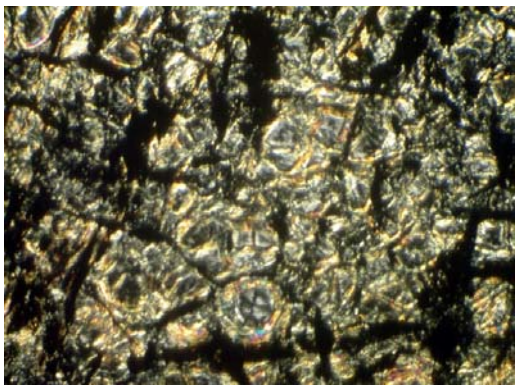


Fig. 6 *Serpentine in the middle of the photograph and relict texture of former olivine, black are metallic minerals, passed light. Obj. 5x+N. (photo by B. Vakanjac)*

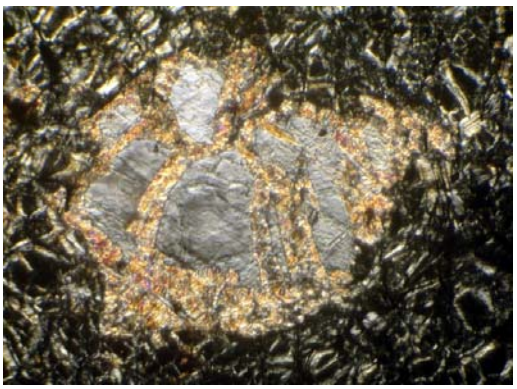


Fig. 7 *Bastite in the middle of the photograph. Obj. 5x+N. (photo by B. Vakanjac)*

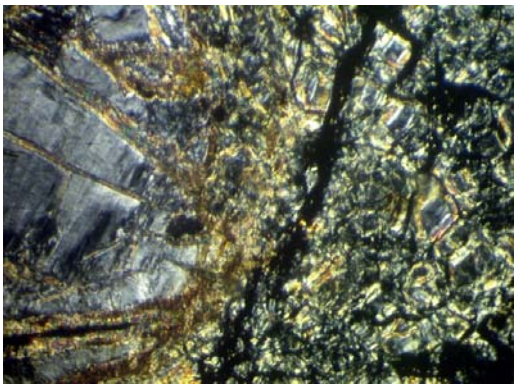


Fig. 8 *Bastite (left), serpentine (right), and separation of magnetite-hematite aggregates (black). Obj. 5x+N. (photo by B. Vakanjac)*

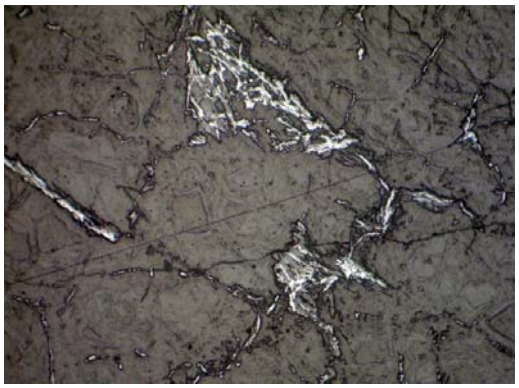


Fig. 9 *Reticulate texture of the separation of Fe oxides, light gray in serpentinite. Obj. 8x//N. (photo by B. Vakanjac)*

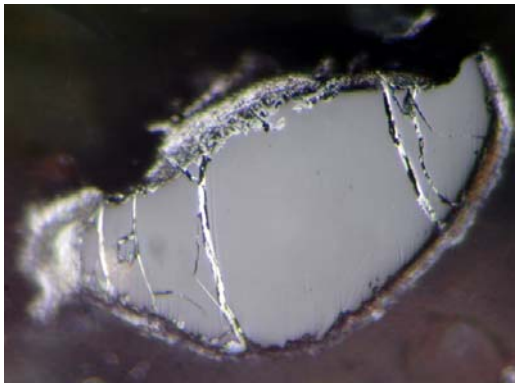


Fig. 10 *Cataclastic, anhedral chromite grain (gray) and leaching products of other oxides – light gray and white. Obj. 50x//N,im, (photo by B. Vakanjac)*

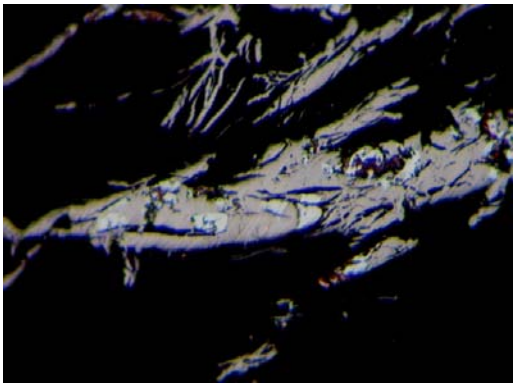


Fig. 11 *Needle-like, elongated angular structures of magnetite – grayish pink, and hematite – grayish light blue; textures of reticulate separations along former olivines. Obj. 50x//N,im (photo B. Vakanjac)*

CHARACTERISTICS OF CHROMITE CUMULATE

The samples were dark gray-brownish to black, interspersed with fissures containing a white filling.

Petrographic preparations revealed elements of a brecciated pattern, marks of a relict reticulate and bent structures (similar to that of serpentine), as well as elements of a crystalline structure.

The samples comprised relatively homogeneous, opaque reddish brown to black substances (mineralization – chromite ±magnetite), intersected by fissures of different thicknesses (0.07 – 1 mm). The fissures were filled with foliated serpentine minerals (antigorite? ±amorphous silica and crystalline carbonate).

A hand magnet registered low magnetism (probably due to different concentrations of powdered magnetite in the opaque rock mass?).Ore preparations revealed gray/light gray to brownish concentrations of cataclazed chromite whose voids were filled withsilicates (probably altered serpentinite material).

This was part of ultramafites/ serpentinites – a cumulate, where a substantial amount of chromite ±magnetite had been concentrated by fractional crystallization.

Table 1. Results of Niton XRF analyses of chromite cumulates

Element	Concentration
Zn	360 - 560 ppm
Cu	190 - 240 ppm
Fe	7.22 – 8.21%
Mn	0.17 – 0.22%
Cr	33.7 – 32.8%
V	690 ppm to 0.1%
Ni	0.14 - 16%

CHARACTERISTICS OF ALTERED (LISTVENITE) SERPENTINITES

The samples were red/reddish-brown/brownish yellow to yellow (always pigmented by limonite material), brittle and with a brecciated structure (non-homogeneous texture). They were locally silicified, sometimes with visible sulfides. There were also local relicts of a reticulate texture and central parts revealed yellowish and white-transparent gel phases, whose texture was reminiscent of former relict olivine forms – reticulate (now completely leached).

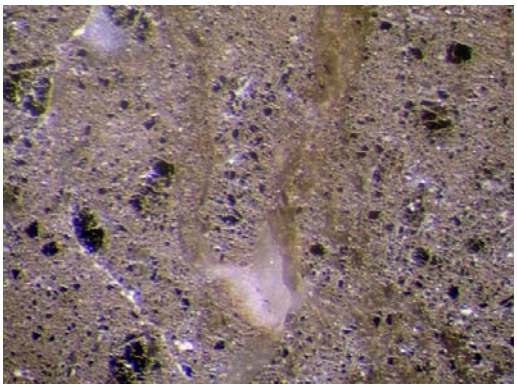


Fig. 12 *Polished surface of a sliced chromite cumulate. 20x (photo by B. Vakanjac)*

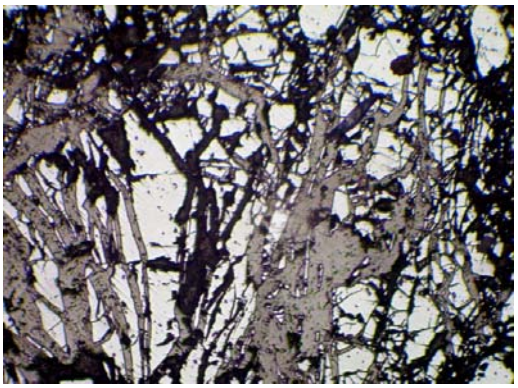


Fig. 13 *Cataclazed allotriomorphic concentrations of chromite – light gray. 20x//N (photo B. Vakanjac)*

Petrographic preparations revealed signs of crypto- and micro-crystalline structures with elements of relict grainy patterns, as well as traces of alteration that permeated the entire rock assembly (argilitization silicification, carbonate minerals ± metallic mineralization), with remnants of foliated serpentine minerals. A black metallic substance (magnetite ±chromite), which generally occurs as an accumulation, acquires, in parts, skeletal to dendrite forms.

The most dominant are Fe oxides and hydroxides and leucoxene. The Fe oxides and hydroxides are a result of transformation along former magnetite (and maybe pyrite). Certain grains feature relict idiomorphic structures. Relict metasomatically-altered grains of chromium spinels were detected. Given that the former femic minerals had been fully transformed, there are no relicts associated with metasomatosis in places of former petro minerals. The sample was intensively altered in multiple stages. The detected rutiles and leucoxene were developed as grains of irregular shapes and the dimensional concentrations were up to 100 μm.

Fig. 14 *Polished surface of a fully altered rock with new quartz, carbonates, chalcedony, limonite and clay minerals. 5x (photo by B. Vakanjac)*

Fig. 15 *Detail from Fig. 15. Relict of characteristic "reticulate" leached Fe oxides, along former olivine, later serpentinized, now fully altered into an opal-carbonate-limonite gel in the central part and limonite-goethite relicts of former magnetite-hematite along the edges – dark brown to black. 20x (photo by B. Vakanjac)*

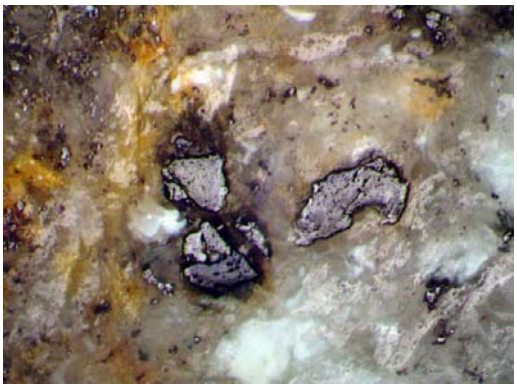


Fig. 16 *Shades of gray in the central part of the photograph are altered former Fe oxides, showing a part of the relict "reticulate" structure top right, which was typical of the samples. The yellowish material is limonite. Obj. 20x//N (photo by B. Vakanjac)*

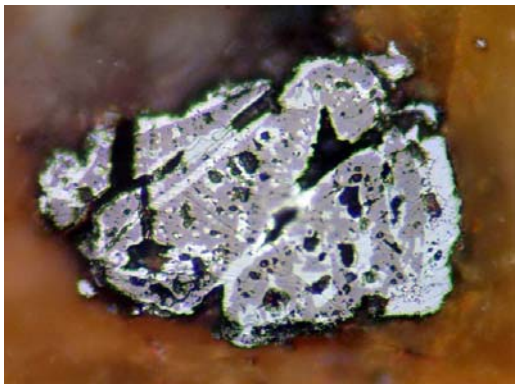


Fig. 17 *Relict grain of chromium spinel. Chromite material is gray and has undergone considerable changes along the fissures. Other less-resistant oxides are partly altered and partly leached by alteration processes (acidic hydrothermal solutions and contact with atmospheric precipitation). Obj. 20x//N (photo by B. Vakanjac)*

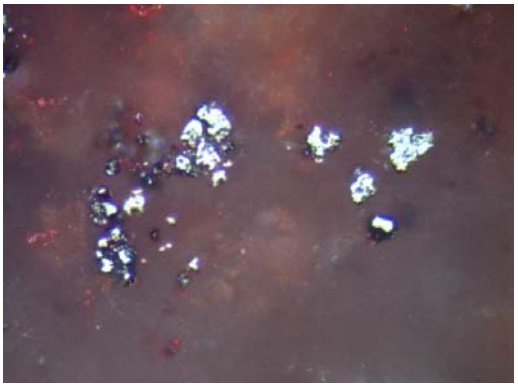


Fig. 18 *Metasomatic separations along a former femic mineral, now goethite. Obj.20x partly+N (photo B. Vakanjac)*

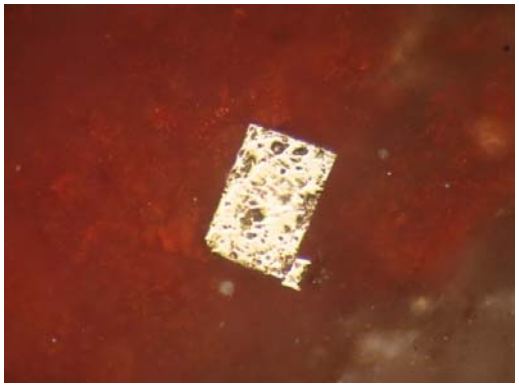


Fig. 19 *Pyrite in a reddish, silicified, hematitic and limonitic fully-altered and subsequently sulfide-mineralized rock. Obj.20xpartly+N*

CONCLUSION

The samples collected from Mt. Jelica show that the serpentine system has undergone a series of tectonic and metasomatic alterations, which included multiple phases of acidic hydrothermal solutions that lead to silicification and, locally, sulfidic mineralization.

The structural systems have also been affected by atmospheric precipitation, which led to widespread oxidation of Fe oxides and serpentinites.

The reticulate texture and the transformations of olivine into serpentine minerals and aggregates of magnetite with hematite are readily morphologically recognizable and resistant, and can thus be tracked through the transformations of the primary serpentinite.

In addition, the studied group of samples plays an exceptional educational role because it is possible to track and observe the alterations and processes that led to their present state.

REFERENCES

Brković T., Malešević M., Klisić M., Urošević M., Trifunović S., Klisić M., Radovanović Z., Božanić M., 1978: Osnovna geološka karta 1:100.000, Tumač za list Čačak, Savezni geološki zavod, Beograd.

Brković T., Malešević M., Klisić M., Urošević M., Trifunović S., Radovanović Z., Pavlović Z., Rakić M., 1970: Osnovna geološka karta 1:100.000, List Čačak, Savezni geološki zavod, Beograd.

Gu, F., Wills, B. 1988: "Chromite - mineralogy and processing". *Minerals Engineering* **1** (3): 235. doi:10.1016/0892-6875(88)90045-3.

Janković, S., 1990: Rudna ležišta Srbije, Izdavač: Republički društveni fond geološka istraživanja, i Katedra ekonomske geologije Rudarsko-geološkog fakulteta, Beogard. p 760.

Luković B., 2015.: Izveštaj o geološkim istraživanjima hroma u Srbiji. Geološki zavod Srbije. s.53.

SASPlanet, OSM, OpenTopoMap

Tomanec, R., Vakanjac, B. 2015: Rudne parageneze sa metodama ispitivanja i atlasom karakterističnih primera, Monografija, Fakultet za primenjenu ekologiju Futura (ed. Jordan Aleksić), ISBN 978-86-86859-45-7, p 363

http://geology.com/minerals/chromite.shtml.

3D MODELING OF SOME COPPER DEPOSITS IN THE REPUBLIC OF MACEDONIA

[1] Todor Serafimovski, [2] Christos Christidis, [1] Dalibor Serafimovski, [1] Goran Tasev, [3] Mitko Ligovski, [4] Igor Ivanovski and [5] Lazar Gjorgjiev

[1]Faculty of Natural and Technical Sciences, University "GoceDelcev"-Stip, , Republic of Macedonia
[2]National and Kapodistrian University of Athens, Faculty of Geology and Geoenvironment, Department of Economic Geology and Geochemistry, Panepistimiopolis, Zographou, 157 84, Athens, Greece
[3] Euromax Resources Skopje, Blvd Partizanski Odredi No.14, 1/2-3, Skopje, R. Macedonia
[4] Genesis Resources Ltd., Lermontova 3/2 Skopje, 1000 Skopje, R. Macedonia
[5] Kaltun Madencilik DOO Skopje, Boulevard Marx and Engels 1-5/2, Skopje, R. Macedonia

Abstract
This paper aims at presenting the 3D models of respective geological settings, deformation structures and geochemical distributions, in terms of better understanding of the related ore-genetic processes and exploration potential. Since the beginnings of mining industry the challenge of mineral exploration is to approach new exploration targets. In that direction, 3D and 4D modelling are the new exploration tools that can help the mineral explorers to visualise, interpolate and interpret geological data, which are critical time- and money-saving methods. In this study 3D-models had been constructed for several Macedonian Cu±Au polymetallic deposits Kadiica, Plavica, Kazan Dol and Borov Dol. Our 3D models were built by mapping geochemical variations in the Move software by Midland Valley for Kadiica Cu-porphyry deposit and Borov Dol Cu-Au porphyry deposit (gives the opportunity to the user to create slices of the 3D grid and take a closer look to the spatial variation of an assay) as well as in Target 3D for ArcGIS system for Cu-Au high-sulphidation epithermal Plavica deposit and Cu vein type deposit Kazan Dol.

Key words: copper deposits, 3D model, software, modeling, valorization

INTRODUCTION

During the last decade and half the extensive detailed geological exploration of particular ore deposits in the Republic of Macedonia took place. As it is already known, the territory of the Republic of Macedonia is a constitutional part of the geotectonic setting of the Serbo-Macedonian metallogenic province, which facilitates the formation of polymetallic mineralisations. This zone hosts many known deposits having been discovered and located in the areas of Kadiica deposit near the Pehcevo, Plavica deposit in the close vicinity of Kratovo and Probistip, Kazan Dol deposit near the Valandovo and Borov Dol deposit near the city of Radovis.
Both software represent a solid basis for modelling of certain copper and gold ore bodies within different deposits (Kadiica, Plavica, Kazan Dol and Borov Dol). Without any doubts a better understanding of the geometry and intensity in 3D will aid further detailed geological exploration at depth for all above mentioned ore deposits and may potentially lead to new discoveries. For each aforementioned deposit were used lithological and geochemical data from exploration drill holes, which allowed construction of the 3D grid that depicts the distribution of each assayed element (Ag, As, Au, Mo, Pb, Zn, Cu). Also, there were created slices of the 3D grid and we were able to take a closer look to the spatial variation of an assay. For the 3D modelling of particular deposits were applied software packages that allow definition of morphological shapes of supposed ore body (ore bodies) at depth, which practically can suggest directions for their further exploration, especially if responsible person(s) decide that the exploration should continue with angled exploration drill holes.

REGIONAL AND LOCAL GEOLOGICAL SETTING

The metallogeny of the southern Balkan Peninsula is determined by the geodynamic evolution of the Tethys-Eurasian metallogenic belt (TEMB) and ancient crystalline massifs (Jankovic 1997). The southern Balkan Peninsula, including the Republic of

Macedonia, is a sector of the central TEMB. The formation of ore deposits was related here to certain chronological stages and geodynamic settings: (I) Late Permian-Early Triassic intracontinental rifting along the northern boundary of Gondwana and/or its already detached fragments; (2) Jurassic intracontinental rifting marked by ophiolitic complex; (3) suprasubduction magmatism; and (4) postcollision (orogenic) continental setting and related formation of various base- and noble-metal deposits (Pb-Zn-Ag, Cu-Au, Au-As-Sb-TI, AuAg). The VZ extends in the NW-SE direction between the SMM and Pelagonian Massif. The SMM is located between the Carpathian Mountains and Balkanides in the east and the VZ in the west. The collision of the African and Eurasian plates was accompanied by closure ofthe ocean and subduction of the oceanic crust beneath the SMM. Deep faults that formed at the time at the active continental margins have important metallogenic implications. Collision, postcollision processes, and Tertiary magmatism were crucial for localization of base-metal ore mineralization. Other important ore-localizing structural elements are volcanic calderas, domes, and dikes. Three variously oriented fault systems are recognized. The first, NW-trending fault system coincides in the strike with major tectonic units. The second and third systems extend in the northeastern and meridional directions, respectively. The third system has important implications for the development of Tertiary magmatism and related iron skarn and porphyry copper mineralization. Volcanic activity progressed beginning from the late Oligocene, and ore mineralization fonned in the Miocene. The geotectonic setting of Serbo-Macedonian Zone (SMZ) facilitates the formation of numerous copper mineralisations (Kadiica, Plavica, Buchim, Ilovitza and Osogovo in the Republic of Macedonia). The SMZ metallogenetic belt consists of strongly deformed metamorphic rocksof Palaeozoic age superimposed by Tertiary magmatic activity. Substantial copper mineralisations and deposits occur associated with acidic stocks of Tertiary age, making shallow intrusions into SMZ Paleozoic metamorphic formations. The mineralized and host-rocks belong to Oligocene-Miocene calc-alkaline complexes of dioritic, granodioritic and syenitic composition. It is likely that the widespread calc-alkaline igneous suites resulted from an anatectic partial smelting of the lowermost continental crust, in post collision activity processes.

Local Geology of Kadiica – Bukovik/Kadiica region.- Bukovik-Kadiica deposit is located in the eastern part of the Republic of Macedonia in a hilly region close to the border with Bulgaria and 2 km northeast of the town of Pehcevo. The deposit can be described as one of a number of dacite plugs of Neogene origin that exist within the SMZ as part of the volcanic complex intruding into Palaeozoic sediments, andesites and gabbros. On a larger scale the Kadiica region is underlain by metamorphic rocks (metadiabases, schists, gabbro, diorite and younger grantoids) of Upper Proterozoic to Palaeozoic age (Tasev, 2010; Tasev et al., 2012). The Bukovik-Kadiica ore district has been located in the most eastern parts of the Besna Kobila-Osogovo-Tassos metallogenic zone (Aleksandrov, 1992; Janković et al., 1995) and has been characterized by complex polymetallic mineralisation. Within the same ore district there were determined ore body systems and intersected dykes of quartz-latites with an absolute age of 24–12 Ma (Serafimovski et al., 2001; Serafimovski T. et al., 2010). According to Singer et al. (2008) the ore of Kadiica deposit has an 1x0.6 km axis dimension and covers an area of 0,5 km^2. The ore veins are also variable, ranging from several centimeters up to 2 m, and rarely over 5 m in size. Investigations done so far have determined about 16 veins of NW-SE to NNW-SSE and ENE-WSW to E-W extension most commonly subparallel to each other. Occasionally they bend and intersect (commonly under a sharp angle) such as ore veins 2, 3, 4, 6 and 7 (Figure 1). Flank branching of main ore veins is common (ore vein 1) which results in formation of apophyses of small dimensions.

Local geology of the Plavica deposit.- As a part of well known Kratovo-Zletovo ore area in general it is characterized with a complex composition of mainly Tertiary volcanic- sedimentary complex imposed on the foundation of the Serbian-Macedonian massif, which represents constituting part of the western Tethyan belt. The district is host to vein-type Pb-Zn mineralisation, Cu-Au stockwork and disseminated mineralisation, and high-sulphidation epithermal Au depo-

stis. The Probistip Formation is comprised of andesitic tuff, sandstone, bituminous siltstone and volcaniclastic breccias. The Probistip Formation overlies the Zletovo Formation, which is composed of ignimbrite, volcanic breccia, and lava flows of dacitic and andesitic composition. The deposit is hosted by a sequence of andesitic to dacitic volcanic units of mixed sub-aerial and sub-aqueous nature, dipping approximately 30° south. Mineralisation occurs within steeply dipping, vuggy silica bodies up to 500 m long, and between 100 m and 150 m wide. At surface, the vuggy silica zones form prominent ridges trending W-WNW. The Plavica contains many of the features inherent in high sulphidation epithermal deposits such are: vuggy silica, advanced argillic alteration, in association with pyrite and sulphides and sulphosalts. High content of gold is associated with silica bodies, (Alderton and Serafimovski, 2007) and the advanced argillic alteration indicates existence of fluids with low pH.

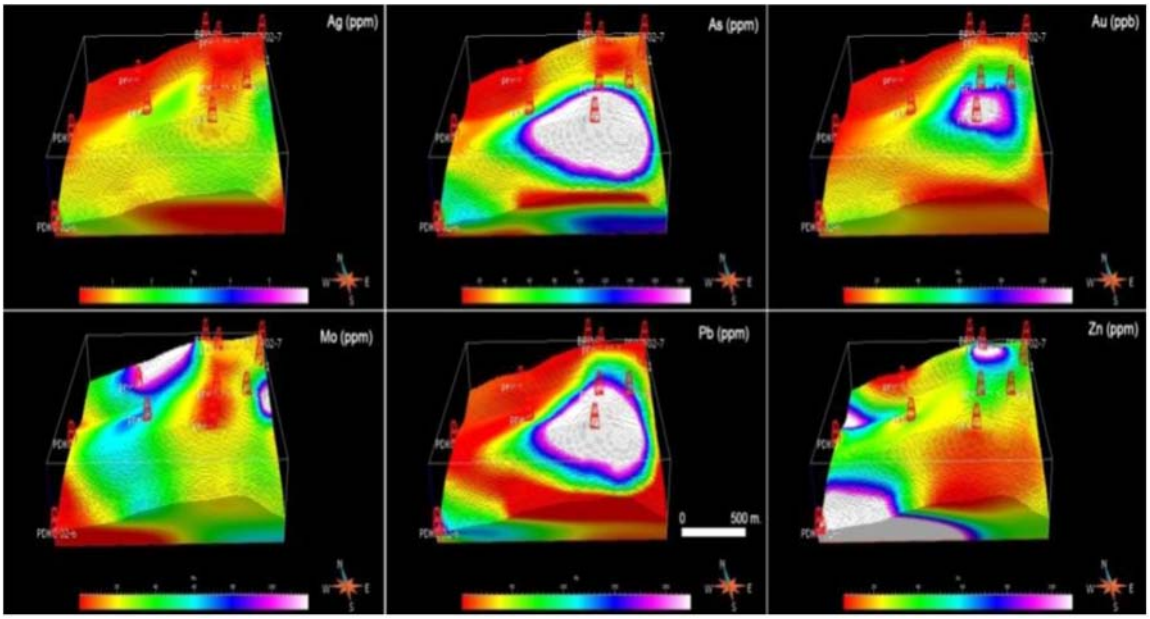
Local geology of the Borov Dol ore deposit.- The Borov Dol orefield is localized at the margin of a volcanic caldera in the southern part of the ore district within the VZ. The NW-trending faults control the Neogene latite and quartz latite dikes, necks, and extrusions. The Borov Dol deposit is related to this volcanic-plutonic complex. The ore-bearing volcanic rocks are metasomatically altered. The volcanic rocks belong to andesite, latite, trachyte, and rhyolite, including transitional varieties. At the Borov Dol deposit, porphyry copper mineralization occurs as a ring around the subvolcanic andesitic body that cuts through older volcanic rocks. The intensely altered volcanic rocks host the ore. Potassic and quartz-sericite alteration are noted at the surface. Down the dip, the orebody morphology is conformable to the andesitic stock. The ore mineralization is stringer-disseminated; ore disseminations (70%) prevail over ore veinlets (30%) (Tudzarov and Serafimovski, 1995). Chalcopyrite as the major mineral in primary ore is accompanied by pyrite, molybdenite, magnetite, gold, bornite and sporadic enargite, famatinite, galena, and tennantite (Stefanova and Serafimovski, 2006).

Local geology of the Kazan Dol ore deposit.- The geological setting in the closest vicinity of the Kazan Dol deposit has been built by Precambrian metamorphic rocks (gniess in westernmost parts of the terrain as well as two-mica cordierite gneiss). Paleozoic products are represented by grey-greenish sericite-chlorite schist in southernmost parts of the area while the Mesozoic has been represented by Furka granites (central and south-eastern parts of the area), quartz and quartzless porphyries (along tectonic lines of NNW-SSE direction), quartz keratophyre and keratophyre. These granites have determined absolute age of 155±5 m.y. by Rb/Sr method, (Šoptrajanova, 1967) and 156±6 m.y. (Borsi et al., 1966). Magmatic rocks as diabase occur southern of the Tarla Tepe hill and are represented with NW-SE extension. At the contact with marble there were determined carbonate-limonitic breccia while at the contact with gneiss, silicification and feldspatization occurred. Preliminary information indicated that at the Kazan Dol locality were determined copper mineralizations in the oxidation zones (Ivanov, 1966) related to the Jurassic granitoids intruded into the crystaline schist, as well as copper veins (Janković et al., 1997) related to chlorite-mica schist that have formed narrow zone. Also, at the Kazan Dol locality were determined typical copper tetrahedrite veins, which define Alpine metallogeny in this part of the Republic of Macedonia (Serafimovski, 1995), as well as impregnations along the crushing zones intercalated with quartz veins (Serafimovski et al., 1997). Localized areas of quartz veining are associated with copper mineralization with individual veins rarely exceeding 150 metres in strike (Čifliganec, 1993). Veins are usually narrow ranging from millimetre stock-work veins to individual veins up to a few metres thick. Primary mineralization consists of rarely observed chalcopyrite and very minor pyrite while locally pyrrhotite, sphalerite and tetrahedrite-tennantite have been reported within narrow veins. Secondary copper minerals are very widespread on the Kazan Dol area. The main oxide copper minerals are tenorite, malachite and locally cuprite, although azurite, native copper, covellite, chrysocolla, limonite and manganese minerals are widespread in the Kazan Dol mineralized area.

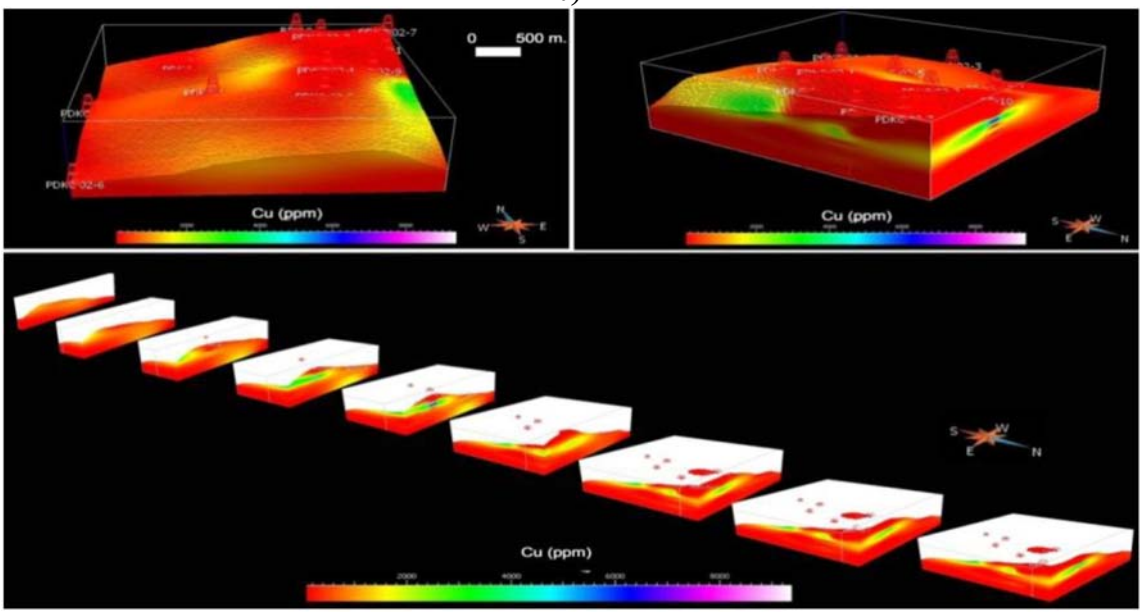
RESULTS AND DISCUSSION

The Kadiica ore deposit.- Using the lithological and the geochemical data from

11 drill holes at the Kadiica deposit, a 3D grid was created that depicts the distribution of each assay (Ag, As, Au, Mo, Pb, Zn, Cu; Fig. 1a). The software gives the opportunity to the user to create slices of the 3D grid and take a closer look to the spatial variation of an assay. From the grid showing the Cu distribution, an ore body with dimensions of 1000 x 600 m and 50 m thick, could be indicated. From the geochemical distributions it could be illustrated that high values of As are followed by high values of Au and Pb and low values of Zn. Different to Au and Pb the Cu mineralization is located at deeper levels. Also, higher-grade Cu mineralization appears in the western part of the main ore body (Fig.1b).



a)



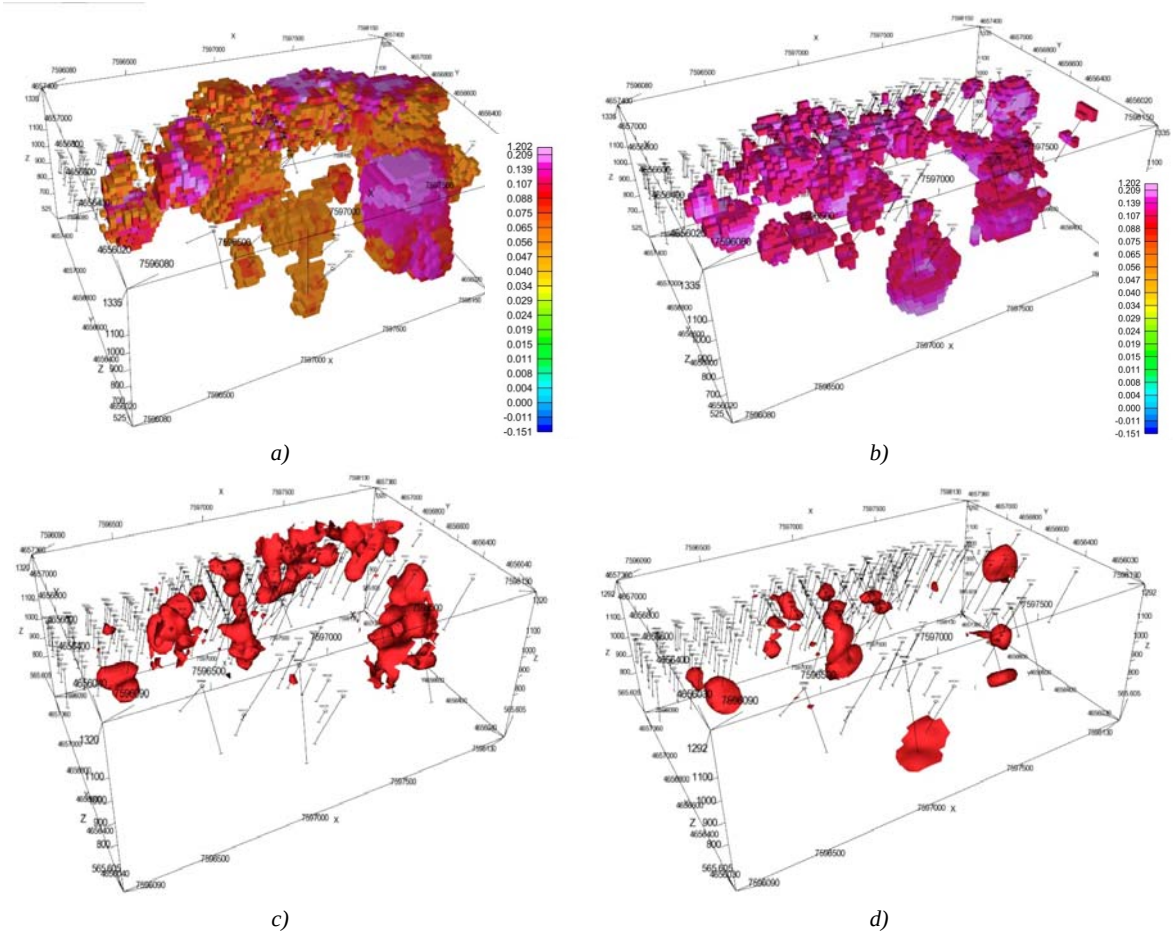
b)

Fig. 1 *a) 3D geochemical distribution in Kadiica deposit for the following assays: Ag, As, Au, Mo, Pb, Zn and b) 3D geochemical distribution of Cu along E-W geological sections across Kadiica deposit.*

The Plavica ore deposit.- A comprehensive and in many ways detailed study conducted at the Plavica, beside geochemistry and geophysics, included respectable array of 195 exploration boreholes totaling 47300 m. We used all the boreholes, including the negative one so we can get more representative situation in the 3D modelling. The study results have shown interesting gold and copper concentrations in certain mineralized

zones, which are the basis for construction of ours 3D model with use of professional computer software package Target 3D for ArcGIS in integration with data in form of MapInfo tables and 2D DXF files. Although mineralisation estimation of domains was modeled based only on metal grade, with definition of cut-off grade and top cut grade values for the Plavica deposit, the ore body was 3D modelled, with respect to intersecting fault zones, overall geological setting and the compositional distribution of metal grades (Figure 2a/b). Setting up the complete 3D geological model of the Plavica ore deposit all available data and sources of information were compared and integrated as it was case with 3D deposits elsewhere (Arvanitidis et al., 2013).

The contours of the ore bodies, both for gold and copper, have shown strong correlation to the fault systems in the area (being of N-S, NW-SE and sporadically SW-NE direction and respectively reflecting their spatial position. Following sound geological reasoning during the creation of the model, a considerable amount of knowledge regarding the mineralized area and the ore body was specifically updated (mineralization extending up to 300 m at depth); some new N-S striking and cross-cutting fault structures were interpreted. For completion of this 3D model two different methods are used. The first is projection using block with help of kriging method and displayed volume through 30 m blocks. Figure 2a represents model of Au with 0.2g/t cutoff grade. Figure 2b represents Cu model with 0.12% cutoff grade.



a) *b)*

c) *d)*

Fig. 2 *a) 3D model of Au (seen from SE); b) 3D model of Cu (Seen from SE); c) 3D model for Au using "solid" display (Seen from SE); d) 3D model for Cu using "solid" display (Seen from SE)*

This 3D model displays visible concentration of Au in the NE part of the deposit. In the western part there is also smaller ore body deeper underground. Looking at this model one can clearly see that Cu mineralization is not connected with Au mineralization. Cu is present through all the area, slightly deeper than Au. We would like to stress out that the actual 3D model of the Plavica polymetallic deposit we can see that it strongly reflects the

geochemical Au-Cu pattern already seen at the geochemical geochemical cross sections (Serafimovski et al., 2014). The second method used for 3D modelling is the method of isosurface where "solid" bodies are formed. In our case we used different cutoff grade for projecting the solid bodies with cutoff grade of 0.4g/t for Au and 0.2% for Cu (Figure 2c/d).

The Borov Dol ore deposit.- After an extensive geological exploration programme at the Borov Dol ore deposit was finished, based on geochemistry, geophysics and exploration data of around 100 exploration drill holes totaling more than 20 000 m we proceeded with construction of an appropriate 3D model. The study results have shown interesting copper concentrations between levels 630m and 300 m, which represents the basis for construction of ours 3D model. The drill holes were selected on positive vs. negative basis and were taken only those that positively contribute to the copper body contouring. When plotted in 3D, the majority of the geochemical groupings have a strong association with the lithologies of the deposit sequence (Figure 3e/f). Newly defined morphological contours of the ore bodies within the Borov Dol deposit basicaly are of stockwork-impregnated type (Figure 3c/d), which in general mimic inverted glass cup or cone that at depth deforms.

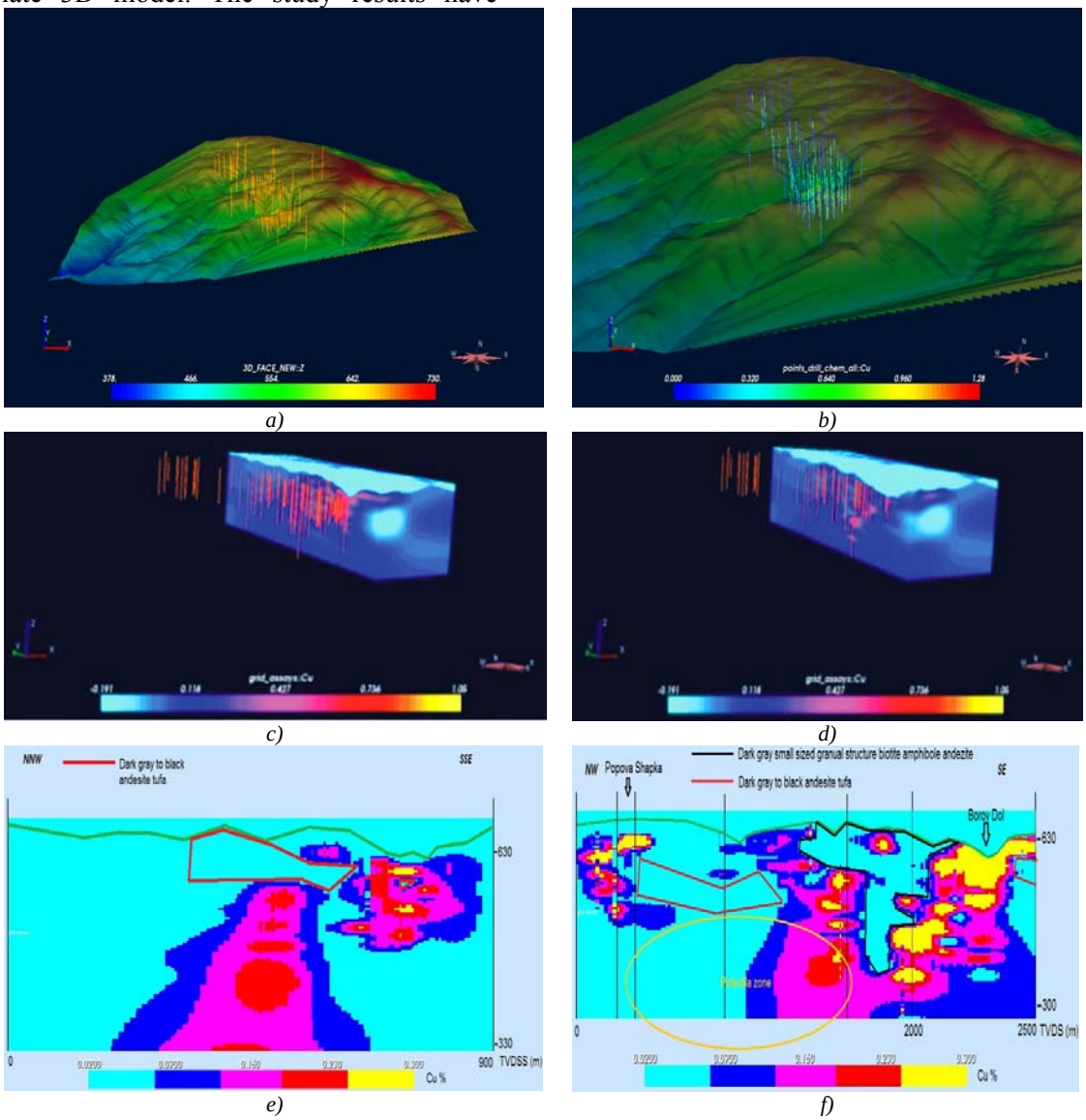
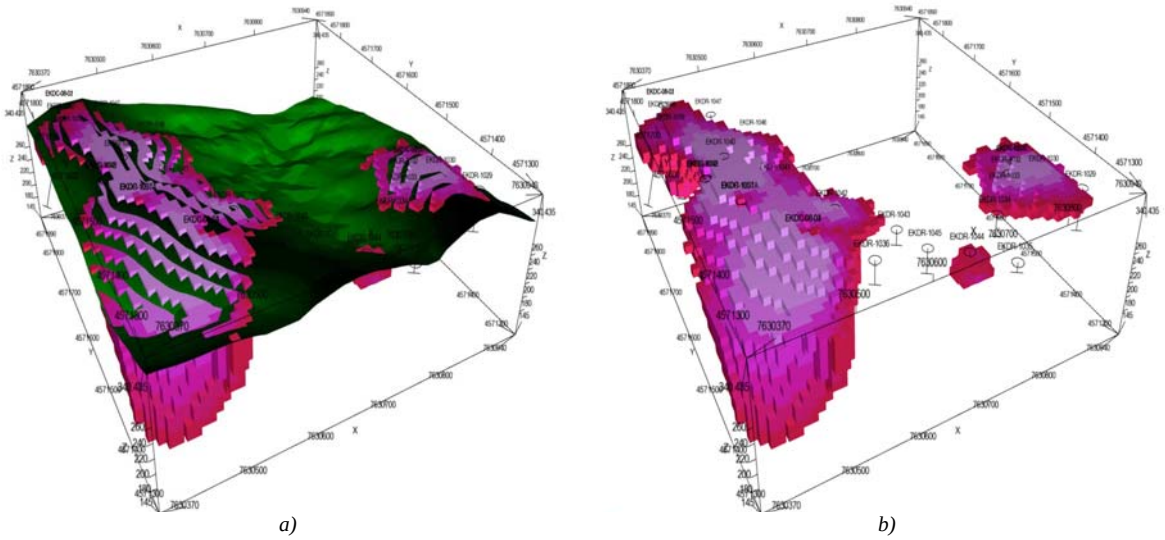


Fig. 3 *a) Surface and the drill holes; b) Variation of copper in the drill holes; c)/d) cross sections from west to south on the grid with the variation of copper; e)/f) cross sections, striking NNW-SSE and NW-SE, cutting through Borov Dol Cu mineralization*

The Kazan Dol ore deposit.- Detailed study conducted at the Kazan Dol locality beside geochemistry, geophysics and exploration trenches included respectable array of 53 exploration drill holes totaling 3442 m with an average depth of 90 m and 3052 samples. The study results have shown interesting copper concentrations in oxidation zones, which represents the basis for construction of ours 3D model. The drill holes were selected on positive vs. negative basis and were taken only those that positively contribute to the copper body contouring. When plotted in 3D, the majority of the geochemical groupings have a strong association with the lithologies of the deposit sequence (Figure 4).



a) *b)*

Fig. 4 *a) 3D model of the Kazan Dol deposit with terrain surface displayed; b) 3D model of the deposit*

The biggest advantages of constructing 3D volumes instead of 2D cross sections is the possibility to define ore grade volume gains and losses of the entire mineralized systems (Chmielowski et al., 2013). Construction of 3D model of this particular ore deposit will be used to constrain key features pertinent to ore genetic models, such as net gains or losses of elements within the entire ore system as well as the source of metals in the deposits as it was mentioned elsewhere (Fisher et al., 2013; Chmielowski et al., 2013). During the creation of the model, a considerable amount of knowledge concerning the mineralization area and the ore body was specifically updated (thickness of more than 160 m); some new N-S striking and cross-cutting fault structures were interpreted, but further investigations are required to determine their metallogenetic relationship to any of the mineralization processes.

CONCLUSION

At the end of this compilation study some conclusions stand out itself. At the Bukovik-Kadiica deposit 3D model suggests Cu distribution (within an ore body) with dimensions of 1000 x 600 m and 50 m thickness. Geochemical distributions illustrated that high values of As are followed by high values of Au and Pb and low values of Zn, while opposite to Au and Pb the Cu mineralization is located at deeper levels.

The Borov Dol 3D model confirmed interesting Cu concentrations between levels 630 m and 300 m, as well as that the deposit basically is of stockwork-impregnated type, which in general mimic inverted glass cup or cone that at depth deforms.

At the Plavica deposit construction of the 3D model have revealed its isometric to lens/lensoid morphology, which swerves and distorts at depth. It has been proved with the 3D model spatial position of gold and copper mineralization within the Plavica deposit between hypsometric levels 1305 and 600 m.

The present exploration at the Kazan Dol continues in the southern parts of the deposit where exist positive Cu and Zn anomalies as a direct reflection of oxidized Cu-veins enclosed in crushing zones. Displayed 3D model defines the spatial position of Cu mineralization in the Kazan Dol deposit between hypsometric levels 340 and 180 m.

REFERENCES

Alderton, H. M. D. and Serafimovski, T., 2007. The geology and genesis of the Plavica copper–gold deposit, Macedonia. *Applied Earth Science* (*Trans. Inst. Min. Metall. B*), Vol. **116,** No. 2, p. 94–105 (2007).

Aleksandrov, M., 1992. Metallogenetic features of the polymetallic ore field Sasa-Eastern Macedonia. Ph.D. Thesis, Faculty of Mining and Geology-Štip, Macedonia, 264 p.

Arvanitidis, N. D., Michael, C., Christidis, C., Weihed, P., Gaal, G., Royer, J. J., Perantonis, G., Bakalis, V. and Ballas, D., 2013. Using 3D/4D modelling tools in exploration for epithermal gold potential areas in Eastern Rhodope zone (Western Trace, NE Greece)-Mineral deposit research for a high-tech world, *12th SGA Biennial Meeting, Proceedings*, Volume **1**, Sweden, pp 58–61.

Borsi, S., Ferrara, G. and Mercier J., 1966. Measures d'age par la methode Rb/Sr des granites filoniens de Karathodhoro (Zones internes des Hellenides, Macedoine Centrale Greece). Proceedings 6th Counceling, part II Geochemistry and ore deposits, pp. 5–10.

Chmielowski, M. R., Jansson, N., Persson, MF., Fagerström, P. and Weihed, P., 2013. 3D geochemical modelling of hydrothermal alteration related to 1.89 Ga VHMS-type deposits, Kristineberg area, Skellefte District, Sweden. *Proceedings of the 12th Biennial SGA Meeting*, Uppsala, Sweden, pp. 66–69.

Čifliganec, V., 1993. Copper Mineralization in the Republic of Macedonia: Types and Distribution Patterns. University "Sts. Cyril and Methodius" Skopje, Faculty of Mining and Geology-Štip, Spec. Issue, 1, 303 p. (in Macedonian with extended summary in English]

Fisher, A. L., Cleverley, S. J., Pownceby, M. and MacRae, C., 2013. 3D representation of geochemical data, the corresponding alteration and associated REE mobility at the Ranger uranium deposit, Northern Territory, Australia. *Mineralium Deposita*, v. **48**, no. 8, pp 947-966.

Ivanovski, T., 1966. Guide for basic geological map, scale 1:100,000, Sheet Gevgelija. Federal Geol. Surv.Belgrade, Yugoslavia, 52 p.

Janković, S., 1997. The Carpatho-Balkanides and adjacent area: a sector of the Tethyan Eurasian metallogenic belt. Mineralium Deposita, v. 32, pp. 426–433.

Jankovic, S., Serafimovski, T., Aleksandrov, M., 1995. The Besna Kobila-Osogovo Metallogenic zone. Geologica Macedonica, Vol. 9, No. 1, 39-50, Stip.

Jankovic, S., Serafimovski, T., Jelenkovic, R. and Cifliganec, V., 1997. Metallogeny of the Vardar zone and Serbo-Macedonian Mass. Symposium-Annual Meeting, Proceeding, Dojran, pp. 29-67.

Serafimovski, T.,1995. Copper Deposits of the Vardar zone SE Europe: Types and Distribution Paterns. International Earth Sciences Colloqvium on the Aegean Region. Izmir,Turkey, Proceed., Vol. II, pp. 623-637.

Serafimovski, T., Tomson, I. N. and Kocneva, N. T., 1997. Alpine orogenic structures and metallogeny in the Serbo-Macedonian massif and the Vardar zone of the territory of Macedonia. Symposium-Annual Meeting, Proceeding, pp. 113-117.

Serafimovski, T., Cifliganec, V. and Tasev, G., 2001. The porphyry Cu-Au mineral deposits related with small volcanic intrusions in the Republic of Macedonia. ABCD-GEODE workshop Vata Bai, Romania. Vol. 79, suppl. 2, pp 114a.

Serafimovski, T., Tasev, G., Blažev, K. and Volkov A., 2010. Major alpine structures and Cu-porphyry mineralization in the Serbo-Macedonian massif. Geologica Macedonica, Vol. 24 (1), pp. 39–48.

Serafimovski, T., Aleksandrov, M., Tasev, G., Stefanova, V., Paterson, J., Stevanović, M., Ristovski, V. and Ivanovski, I., 2014. Elaborate of detailed geological study, with calculation of geological ore reserves, of copper and gold in the Plavica, Kratovo locality. Faculty of Natural and Technical Sciences, University "Goce Delcev" for Genesis Resources International, Skopje, 431 p. (in Macedonian).

Singer, D.A., Berger, V.I. and Moring B.C., 2008. Porphyry copper deposits of the world: Database and grade and tonnage models, 2008: U.S.G.S. Open-File Report 2008-1155, 45p.

Šoptrajanova, G., 1967. Petrological and geochronological characteristics of some granitoids of Macedonia. PhD thesis, Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade, 105 p.

Tasev, G., 2010. Metallogeny of the polymetallic ore-bearing system Bukovik-Kadiica. PhD Thesis, University "Goce Delcev"-Stip, Faculty of Mining and Geology, 206 p.

Tasev, G., Serafimovski T., Stefanova V., 2012. New data of Fluid Inclusions Studies of the Bukovik-Kadiica deposit,Republic of Macedonia. SCOPES Project-Internat.Conference.

Tudzarov, N. and Serafimovski, T., 1995. Geotectonic setting and Metallogenetic features of the Borov Dol Porphyry Copper Deposit. Geologica Macedonica, Stip, Vol. 9, No. 1, pp. 89-96.

THE VRSHNIK ORE BODY A POSSITIVE EXAMPLE FOR EXPLORATION, EXPLOITATION AND FILLING IN THE BUCHIM COPPER MINE, EASTERN MACEDONIA

[1] Kiril Filev, [2] Todor Serafimovski, [3] Lazar Gjorgjiev, [2] Goran Tasev, [1] Mite Mitev and [1] Metodi Stojanov

[1]DPTU Bučim DOOEL-Radoviš, R. Macedonia
[2] Faculty of Natural and Technical Sciences, University "Goce Delčev"-Štip, R. Macedonia
[3] Kaltun Madencilik DOO Skopje, Boulevard Marx and Engels 1-5/2, Skopje, R. Macedonia

Abstract
Within this paper we are pointing out to a positive example of the Vrshnik ore body (as one of the four ore bodies in the Buchim Mine) through three stages of its "life" (exploration, exploitation and partial inner backfilling). Since the early beginnings of the geological exploration of the Buchim deposit, the Vrshnik ore body was given special attention. However, that attention intensifies in the period from 1972 until 2010, when the most detailed data for qualitative-quantitative characteristics of the ore body Vrsnik are given in Study of 2010, where total calculated reserves of about 13 Mt were highlighted while additional mining project confirmed that exploitable will be 9 Mt of ore. The exploitation in the ore body Vrsnik commenced in 2011 and until June 2015 exploitation has ended in the southern part of the deposit at mine level 615/630 m. In this southern part just over 2 Mt of ore were exploited, which created the real possibility that final pit be reclaimed. For the purposes of this reclamation is planned to use so-called solid mine waste. Open surface mine in southern Vrsnik gradually was filled with waste material, which by additional mining project can be stored in a total volume of about 3 million tons.

Key words: Buchim, Vrshnik, exploration, exploitation, filling, copper, gold, porphyry ore

INTRODUCTION

The ore body Vrsnik as a constitutional part of the Buchim ore deposit is the most complex and completely zoned of all four of them. There strictly were distinguished three main ore types: oxide, sulfide and mixed. The oxide ore, that is of major interest within this paper, mainly was developed in shallow or near surface parts, i.e. in the first 20 m from the surface to depth (E660/675), than mixed oxide-sulfide or so-called cementation zone that stretches up to 50m in depth, while below elevation 630 m continues sulfide primary (hypogene) ore. Total quantity of oxide and mixed ore is 5 Mt with an average content of 0,342 % Cu and it represents an important copper raw material for copper leaching facility within the Buchim mine. Total ore reserves within the Vrsnik ore body were calculated at approximately 14 Mt with an average content of 0,305 % Cu..

GEOLOGICAL SETTING AND MINERALIZATION

More than three decades of study of this deposit have shown that it is characterized by a complex mineral assemblage and mineral paragenesis (Cifliganec, 1993; Serafiimovski, 1990, 1993; Serafimovski et al., 1996). Based on data of detailed geological exploration of copper mineralization it was determined that the Buchim deposit consists of four ore bodies: Central, Bunardzik, Vrsnik and Cukar (Figure 1), spread over an area of 10 km^2 (Cifliganec, 1993). The Vrsnik ore body that is located east of Central Ore Body is with an oval shape. The main mineralized part is deposited in the intrusive. The ore body reaches depth of about 80 m, while at the the surface is long 300 m and wide 200 m (Cifliganec, 1993). In the ore body "Vrshnik" were allocated three andesite phases (Cifliganec, 1993). The opinion of several geologists is that andesite breakthrough within the Vrshnik ore body is cross-cut by small and sterile andesite apophyses, which results in uneven mineralization. Andesite breakthrough in the ore body Vrsnik is the largest compared to the other within the deposit and reaches 0.5 km² in area. In the southeastern parts of the Vrshnik ore body occur serpentinite, but they are of small dimensions (1-10 m), which commonly occur along fault zones (Cifliganec, 1993).

The secondary enrichment mineralization is located in the Precambrian rocks while the primary and seconadry mineralizations are located within the andesite. Mineralization witin the Vrshnik ore body has been divided into zones (Filev and Kostadinov, 2008):

1. Oxide zone (oxidation zone): a) Sub-zone of oxide ore; b) Sub-zone of ore leaching; c) Sub-zone of rich oxide ore with content of copper over 1% Cu, this oxide ore contains oxide copper up to 40%, and at the moment it has been leached. At level E675/ 660 m are excavated up to 2.1 Mt of oxide ore.
2. Cemented zone or zone of secondary sulfide enrichment. Oxide-cementation zone in southern parts of the Vrshnik ore body is located in muscovite finely stratified gneiss and ends at level 600. At depth occur poor sulfide mineralization <0,1% Cu.
3. Area of primary ore (hypogene sulfide mineralization) starts, in the northern part of the Vrshnik ore body, at level 630 m and continues into depth.

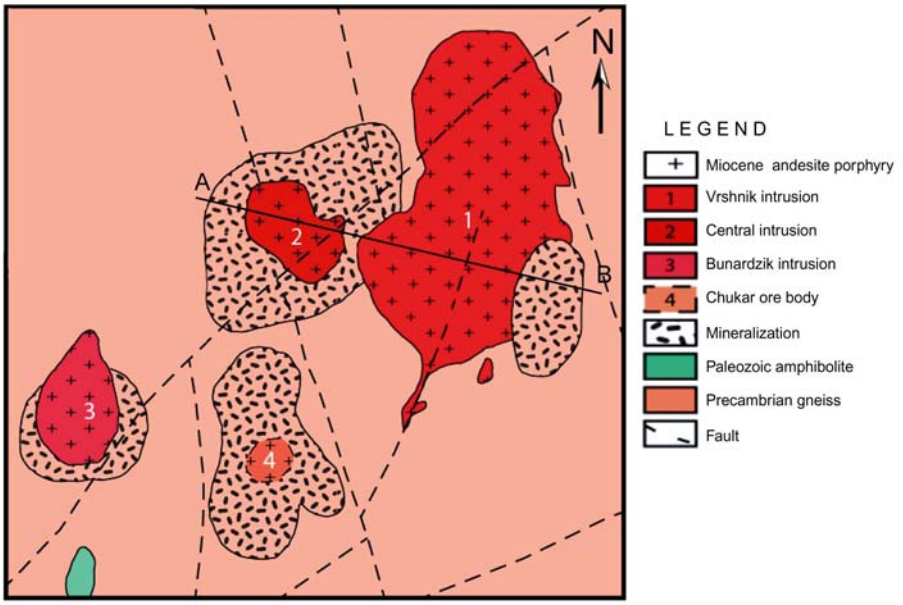


Fig. 1 *Geological map of the Buchim deposit (modified by Serafimovski et al., 1996).*

With all the microscopic studies conducted so far for the Vrshnik ore body were found following metallic minerals pyrite, chalcocite, chalcopyrite, pyrrhotite, magnetite, Fe-hydroxides, covellite, ilmenite, sphene martite, hematite, limonite, cubanite, valeeriite, sphalerite, galena, molybdenite, enargite, anglesite, malachite, cassiterite, bornite, etc., most of which have character of a mineralogical occurrence (Cifliganec, 1993). Unlike in other ore bodies in the Vrsnik ore body particularly distinctive is an appearance of widely disseminating supergene chalcocite and the mineralization is deposited in andesite and partly in gneiss (Cifliganec, 1993).

QUALITATIVE-QUANTITATIVE FEATURES OF THE VRSHNIK ORE BODY MINERALIZATION

From the results obtained for the Vrshnik ore body, especially the exploration drilling by 50 x 50 m and 50 x 33 m grid, was possible to categorize ore reserves into so-called B and C_1 categories. By synthesizing the exploration results following amounts of ore and the degree of geological reserves has been confirmed (Table 1)

Table 1. Geological ore reserves in the Vrshnik ore body.

Cat.	Q (t)	Cu (%)	Au (g/t)	Ag (g/t)	Fe_3O_4 (%)
B	9 459 606	0,327	0,192	0,91	1,32
C_1	4 117 661	0,253	0,157	0,91	1,16
B+C_1	13 577 267	0,305	0.180	0,91	1,27

The results obtained for the Vrshnik ore body, especially with exploration drilling on a grid 50 x 50 m and 50 x 33 m allowed categorization of ore reserves into B and C1 category (Filev and Kostadinov, 2008). Total ore reserves in amount of 13 577 267 t has been calculated down to level 330 m mostly according to a single deep exploration drill hole (ID-31A, 345 m) below the level E

525/510. Mineralization of this drill hole is of high importance for further geological explorations of deeper parts of the Vrshnik ore body (see data left to the Figure 6 below). Concentration of oxide copper in those ores reaches above 20%. During 2011 it was started with special exploitation of oxide ore from the Vrshnik ore body and formation of heap leaching piles, layered by polymer cover at the bottom. The facility for production of cathode copper has been located just below the dump No. 1, and it has been functional since 2012 (Figure 2).

	Ore (t)	Content of Cu %	Cu metal in ore (t)
Rich oxide ore (Cu>0,15%)	3 600 000	0,441	15 876
Poor oxide ore (Cu=0,1-0,15%)	1 800 000	0,144	2 592
Total ore for leaching	5 400 000	0,342	18 468

Fig. 2 *Facility for production of leaching solutes rich with copper.*

During the period of exploitation of this particular ore body there has been has been systematized review and data record by the geological survey of the mine about the exploited ore reserves from the Vrshnik ore body during the period starting from 2011 until June, 2015, when exploitation of oxide ore in southern parts of the Vrshnik ore body officially ended, at level 630/615 m (Table 3).

Table 3. Exploited oxide ore from the Vrshnik ore body with Cu, Au and Ag concentrations at mine levels.

Level	Quantity (t)	Cu (%)	Au (g/t)	Ag (g/t)	Cu (t)	Au (kg)	Ag (kg)
675/690	68 000	0,170	0,11	0,42	116	7	29
660/675	2 100 000	0,362	0,28	0,74	7 602	588	1 554
645/660	1 931 800	0,350	0,28	0,74	6 761	541	1 430
630/645	619 251	0,290	0,10	0,45	1 796	62	279
615/630	200 949	0,280	0,09	0,45	563	18	90
Total	4 920 000	0,342	0,25	0,69	16 837	1 216	3 381

Positive effects can be seen through the data given in Table 4 below, where are shown geological, exploitable and exploited (until June, 2015) ore reserves within the Vrshnik ore body. As can be seen, exploitable reserves projected at 4 700 000 t where increased during the process of exploitation at 4 920 000, which makes an increase of 220 000 t or 4.68% of initial exploitable reserves. This also makes a positive economic benefit to the mine operating company where even at today's low copper prices at ~6300 US$/t that makes a substantial 5 million dollars plus and when calculated additional gold of 276 kg, per 39 US$/gram valued 10 764 000 US$, the whole economic package increases for astonishing ~16 million US$ net value.

Table 4. Total geological, exploitable and exploited ore reserves (until June, 2015) within Vrshnik ore body

Type of ore reserves	Geological ore reserves	Exploitable ore reserves	Exploited ore reserves
Category	$B+C_1$	$B+C_1$	$B+C_1$
Quantity (t)	5 400 000	4 700 000	4 920 000
Cu (%)	0,342	0,335	0,342
Au (g/t)	0,19	0,20	0,25
Ag (g/t)	0,69	0,68	0,69
Cu (t)	**18 468**	**15 745**	**16 837**
Au (kg)	1 026	940	1 216
Ag (kg)	3 726	3 196	3 381

As the exploitation in the southern part of the Vrshnik ore body ceased with over 2 Mt of ore excavated, that created the real possibility that final pit can be reclaimed. For the purposes of this reclamation had been planned to use so-called solid mine waste from the northern part of this particular ore body. With this idea the Buchim Mine Company prepared expert documentation (additional mining project) for refill of the southern part of the ore body Vrsnik. Design of the backfilling space, from geological, mining and environmental aspect allow un-interrupted re-cultivation of former open pit in the southern part of the Vrshnik ore body and it is in accordance with legal regulations in the Republic of Macedonia (Figure 3).

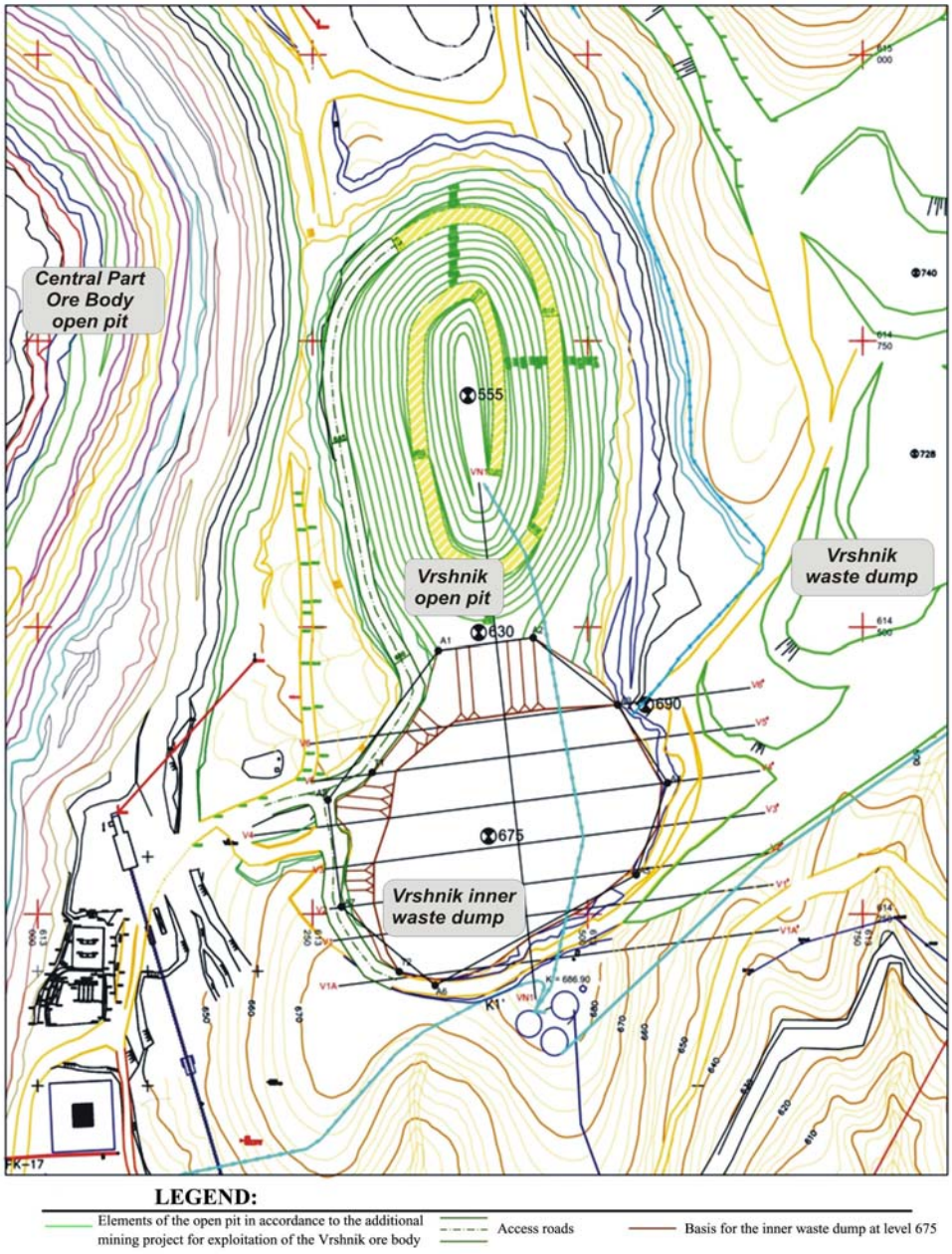
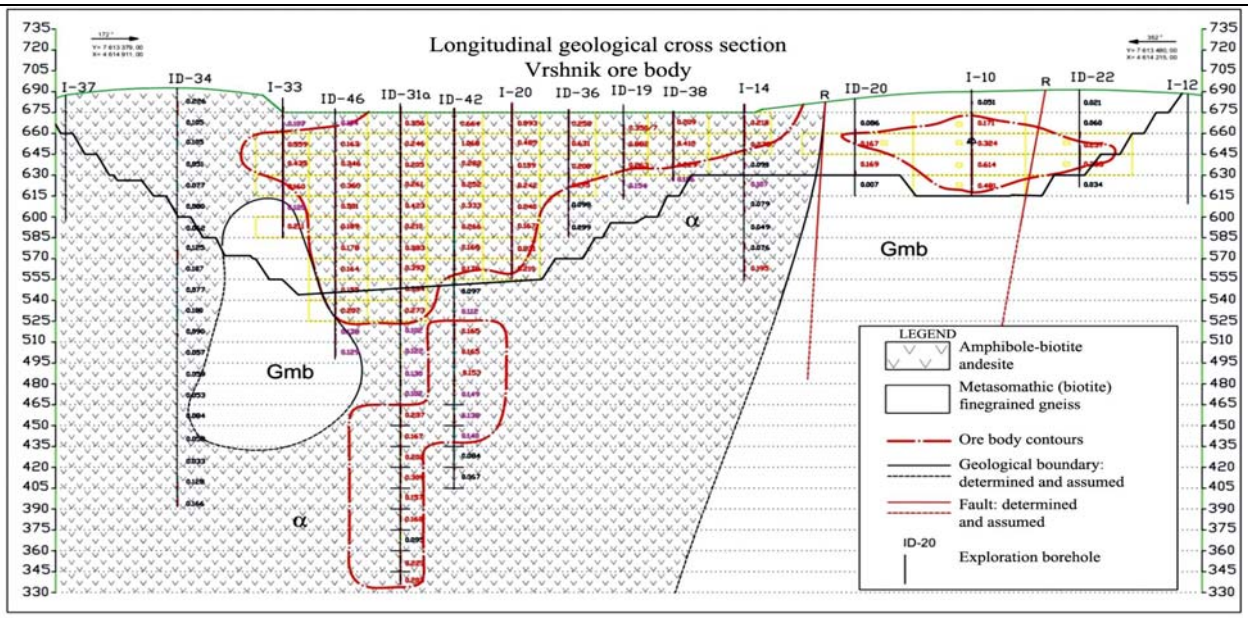


Fig. 3 *Situation map of final contours of inner waste dump within the open pit Vrshnik*

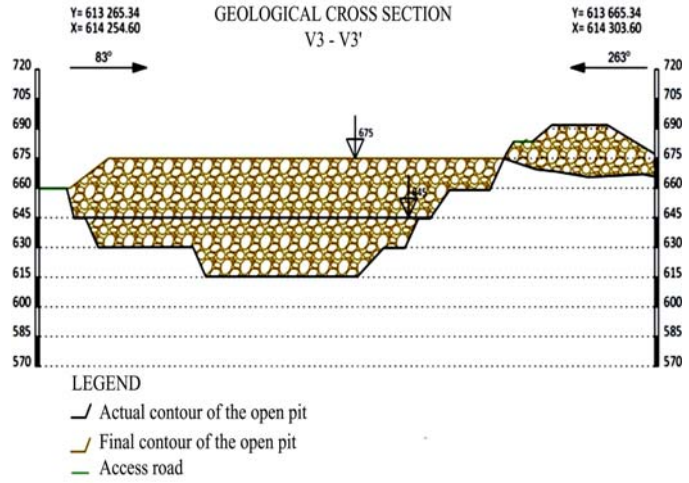
As we already indicated earlier, based on the prepared technical documentation, and as the exploitation of ore from the northern part of the ore body Vrsnik proceeded, waste material from that area was gradually land filled in southern part (former open surface mine of that part of the Vrshnik ore body) and effects were multiplied (Figure 4). By the data stated in the additional mining project there can be stored in a total volume of about 3 million tons of waste material.



a)

b)

c)



d)

e)

Fig. 4. *a) Longitudinal geological cross section through the Vrshnik ore body (including northern open pit-left and southern open pit-right); b) Final exploitation level at the southern open pit-Vrshnik ore body; c) Actual exploitation at the northern open pit of the Vrshnik ore body; d) Geological cross section suggesting how the backfilling would be processed; e) Process of filling the inner waste dump within the open pit Vrshnik (southern part)*

CONCLUSION

From all mentioned above it can be concluded and emphasized that the ore body Vrsnik is a really positive example in the Buchim Mine where for a longer period of time successfully were completed geological research, in the most appropriate timing for the company initiated its exploitation, while after phased completion of exploitation , first south and then the north part of the ore body Vrsnik, phase has started and re-cultivation of the area, ie in this case land fill with solid mine waste or overburden material mainly comes from the north side.

REFERENCES

Filev, K. and Kostadinov, Gj., 2008. Results of exploration of the Vrshnik ore body, Buchim Mine. In: (Eds: Boev, B. & Serafimovski, T.) Proceedings of the First Congress of Geologists of the Republic of Macedonia, Macedonian Geological Society and University "Goce Delcev"-Stip, Ohrid, pp. 211-214 [in Macedonian]

Cifliganec, V., 1993. Copper Mineralization in the Republic of Macedonia: Types and distribution patterns Faculty of Mining and Geology-Stip (Spec. Issue No1). 303 p.

Serafimovski, T., 1990. Metallogeny of the Lece-Halkidiki zone. Doctoral thesis, Faculty of Mining and Geology, Stip, 390 p (in Macedonian)

Serafimovski, T., 1993: Structural-metallogenetic features of the Lece-Chalkidiki zone: Types of deposits and zonation. Faculty of Mining and Geology-Stip, Special issue No. 2, 235 p.(in Macedonian)

Serafimovski, T., Cifliganec, V., Jankovic, S., Boev, B., 1996. Genetic model of the Buchim Porphyry Copper Deposit, Republic of Macedonia. In: Plate tectonic aspects of the alpine metallogeny in the Carpatho-Balkan Region The University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", Sofia, pp. 63-74.

THE OCCURRENCE OF IRON MINERALIZATION IN VICINITY OF OSTENJAK (ARANĐELOVAC), SERBIA

Nemanja Pantelić, Bojan Kostić, Predrag Vulić

University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Đušina 7, 11000 Beograd, e-mail: nemanja.pantelic@rgf.rs; bojan.kostic@rgf.bg.ac.rs; predrag.vulic@rgf.bg.ac.rs

EXTENDED ABSTRACT

In the territory of central Šumadija (Ostenjak near Aranđelovac), "dyes stone" - as the locals named it originally - has been exploited until the 1990's and used in the paint and dye industry. The lack of analytical investigations of the rocks from this occurrence makes this locality interesting for further research. In this study we present new field observations and scanning electron microscope and energy dispersive spectroscopy (SEM-EDS) as well as x-ray powder diffraction (XRPD) data.

A seven meters long and five meters high geological section was studied and three layers were distinguished that differ one from another by the colour, lustre and break. The layers are around 50 cm thick with small side variations and are covered by the Miocene effusive rocks. In the lower part of the section, a powdery yellow-brown layer occurs which was mostly exploited in the past. Above it, a dark yellow-brown coloured silicified layer with distinctive shelly break and glassy luster is situated. The highest member of thise series is represented by a reddish, powdery layer, which was used for red dye production.

Investigation reveals the presence of oolitic grains, which indicates sedimentary origin of this section. Oolitic grains are most frequently elliptically shaped, rarely circular, with size up to 1 mm (Fig. 1a). EDS analyses shows the difference in the chemical composition and reveals their zonary shapes.

Back-scattered electron (BSE) images(Fig. 1b and fig. 2) shows the concentric layers of oolitic grains, where the brighter parts are richer in iron than darker layers which are characterized by higher content of silica. Results of SEM-EDS analyses are presented in Tab. 1. Grains without concentric shapes are generally rare, and they are build up from the mixture of iron and silica, with smaller content of iron. Comparing chemical compositions of oolitic grains and cement, it was found that the cement is richer in iron than oolits.

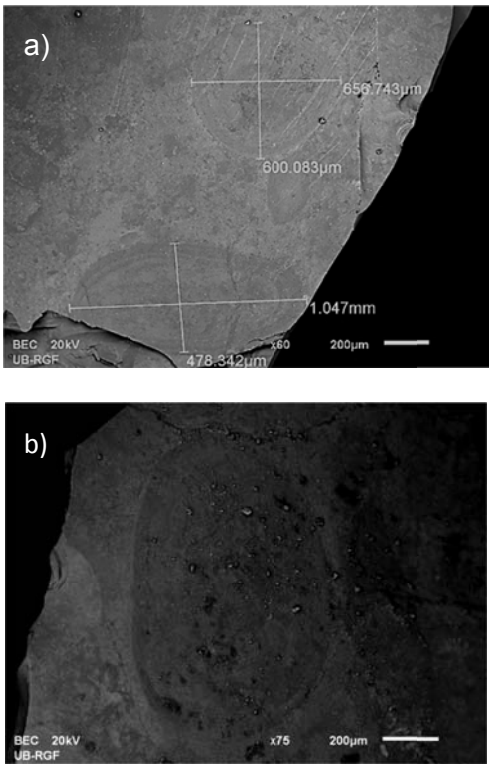


Fig. 1 *BSE images of oolitic grains on break*

The genesis of oolites is not simple, and many hypotheses of its origin exist. According to Protić (1956)material for the iron mineralization probably comes from peridotites. In Mesozoic after obduction the peridotites must have been on the surface and exposed to the weathering. The iron originates from olivine and pyroxene, and transformes into hematite and goethite. Magnesium is completely depleted from lateritic crust. The silica can precipitate into amorphous chalcedony or opal, or remains in the cement.

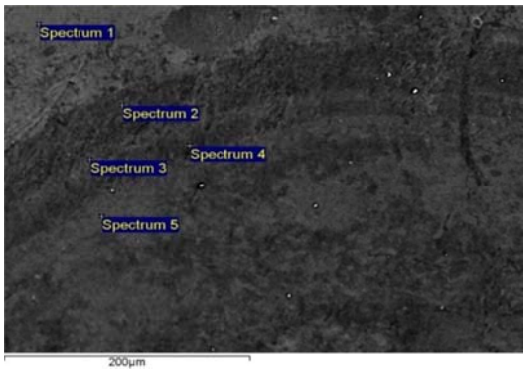


Fig. 2 *BSE image of zonally oolitic grains*

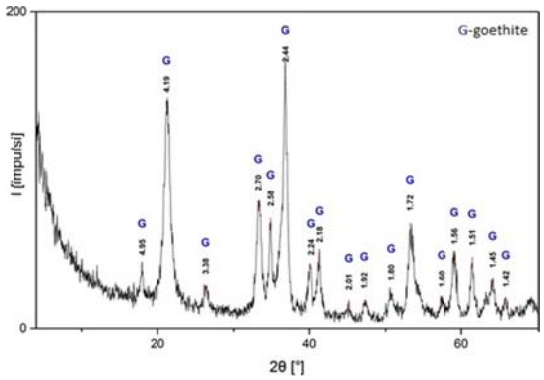


Fig. 3 *Diffractogram of exploited layer*

The XRPD revealed that the lower layer of examined section is dominantly composed of goethite (Fig. 3). This mineral accompanied with amorphous silica composes the middle layer. The upper layer consists of hematite, whereas cristobalite and biotite, which presumably belongs to younger Miocene extrusive rocks, are less abundant.

Our data and oolitic grains reveals earlier hypothesis that this iron mineralization was formed as the product of laterite weathering and reprecipitation. The lateritic protoliths most likely are older than Mesozoic rocks that were later covered by Cenozoic volcanics.

Table 1. *The results of chemical analyses*

	O	Si	Fe	Total
Spectrum 1	26.40	37.70	35.90	100.00
Spectrum 2	34.41	52.91	12.69	100.00
Spectrum 3	37.03	45.35	17.62	100.00
Spectrum 4	41.81	49.58	8.61	100.00
Spectrum 5	38.05	38.25	23.70	100.00

The main focus of further investigations will be to carry out a more detailed mineralogical-petrological study in order to reconstruct the processes responsible for the origin of this iron mineralization.

Key words: SEM-EDS, laterite, XRPD, oolitic grains

ACKNOWLEDGEMENT

The authors are very grateful to Vladica Cvetković and Kristina Šarićfor their constructive comments and support, which significantly improved this paper,and also thanks to SEM-EDS and XRPD laboratories at the Universityof Belgrade- Faculty of Mining and Geology for analyses.

REFERENCES

Protić, M., 1956. Mineraloško-geološka studija oolitnih ruda gvožđa Srbije. Geološki anali Balkanskog poluostrva XXIV 323-392

OVERVIEW OF THE NATURAL PARAMETERS FROM THE GEOLOGICAL-ECONOMICAL EVALUATION OF THE BOROV DOL ORE DEPOSIT, REPUBLIC OF MACEDONIA

[1]Lazar Gjorgjiev, [2]Todor Serafimovski, [3]Kiril Filev and [1]Goran Tasev

[1]Kaltun Madencilik DOO Skopje, Boulevard Marx and Engels 1-5/2, Skopje, R. Macedonia
[2]Faculty of Natural and Technical Sciences, University "Goce Delčev"-Štip, R. Macedonia
[3] DPTU Bučim DOOEL-Radoviš, R. Macedonia

Abstract
Attractiveness of the newly explored Cu-Au porphyry Borov Dol ore deposit gave us an initiative to calculate several important techno-economical parameters, which can define the economic type of this mineralization. Namely, the degree of ore bearing in these types of ore mineralization is variable, but calculation at particular levels and different drill holes gave the more realistic ratio of mixed types of mineralizations within this ore body. Calculated ore-bearing coefficient was 0.78%, meaning that within the ore body boundaries only 22% of mass is not mineralized somehow, which is highly compatible with neighboring Buchim porphyry deposit and its four ore bodies. The calculated value of variation coefficient (V) has shown value of 52% that is in the range of 43-100%, which displays that this ore body belongs to the third group of deposits with uneven mineralization. An average copper, gold and silver concentrations were determined as 0.247% Cu, 0.19g/t Au and 1.34 g/t Ag, respectively. Minimal economic content (MEC) within the Borov Dol ore deposit, as represent of this kind of mineralizations, was determined as 0.204% Cu. In similar manner was calculated the lowest copper boundary, which have shown value of 0.159% Cu and thus allowing certain decrease of contents in the eventual process of exploitation of ore. Also, there were calculated so called copper monometal values, which included influence of the present gold and silver in the ore. Calculated copper monometal was set at relatively fair 0.272% Cu that repre-sents solid mainstay for exploitation of copper in these low percentage ores. Calculated ore reserves in this particular ore body were 60 Mt of ore with 0.247% Cu, 0.19 g/t Au and 1.34 g/t Ag and projected life of eventual open pit mine of promising 12 years.

Key words: Dol, natural parameters, valorization, copper, gold, porphyry ore

INTRODUCTION

The unique Macedonian Cu-Au porphyry deposit Borov Dol is located on the the border between the Serbo-Macedonian massif and the Vardar zone and in terms of metallogeny it belongs to the Lece-Chalkidiki metallogenic zone. The deposit itself is located in eastern central Macedonia, 10 km west of the town of Radovis. Copper and gold occurrences of in the BorovDol locality and its vicinity surroundings were known as early as the 19th century, which is reflected in the remains of old mining and archaeological artifacts found. Old gutters along the Kriva Lakavica river show the presence of gold in the recent alluvium of the River Lakavica. In the period from 1952 until today, the site Borov Dol, its immediate vicinity and the connection of Borov Dol with the river KrivaLakavica, have been the subject of regional and detailed geological surveys and studies that resulted in the definition of copper and gold porphyry type of deposit in the locality BorovDol and the presence of alluvial gold in the drainage systems of Borov Dol and along the river Kriva Lakavica. Contributions to these numerous studies are presented in the works of Ivanov (1982), Serafimovski (1990), Stojanov and Serafimovski (1990), Cifliganec (1993), Tudzarov (1993), Bogoevski (1998), Stefanova (2005), Volkov et al. (2008), Serafimovski et al. (2010), Lehmann et al. (2013) etc..

GEOLOGICAL FEATURES

The Borov Dol deposit is part of the mining region Bucim-Damjan-BorovDol, i.e.it occupies its southern parts. The metallogeny of this ore region is closely related to the evolution of the Tertiary magmatism repre-

sented with subvolcanic-volcanic facies of andesite, latites, quartz latites, trachy-rhyolites etc. which are the product of intermediate to acid calc-alkaline magmatism. Numerous interesting mineralizations of Cu, Fe, Pb-Zn as well as Au mineralizations are related to this magmatism. The geological structure (Fig 1) of the BorovDol deposit, which is quite complex, contains Paleogene, Neogene and volcanogene-sedimentary and volcanic rocks (Serafimovski, 1990; Tudzarov, 1993; Serafimovski et al., 2010; Stefanova, 2015). Paleogene sediments occupy a large part of the terrain and are represented with conglomerates, paleogene flysch and series of tuffites and sands. Conglomerates are heavily modified and built mostly of fragments of gneiss and quartz. Flysch facies is built of thin layers of fine-grained and large-grained sandstone and conglomerates.

Volcanogenic sediment series is built of sandstones, marly sandstone and limestone, and pelitic tuffs and tuffites. Tuffs are determined as andesite and their presence indicates that the volcanic activity is synchronous with sedimentation of paleogenic sediments. Neogenic sediments, which are represented by conglomerates, are built of heterogeneous material dominated by pieces of quartz, crystalline shale and paleogenic sediments. Magmatic rocks are represented by volcanic and subvolcanic facies of latites, quartzlatites and andesites. Andesites in turn, depending on the degree of change and ore amount are divided into: propilitized andesites, hydrothermally altered andesites, hydro-thermally altered and mineralized andesites and andesite lava.

Effusive rocks occur in the form of outcrop and lava. Large porphyritic propilitized andesites, i.e. latites and quartzlatites that occupy most of the terrain, are hydrothermally changed and mineralized. Latites and quartzlatites as products of the older phase hacked with dark grey fine-grained biotite amphibole-andesite which in the form of neck are imprinted in the central part of the Borov Dol circular structure. The magmatism at Buchim–Damjan–Borov Dol occurred between 24.04 ± 0.77 and 24.51 ± 0.89 Ma, as indicated by chemical-annealing (CA)-LA ICP-MS zircon dating (Lehmann et al., 2013).

ORE MINERALIZATIONS

More than three decades of study of this deposit have shown that it is characterized by a complex mineral assemblage and mineral paragenesis (Tudzarov, 1993; Serafimovski et al., 2010; Stefanova, 2015). In the Borov Dol deposit with the latest geological studies was confirmed porphyry type of mineralization localized in coarsegrained hydrothermally altered andesite to latite and around finegrained dark andesite which kind of breakthrough characterize morphological ratio of volcanics and porphyry mineralization within the Borov Dol ore deposit.

Porphyry mineralization is characterized by stockwork-impregnated types of ore mineralization, where within the Borov Dol dominate stockwork impregnations. As we already mentioned the mineralization is of copper porphyry type with representative mineral association of around 40 minerals and mineral phases.

The main ore mineral and bearer of copper mineralization in this deposit is chalcopyrite. As regular association to this mineral occur pyrite, magnetite, and bornite while in the rim parts of the deposit occur galena, sphalerite, tetrahedrite etc, also. Also, within primary sulfide parageneses native gold occur. In central parts of the deposit were determined series of sulphosalts such are enargite, seligmanite, luzonite, tenanntite etc while as secondary sulphide minerals occur chalcocite and covellite. In the deeper parts was determined presence of molybdenite.

Above mentioned features of this ore mineralization gave us an initiative to calculate several important techno-economical parameters, which can define the economic type of this mineralization. Namely, the degree of ore bearing along vertical extent of ore mineralization is variable, but calculation at particular levels and different drill holes gave the more realistic ratio of mineralization within this ore body. Some techno-economic parameters related to the Borov Dol ore deposit can be found in some previous works (Petrov et al., 2014).

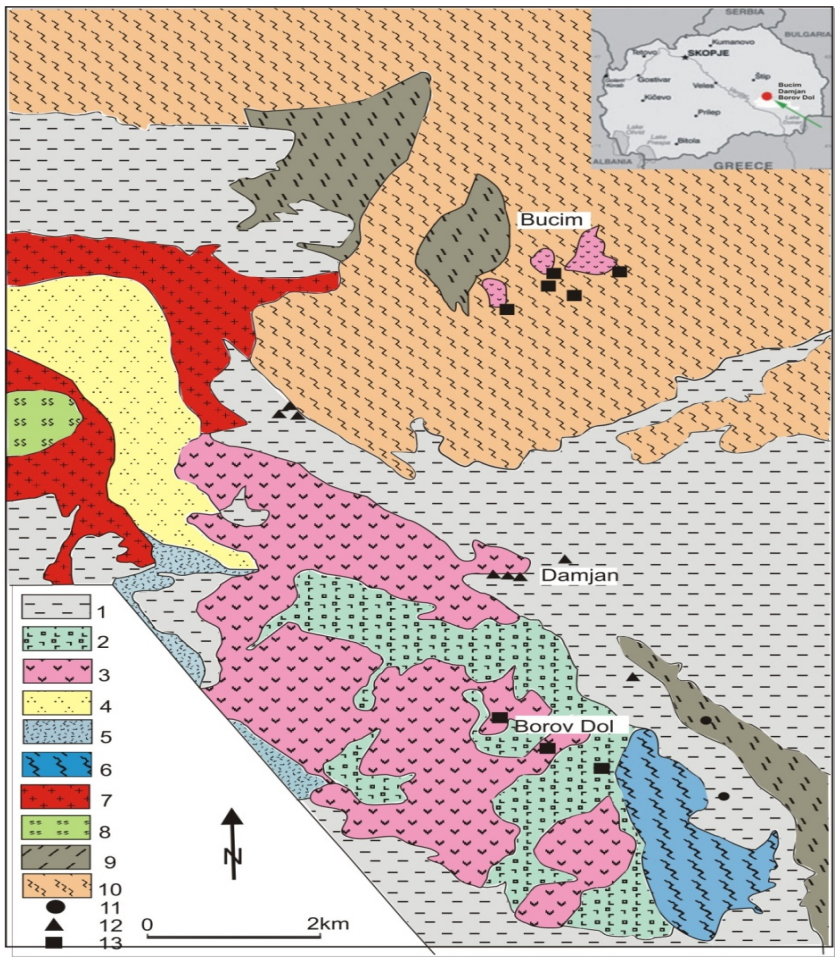


Fig. 1 *Geological setting from Bucim-Damjan-BorovDol ore district (Stefanova, 2005)*
1. Paleogene, neogene quarter sediments, 2. Pyroclasts, 3. Andesite and latite, 4. Cretaceus flysch. 5 Carbontites, 6. Carbonate-schist series, 7. Granite, 8. Serpentinite, 9. Micaschist, 10. Gneiss, 11. Pb-Zn vein type of mineralization, 12. Fe-skarn type of mineralization, 13. Porphyry type of mineralization

TECHNO-ECONOMIC PARAMETERS

Within this chapter we are going to display the major parameters of the techno-economic evaluation of the Borov Dol deposit, which directly are pointing out to a possibility of productive exploitation of copper ore from this particular deposit and possibility to create profit. Here in more details are given results from calculations of ore-bearing coefficient, variation coefficient, average concentrations of major ore metals (Cu, Au), minimal economic concentration, cutoff grade, calculation of mine life as a function of calculated ore reserves.

Ore-bearing coefficient.- The ore-bearing coefficient defines the ratio between the total mineralized area within the ore body and certain poor (waste) zones (content below the limit of 0.15% Cu), within that same ore body. In the Borov Dol ore deposit from the 14 exploration cross sections with 69 drill holes and 6980.7 m of mineralized area, 5421.3 m were mineralized above 0.15% Cu while the 1559.4 m displayed mineralization below the limit of 0.15% Cu, but however significantly over the Clark values. Using the formula given below [10], we have managed to calculate aforementioned coefficient.

$$K_r = \frac{m_1}{m_2} = \frac{5421.3}{6980.7} = 0.78$$

Kr - Ore-bearing coefficient
m_1- Productive interval
(mineralized area >0.15% Cu)
m_2 - Total mineralized interval

This gave us an opportunity to calculate the ore-bearing coefficient of 0.78, which points out that within the defined ore body there are 22% of mass below the accepted minimal

economic concentration of 0.15% Cu. Additionally we would like to stress out that the ore-bearing coefficients throughout all drill holes ranged from 0.4 up to 1.0 while along the exploration cross sections those ranges were slightly narrower, 0.40-0.86.

Variation coefficient.- This coefficient defines spatial distribution of useful mineral components in the the deposit or more precisely how evenly mineralization is represented in the deposit (ore body). In the Vrshnik body's case there were drilled 80 exploration drill holes of which 69 drill holes defined the ore body. In those 69 drill holes were sampled 6416 samples, which have defined an average contents of Cu, Au, Ag and Fe_3O_4. The basic parameters for calculation of variation coeficient in the Borov Dol ore deposit were selected from all the 69 drill holes totaling 3264 m (Table 1).

Table 1. Basic parameters for calculation of variation coefficient in the Borov Dol ore deposit

Дупчотина	N	C^{-} %	$\sum X^2$	δ	V(%)
BD-8	2	0,37000	0,0882	0,29698	80,27
BD-77	17	0,29188	0,1334	0,09129	31,28
BD-4	2	0,19500	0,0025	0,04950	25,38
BD-342	12	0,16767	0,1081	0,09912	59,12
BD-75	4	0,32150	0,1684	0,23694	73,70
BD-341	8	0,18375	0,0123	0,04186	22,78
BD-303	25	0,18408	0,1239	0,07185	39,03
BD-26	50	0,33490	1,4107	0,16968	50,66
BD-304	66	0,21976	0,5904	0,09531	43,37
BD-3	58	0,21190	1,1643	0,14292	67,45
BD-3K	68	0,28000	1,7288	0,16063	57,37
BD-305	54	0,24344	0,6491	0,11067	45,46
BD-27	97	0,23132	1,0283	0,10350	44,74
BD-306	74	0,19768	0,3005	0,06415	32,45
BD-307	15	0,20208	0,3960	0,16817	82,93
BD-352	48	0,21854	0,5760	0,11070	50,65
BD-308	64	0,20306	0,6150	0,09880	48,66
BD-335	100	0,37762	5,2911	0,23118	61,22
BD-309	111	0,32204	1,5021	0,11686	36,29
BD-336	92	0,21200	0,5157	0,07528	35,51
BD-310	80	0,29828	1,2781	0,12719	42,64
BD-345	46	0,19357	0,2714	0,07766	40,12
BD-72	17	0,18718	0,1020	0,07983	42,65
BD-10	18	0,18667	0,3996	0,15332	82,13
BD-10K	65	0,25768	1,3888	0,14731	57,17
BD-312	46	0,24413	0,4820	0,10349	42,39
BD-9	80	0,40800	5,7911	0,27075	66,36
BD-337	96	0,30031	2,5413	0,16356	54,46
BD-29	88	0,29602	2,3766	0,16528	55,83
BD-338	65	0,35415	0,8722	0,11674	32,96
BD-30	75	0,24851	0,7374	0,09982	40,17
BD-319	60	0,22423	0,6048	0,10125	45,15
BD-33	57	0,19989	0,3926	0,08373	41,89
BD-320	112	0,23955	1,3791	0,11146	46,53
BD-6	57	0,24193	0,5507	0,09917	40,49
BD-321	35	0,24749	1,0824	0,17842	72,08
BD-34	35	0,20571	0,5201	0,12368	60,12
BD-322	70	0,22720	0,5492	0,08922	39,27
BD-343	7	0,18500	0,0535	0,10345	55,92
BD-324	60	0,25003	1,0410	0,13283	53,13

BD-325	88	0,18730	0,6272	0,08490	45,33
BD-326	118	0,27441	2,0159	0,13126	47,84
BD-327	5	0,28080	0,0534	0,11559	41,16
BD-17	110	0,24853	1,5314	0,11853	47,69
BD-1	16	0,15688	0,5175	0,18575	118,41
BD-330	31	0,19581	0,2956	0,09926	50,69
BD-37	26	0,19300	0,4340	0,13175	68,27
BD-38	40	0,34795	1,4715	0,19424	82,00
BD-39	16	0,23300	0,0808	0,07338	31,49
BD-40	66	0,17455	0,5466	0,09171	52,54
BD-22	7	0,19800	0,0856	0,11946	60,33
BD-43	16	0,20188	0,0991	0,08126	40,25
BD-18	87	0,26991	2,4937	0,17029	63,09
BD-19	27	0,20163	0,1988	0,08745	43,37
BD-48	8	0,15650	0,0377	0,03740	46,90
BD-7A	34	0,20124	0,3669	0,10545	52,40
BD-51	9	0,16244	0,0754	0,09707	59,75
BD-21	9	0,17644	0,0419	0,07234	41,00
BD-53	6	0,18800	0,0635	0,11273	59,69
BD-54	60	0,18980	0,5197	0,09385	49,45
BD-55	37	0,23989	0,4231	0,10841	45,19
BD-56	76	0,25079	0,5883	0,08857	35,32
BD-60	53	0,16264	0,1423	0,05231	32,16
BD-61	52	0,22631	0,7204	0,11885	52,52
BD-62	37	0,21527	0,3700	0,10139	47,10
BD-63	27	0,23630	1,1771	0,21277	90,05
BD-73	28	0,17293	0,2252	0,09133	52,82
BD-68	24	0,18550	0,1630	0,08419	45,39
BD-69	15	0,20707	0,2630	0,13707	66,20
∑	**3264**	**0,24829**	**54,4473**	**0,12918**	**52,03**

First of all we have calculated an average copper content, as it is given below:

$$C^{-} = \frac{\sum C}{N} = \frac{810.419}{3264} = 0.2483\%$$

N-total number of samples
C-Average copper concentration(Cu%)

Then we have proceeded with calculation of median sqaure deviation and variation coefficient as given below:

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum X^2}{N-1}} = \sqrt{\frac{54.4473}{3263}} = \sqrt{0.0166862} = 0.12917$$

$\sum X^2$ -Sum of square deviations from an average values

δ -medium square deviation

$$V = \frac{\delta x 100}{C^{-}} = \frac{0.12918 x 100}{0.248329} = \frac{12.918}{0.24829} = 52.03\%$$

V-Variation coefficient

The value of 52.03% for variation coefficient is within the range of 32-92%, which points out to an irregular mineralization representative for most of the hydrothermal copper and polymetallic mineralizations.

An average concentration of useful component(s) .- An average concentation of useful component represents the average presence of one or more components within an ore body. By the basic method of calculation of ore reserves within the Borov Dol ore deposit (level blocks) it was determined that for calculated A, B and C_1 category of reserves the average values of useful components are 0.247% Cu, 0.19 g/t Au and 1.34g/t Ag.

Calculating the Minimal Economic Concentration (MEC). – This calculation should provide a clear answer to the question, does the explored deposit or ore body (represented by calculated reserves within) can fulfill the economic requirements for viable exploitation of that ore body. Aforementioned calculation should display, does the explo-

itation will cover all the production costs and in the same time to achieve adequate profit, equivalent to the required cost effective coefficient. Bearing in mind that here we were working with similar conditions as neighboring Buchim deposits, we used Gudalin's formula (Janković and Milovanović, 1985) where have been considered the following parameters: exploitation costs, utilization of the mineral resource, price of the final product or more precisely the final ore product (copper, gold and silver). As we already mentioned, this calculation was performed by the formula:

$$MEC = \frac{100 \cdot S}{Ie \cdot Io \cdot \mathrm{Im} \cdot \left(Co - Sm - \frac{100 \cdot St}{g \cdot \mathrm{Im}} \right)}$$

where:

S-costs of exploitation and processing of 1t ore (Te i To) 9.0 US$/t
r-dillution during the exploitation 3%
Ie- dillution coefficient during the exploitation (1- (*r/100*))
Io-coefficient of extraction during enrichment, 86%
Im-efficiency coefficient during the metalurgical processing, 95%
Co-market price of copper (at the moment of calculation), 6700 US$/t
Sm-costs of metalurgical processing of the final product unit, 1000 US$/t
St-cost for transport per tonne ore concentrate, 30 US$/t
g-concentration of metal in ore concentrate, 20%

$$MEC = \frac{100 \cdot S}{Ie \cdot Io \cdot \mathrm{Im} \cdot \left(Co - Sm - \frac{100 \cdot St}{g \cdot \mathrm{Im}} \right)} =$$

$$= \frac{100 \cdot 9.0}{0.97 \cdot 0.86 \cdot 0.95 \left(6700 - 1000 - \frac{100 \cdot 30}{20 \cdot 0.95} \right)} =$$

$$= \frac{900}{0.79249 \cdot (5700 - 157.895)} = \frac{900}{4392063} = 0.204\% Cu$$

MEC = 0.204 % Cu

Calculated minimal economic concentration displays that for a cost effective production the MEC value should not be lower than 0.204% Cu.

Calculation of monometal.- Ore reserves calculation of the Vrshnik ore body have shown that it is natural product that contains in average 0.247% Cu and associated elements 0.19g/t Au and 1.34 g/t Ag. Comparing those values of useful components with the necessary MEC (0.204% Cu) we may conclude that the ore body have contents higher than the minimal one. In those cases we trying to calculate all present useful components to one monometal (in this case copper). That calculation was performed using transformation factor (*f*) for associated components (Au, Ag) on the basis of Cu expressed as monometal. The transformation factor is calculated as follows:

$$f_{Au} = \frac{C_{Au} \cdot Io_{Au} \cdot \mathrm{Im}_{Au} \cdot Co_{Au}}{C_{Cu} \cdot Io_{Cu} \cdot \mathrm{Im}_{Cu} \cdot Co_{Cu}}$$

C_{Au}-average content of Au in ore (g/t)
Io_{Au}-usage efficiency of Au in flotation process (%)
Im_{Au}-metallurgical usage of Au (%)
Co_{Au} – gold in concentrate (g/t)
C_{Cu}-average content of Cu in ore (%)
Io_{Cu}- usage efficiency of Cu in flotation process (%)
Im_{Cu}- metallurgical usage of Cu (%)
Co_{Au} – copper in concentrate (%)

In that manner we have calculated for the Borov Dol ore deposit:

$$f_{Au} = \frac{0.19 \cdot 0.5 \cdot 0.92 \cdot 45}{2.57 \cdot 0.86 \cdot 0.95 \cdot 20} = \frac{3.933}{40.3598} = 0.097448$$

$$f_{Ag} = \frac{1.34 \cdot 0.31 \cdot 0.5 \cdot 0.9}{2.47 \cdot 0.86 \cdot 0.95 \cdot 6.7} = \frac{0.18693}{40.3598} = 0.004632$$

$$Cu = C_{Cu} + (Cu_{Cu} \cdot f_{Au}) + (C_{Cu} \cdot f_{Ag}) =$$

$$Cu = 0.247 + (0.247 \cdot 0.097448) + (0.247 \cdot 0.004632) =$$
$$= 0.272214\%$$

$$Cu_{monometal} = 0.272214\%$$

The calculation above have shown that useful components calculated to the Cu monometal, is 0.272% Cu, which is higher than the needed one calculated with MEC (0.204% Cu) and in that direction the ore reserves can be considered as economically viable itself.

Cutoff grade.- This grade defined as the level of mineral in an ore below which it is not economically feasible to mine (GS) was calculated after intensive analysis of several parameters such are: dilution coefficient of ore during excavation (L_e=3%), efficiency of usability during enrichment (L_o=86%), efficiency of usability during metallurgical

processing (L_m=95%), cost for enrichment of 1t ore (S_o=7.0 US$/t), transport costs for 1 t of ore concentrate (S_t=30 US$/t), costs for metallurgical processing per unit of final product (S_m=1000 US$/t), market price of copper at the moment of calculation (C_o=6700 US$/t), costs for excavation of 1t of ore and copper metal content in ore concentrate (g=20%). In that manner we have calculated the cutoff grade as follows:

$$GS = \frac{100 \cdot So}{Le \cdot Lo \cdot Lm \cdot \left(Co - Sm - \frac{100St}{gLm} \right)} =$$

$$= \frac{100 \cdot 7}{0.97 \cdot 0.86 \cdot 0.95 \left(6700 - 1000 - \frac{100 \cdot 30}{20 \cdot 0.95} \right)} =$$

$$= \frac{700}{0.97 \cdot 0.86 \cdot 0.95 \left(5700 - 1000 - \frac{100 \cdot 30}{20 \cdot 0.95} \right)} = 0.159\%$$

GS= 0.159% Cu

The calculated cutoff grade takes only copper in consideration although we have gold and silver as valuable components in the Borov Dol ore deposit.

Bearing in mind all the above calculated parameters we have calculated the ore reserves within the Borov Dol ore deposit and corresponding concentrations of certain metals in them (Table 2).

Table 2. Calculation of ore reserves in the Borov Dol ore deposit

Parameters		Category			
		A	**B**	**C_1**	**A+B + C_1**
Commodity	**unit**	6570426	14978665	40803745	62352836
Cu	%	0.291	0.263	0.234	0.247
Au	g/t	0.21	0.21	0.18	0.19
Ag	g/t	1.37	1.22	1.37	1.34
Cu	t	19123	39423	95473	154019
Au	kg	1403	3166	7413	11982
Ag	kg	9022	18306	56069	83397

From the total of calculated ore reserves in the Borov Dol ore deposit in an ammount of 62 352 836 t (A+B+C_1 category) with an average content of 0.247% Cu, 0.19 g/t Au and 1.34 g/t Ag to A-category belong 6 570 426 t with an average content of 0.291 % Cu, 0.21 g/t Au and 1.37 g/t Ag, to B-category belong 14 978 665 t with an average content of 0.263 % Cu, 0.21 g/t Au and 1.22 g/t Ag while the rest of 40 803 745 t with an average 0.234%Cu, 0.18 g/t Au and 1.37g/t Ag belongs to C_1-category.

CONCLUSION

The Borov Dol ore deposit is one of the most important newly explored copper ore deposits in the Republic of Macedonia with with calculated ore reserves of 62 352 836 t (A+B+C_1 category) with an average content of 0.247% Cu, 0.19 g/t Au and 1.34 g/t Ag. The ore bearing coeffiecient was calculated at 0.78, variation coefficient 52.03%, minimal economic concentration 0.204% Cu and cutoff grade of 0.159% Cu. All these techno-economic parameters should have positive effects to the eventual exploitation of this ore deposit, which has capacity of 12 years of mine life.

REFERENCES

Bogoevski, K., 1998. Gold in Macedonia-geology, metalogenic, features, ore occurrences, gold ore deposits and their evaluation. Special Issue No. 7 pp. 249.

Ivanov, T., 1982. Metalogenetska studija na rudniot reon Bucim-Damjan-Borov Dol. Strucen fond na rudnik Bucim, Radovis

Janković, S. and Milovanović, D, 1985. Economic geology and basics of mineral resources economy. Faculty of Mining and Geology, Belgrade, 403 p. (in Serbian)

Petrov, D., Filev, K., Pesovska, S., Trajanov, D., Gjorgjiev, L., Kostadinov, Gj., Ristov, Lj., 2014. Elaborate of detailed geological exploration with calculation of geological

ore reserves of copper ore at the Borov Dol locality, Konce Municipality and Stip Municipality. Geoingeneering-M DOOEL-Skopje for DPTU Borov Dol DOOEL-Radovis, 207 p. (In Macedonian)

Serafimovski, T., 1990. Metalogenija na zonata Lece-Halkidik, PhD, Stip, pp 380.

Serafimovski, T., 1990: Metalogeny of the zone Lece-Chalkidiki. Doctoral thesis, Faculty of Mining and Geology-Stip, 380 p (in Macedonian)

Serafimovski. V., Stefanova, V., Volkov. A. V., 2010: Dwarf Copper-Gold Porphyry Deposit of the Buchim-Damjan-Borov Dol Ore District, Republic of Macedonia (FYROM). Geology of Ore Deposits, Vol. 52, No3, pp 203-220.

Serafimovski. V., Stefanova, V., Volkov. A. V., 2010: Dwarf Copper-Gold Porphyry Deposit of the Buchim-Damjan-Borov Dol Ore District, Republic of Macedonia (FYROM). Geologiya Rudnykh Mestorozhdenii, Vol. 52, No3, pp 203-220.

Stefanova, V., 2005. Eluvijalno-deluvijalni pojavi na zlato povrzani za tercieren magmatizam vo R. Makedonija. Doktoska disertacija, pp.198.

Stefanova, V., Volkov, A.V., Serafimovski, T., Sidorov, A. A., 2015. Native gold of Borovik ore field. Geology of Ore Deposits, Vol. 57, № 2, 2015, pp . 133-137.

Stojanov, R. and Serafimovski, T., 1990: Basic features of the Tertiary magmatism in the Bucim-Borov Dol area. XII Congress of Geologists of Yugoslavia, Ohrid, Vol. 2, pp. 404-423 (in Macedonian).

Tudzarov, N., 1993. Metalogenija na naogalisteto na bakar Borov Dol, doktorska disertacija, Stip pp. 195.

Tudzarov, N., 1993. Metalogenija na naogalisteto na bakar Borov Dol, doktorska disertacija, Stip pp. 195.

Volkov, A.V., Stefanova, V., Serafimovski, T., Sidorov, A. A. R., 2008. Native Gold of the Porphyry Copper Mineralization in the Borov Dol Deposit (Republic of Macedonia). Doklady Earth Sciences, Vol. 422, No. 7, pp. 1013- 1017.

Čifliganec, V., 1993. Copper Mineralization in the Republic of Macedonia: Types and Distribution Pattern. Geol. Dept., Faculty Min. Geol., Spec. Issue, Vol.1., 303 p. (in Macedonian with extended summary in English)

COPPER ORECLASTS OF OLISTOSTROME ORIGIN AT BOR, SERBIA

Ivan Antonijević

Geological survey of Serbia,Rovinjska 12, Belgrade,Republic of Serbia
predrag.mijatovic@gzs.gov.rs

Abstract
Bor area has been explored for copper deposits over hundred years. New large porphyry deposits (Majdanpek, Bor, Veliki Krivelj) were found and worked parallel with the earlier opened ones and the known copper ore of massive sulphides.The explorations also revealed first copper oreclast occurrences and ore blocks, minor ore bodies (± 2.000,000 tons and Cu 4% to 5%).Chaotic deposits of unknown provenance and a variety of pyroclastic materials of the Turonian Bor ore-clast mineralization are provisionally defined as a particular (Upper Turonian-Lower Senonian) sedimentary copper deposit at Bor of olistostrome genesis (Novo Okno, in: Antonijević, 2011).This presentation of the Bor copper oreclasts is based on the following:a. RTB-Borrecords, particularly published geological information and studies (Novo Okno) on ore-clasts and copper ore blocks (Čoka Bare, Kiridzijski Potok, Ujova, Tilva Roš, Novo Okno, etc.); and b. Genetic analogy between the ore and non-ore (andesite) blocks and clasts at Bor and the chaotic block slumps in marine Neogene basins of Sicily, southern Italy, and use of the new terminology (OLISTOSTROME, OLISTOLITHS) by Flores (1956).

Key words: Ore-clasts, olistoliths, olistostrome, Bor, deposits

INTRODUCTION

Chaotic deposits of copper ore-clasts and pyritised nodules associated with pyroclastic materials of the BorTuronian ore mineralisation are provisionally taken in this paper for specific sedimentary copper deposit at Bor of the (Novo Okno) olistostrome genesis.

Similar deposits had been described and mined before more than hundred years (KiridžijskiPotok for one) when this type of copper deposition at Bor was almost unknown.

Genetic aspect of the ore-clast deposits and their metallogeneticclassification are still open to question, even after the discovery and detail study of the Novo Okno ore-clast deposit (1979-1980) south of Bor.

Further exploration of the copper ore occurrences and paragenetic analogies between and correlations with the key referent Novo Okno deposit have confirmed the hypothetic origin and allowed a common description of all Bor ore-clasts (KiridzijskiPotok, Čoka Bare, TilvaRoš, Metovnica, Novo Okno, etc.) as copper deposits of olistostrome origin (Fig. 1).

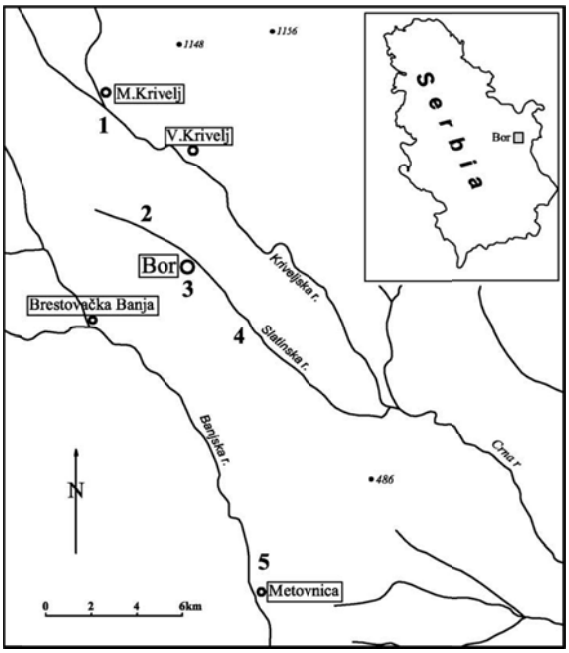


Fig. 1 *Locations of the copper ore clasts deposits (olistostromes) in the Bor area1.Kiridzijski Potok, 2. Čoka Bare, 3. Tilva Roš at Bor, 4. NovoOkno, 5. Metovnica-Rukjavik.*

OLISTOSTROME CONCEPT AND DEFINITION

Adequate terms: Olistostrome and Olistolith for a chaotic deposit or intercalation in normal marine sediments are formulated in a study by Flores (1955, 1959) as follows:

"The Tertiary section in Sicily includes thick clastic 'slump' material intercalated with normal sediments. These clastic intercalations may be classified as stratigraphic units. For these accumulations and for the large exotic masses enclosed in them two new terms Olistostrome and Olistoliths respectively were proposed" (Abstract in: Flores, 1955).

On the basis of the definition given by Flores and on similar interpretations (Načev, 1977, et al.), the olistostrome concept for the Bor copper ore-clasts is defined in the mentioned information (2011) and reads as follows:

"An olistostrome is a sedimentary chaotic formation lacking bedding, composed of cm3-clasts or m3-olistoliths in matrix. It formed by mechanical accumulation of volcanogenic clasts and gravity slumping of semi-fluid pyroclastic rock material down land and submarine slopes, and so on.

"Olistoliths are blocks or fragments of an olistostrome, which vary in size and shape, being mainly oval, ellipsoid to irregular." (Antonijević, 2011, p. 102).

GENETIC MODEL OF ORE-CLAST

The morphogenetic aspect of the ore-clast deposits has been studied on mineral parageneses of the ore clasts and on geology of the chaotic (slump) deposits and olistostrome interpretation of these deposits.

Geological relationship between the mineralisedolistoliths and the igneous clastics in an ore-clast deposit indicates two successive genetic phases:

a. Volcanic Turonian and
b. OlistostromeSenonian.

The former, Turonian volcanic phase includes explosion of the central Bor edifice and breaking up of the older massive copper sulphide bodies and volcanic rocks into blocks and fragments, emergence of ejecta and deposition on land surface.

The latter, Senonian phase embraces downslope slumping of semi-consolidated rocks into the volcanic relief and chaotic mechanical accumulation of ore and non-ore clasts (olistoliths) in the Senonian sea basin (Tab. 1).

Table 1. Genetic model of copper ore-clasts at Bor

Model			Genesis		Mineralisation		Cu Av.%	Epoch
Epislastics	OLISTOSTROME Class C	Sequence II	Ore-clasts Olistolith	Slumps into sea basin	Min. Assoc. C	Olistostrom mineral	0,5-0,2	Lower Senon
	Class B OLISTOSTROME Class A	Sequence I	Olistostrome Ore-clasts Olistolith		Min. Assoc. B		1,9-8,48	
Pyroclastics	Explosive Pyroclasts Vol. brecc. Volcanics Subvolcan. Instrusion	Dikes Volcanic rocks	Discordanc Ore-clasts Pyroclasti Volcanic rocks		Min. Assoc. A		(3-4 Av.%)	Upper Turon
			Subvolcanic rocks	Acumulation on land	Massive Cu sulphide Stockwork impregnation Porphyry Cu	Hydrothermal Bor. m.	0,5-3 0,5-1 0,3-06	Turon

Mineral associations according to the Novo Okno deposit: A, pyrite covellite-chalcocite; B, chalcopyrite-bornite; C, pyrite-chalcopyrite.

ORE-CLAST DEPOSITS

Ore-clast deposits considered in this study are a particular genetic type of the copper mineral of olistostrome origin at Bor. These are located in the KiridzijskiPotok, Čoka Bare, TilvaRoš west, Metovnica-Rukjavik, Novo Okno, etc. (Fig. 1, Tab. 2).

KiridzijskiPotok

The only available reference to the geological records of the RTB-Bor is an interpretation of information on "pyritised nodules" (Janković, 1990, 283-285.).

Ore bodies in this location form chaotic accumulations of pyritisednodules and blocks of massive copper sulphide (olistostrome) ore-clasts with andesite fragments in the Senonianepiclastic host rocks.

Two of these bodies, 10-20 metres thick extending tens of metres east to west, like the Novo Okno deposit, were cut open and mined from a depth of some 150 m more than hundred years ago.

Mineral sequence of the KiridzijskiPotok is fairly simple: pyrite-melnikovite, some chalcopyrite, bornite, energite, etc. and an average copper rate of 2.18%. It may correspond to the mineral association B of the key reference Novo Okno deposit (Tab. 2).

Mineral bodies A, B and C are described in relation to the key Novo Okno copper deposit: A, Pyrite-chalcopyrite-chalcocite; B. Chalcopyrite-Bornite; C, Pyrite-chalcopyrite associations. Ore reserves are inferred, excluding the Novo Okno and Kiridzijski Potok deposits.

Mineral sequences of the Kiridzijski Potok also contain elevated gold and silver, 3.7 g/t and 25 g/t, respectively (Janković, 1990). Average sulphur S^{34} isotope of pyrite up to 3.4 parts per thousand (Drovenik, 1974) is equal to that from the Novo Okno.

Geological records of the RTB-Bor on the groups of nodular ore bodies in the Kiridzijski Potok, drawings in particular (Janković, 1990, pp. 283-284), describe and illustrate the mined ore bodies in 'breccias', block sizes, mineral sequences of association B, etc., which support our concept that the Kiridzijski Potok (Upper Turonian-Lower Senonian) sedimentary deposit was both morphogenetically identical to the Novo Okno copper ore clasts.

Table 2. Copper ore-clast deposits and occurrences in the Bor mineralized area

Location	Type of deposit	Size/Vol. (m/m^3)	Mineral A B C	Average % Cu	Ore (mil.ton)	Copper (ton)	Exca-vated
Novo Okno	Ore body	320x30xx140	+ + +	4.85	2.25	110	mined
Kiridzinjski Potok	Ore body	150xx15?x160	+	2.18	1-2	?	mined
Čoka Bare	Ore clast Olistostrome	400x?x160	+	High	1-2	-	-
Tilva Roš west	Ore nodules or blocks	30x10xx100	+ +	4-6	Inferior	-	-
Metovnica Rukjavik	Nodule Ore-clast	0.5	+ +	High	Inferior	-	-
Grlište	Occurrence	0.3-0.5	+	-	-	-	-
Brestovac	Occurrence	0.2-0.4	+	-	-	-	-

Čoka Bare

Ore clasts of the Čoka Bare North are located, according to Drovenik (1966), in a zone extending about 400 m from east to west, less than 100 m wide. The mineralised area of the Čoka Bare is not smaller than that of the Novo Okno olistostrme ore body, but the thickness, position and depth of the body (broken olistostrome?) in epiclastics of the sequence hornblende-biotite andesite, are uncertain. Drovenik refers to those as pyroclastics (Timocite) from the first volcanic phase.

Mineral deposits include pyrite, chalcopyrite, bornite, digenite and chalcocite, like the chalcopyrite-bornite association B of the Novo Okno ore body. Some of the Čoka Bare ore-clasts contain copper up to 42% (Drovenik, 1966).Average copper content in the Čoka Bare olistostrome 'ore body' is not known.

Morphogenetic parameters of the Čoka Bare mineralised zone (400 x 25? x 100 metres), mineral sequences, high contents of copper, gold and silver, and so on are correlated with the Novo Okno deposit and an assumed minor ore body of some two million tons in the lower, unopened sector of the Čoka Bare olistostrome deposit (Tab. 2).

Tilva Roš

Rich nodules of the massive copper sulphide mineral, between 8 m and 18 m thick and 50 m traced length, are located at the 11th level of the Tilva Roš West deposit at the contact with Senonian epiclastics (Stevanović, 1969).

A two-year exploration report by the Geological Department of Bor (Stevanović, 1967-1968) further reads: " Trial adit 11-78, at level 11, cut through two mineral nodules, one 43-49 m long and about 6 m thick, and the other about 18 m thick, with average copper content from 2.40% to 4.60%."

Genetic mineral sequences of the blocks at level 11 include chalcocite, enargite, covellite, bornite, etc. with a high average copper content between 4% and 6%, which is correlated with the pyrite-covellite-chalcocite association A of the Novo Okno deposit, and possibly also with the small bodies (slumps) of olistostrome derivation (Tab. 2).

It is apparently a mechanical accumulation of copper ore-clasts the location of which at the 11th Bor Mine level preceded the "epochal" discovery of the Novo Okno deposit at least ten years earlier. We were not aware of any subsequent exploration of 'the ore body' at the Tilva Roš 11th level or mining the mineral nodules. These occurrences are not even mentioned in descriptions of the Novo Okno deposit (Janković, 1990, 2002, and Mišković, 1989).Why?

Metovnica-Rukjavik

Copper ore-clasts were located south of Bor in the Metovnica-Rukjavik area and prospected before the exploration of the Novo Okno deposit.

Ore-clast occurrences were found in association with fresh epiclastic breccia of hornblende-biotite andesite. Potential mineral resource of Metovnica-Rukjavik ore clasts has not been ascertained even though the occurrence was explored by trial adits and test wells before the First World War.

Chaotic accumulations of ore-clast rocks near Metovnica were mentioned as the occurrences of copper ore (Janković et al., 1994). Đorđević (1997) takes the Metovnica-Rukjavik ore-clasts for pebbles of ore fragments of the Metovnica Formation.

The source information from the geologic records of RTB-Bor on the Metovnica-Rukjavik copper deposit ore-clasts regretfully is not available to the author of this paper.

Pyritised rocks with chalcopyrite and chalcocite are abundant in the examined fragments (Drovenik, 1966; Đorđević, 1977). Massive sulphides (bornite, chalcopyrite) and porphyry copper ores also are present. Ore-clasts in sizes from a few to 25 cm are angular, coated with malachite or azurite, but no olistolith in habit. Mišković (1989) explored the area of Metovnica copper occurrences and reported ore-clasts from several depth intervals, the lowest one with somewhat elevated copper sulphides, like that of the Novo Okno deposit.

Novo Okno

The best known, prospected and explored from test pits and test holes, is the Novo Okno ore-clast copper deposit of the Bor mineral land (Mišković, 1989).

It was located south of Bor in the seventies of the last century and taken for 'key' copper ore-clast deposit of the olistostrome derivation in the Bor mineral area (Antonijević, 2011).

The deposit Novo Okno is characterized by chaotic structure lacking bedding and by mechanical accumulation of ore and on-ore clasts in the matrix. Some clasts, angular or subangular, from 0.5 m^3 to 50 m^3 in volume, are varied in size and shape as shown in Fig. 2.Geologic section of the Novo Okno deposit shows the underlying hornblende-biotite andesite as the older Turonian rocks (some 90 m.y. by K/Ar method) of the central Bor area (Fig. 2).

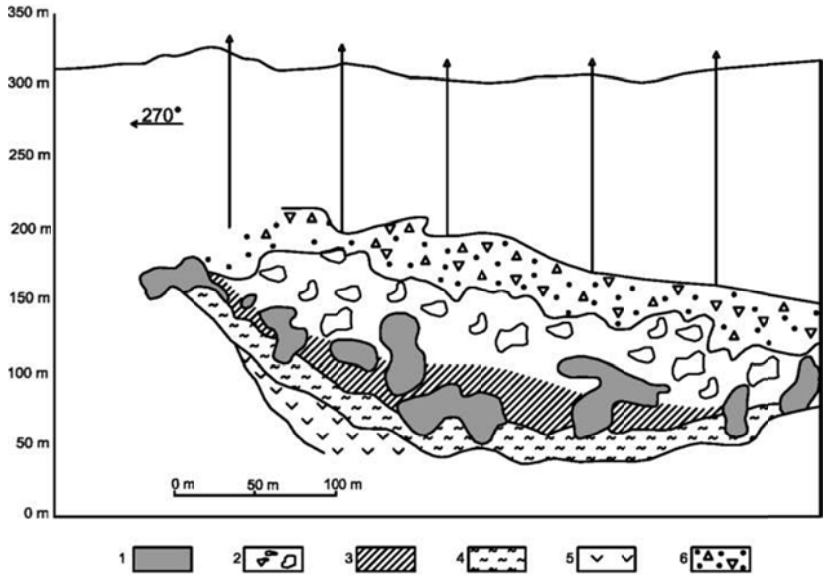


Fig. 2*The Novo Okno ore-clast deposit: 1, Olistoliths Class A; 2. Olistoliths Class B; 3. Matrix; 4. Subjacent pelite; 5. Hornblende-biotite andesite; 6. Superjacent epiclastics.*

Detail laboratory examinations suggested three mineral associations of the ore-clasts, viz.:

- Pyrite-covellite-chalcocite (Olistoliths Class A),
- Chalcopyrite-bornite (Olistoliths Class B), and
- Pyrite-chalcopyrite (ore clasts and small rock fragments).

Average contents of the principal copper, gold, and silver minerals vary (Janković, 1990) from 1.9% to 8.48% Cu, from 2.5 g/t to 24.5 g/t Au and from 2 g/t to 40 g/t Ag (Ass. B).

The Novo Okno deposit (vol. 320x30x140 m), wholly excavated, was a small ore body (2.25 million tons) of massive copper sulphides of high economic value (Mišković, 1989).

Genetic and other aspects of the Novo Okno deposit have been discussed and published (Mišković, 1989; Janković, 1990; Antonijević, 2011, 2014; et al.).

CONCLUSIONS

Study of the available records and publications on the Bor copper ore-clasts lead us to the following conclusions:

Deposits and occurrences of ore-clasts are a particular type of copper mineral bodies of olistostrome derivation. Deposits of this type are the Kiridzijski Potok, Čoka Bare, Tilva Roš, Metovnica, Novo Okno, etc.

The ore-clast provenance from olistostromes suggests an age younger than the Turonian hydrothermal Bor copper minerals.

Genetic aspect of the deposits is considered with respect to the mineral sequences and a geologic correlation of mechanical slumping (the Novo Okno and Kiridzijski Potok ore bodies) and to the olistostrome provenance of the slumps and the terms Olistostrome and Olistolith introduced by Flores (1956).

Correlation between pyroclastic slumping and ore-clast elements of the Bor minerals indicates two genetic phases of the deposit formation:

1. Turonian, volcanic phase, including polyphase volcanic explosions of the central Bor edifice, breaking of the previously formed ore bodies and igneous rocks into blocks and ore fragments, ejection and deposition on land;
2. Senonian phase embraces downslope slumping of smiconsolidated rocks in the volcanic relief (intervolcanic depression) and chaotic mechanical accumulation of ore and non-ore andesite clasts (olistoliths) in the sea basin.

The grounds for the conclusion are the following:

a. Available geological records of the RTB-Bor and published information, analyses and studies of ore clasts and copper ore blocks in general, and studies of the Bor ore-clast deposit of olistostrome provenance in particular.

b. Genetic analogy between the Bor ore-clasts and non-ore andesite blocks in the deposit and the chaotic deposits of mechanically accumulated rocks in marine Neogene basins of southern Italy, and the terms Olistoliths and Olistostrome used for this phenomena under normal sedimentation conditions.

Principal copper minerals in the ore-clast parageneses are massive sulphides of the mineral sequences (A) Pyrite-covellite-chalcocite, (B) Chalcopyrite-bornite, and (C) Pyrite-chalcopyrite.

Salient exploration results discussed in this paper and previously published (Novo Okno) indicate the occurrence of equivalent ore-clast slumps and formation of minor (2-3 mil. tons) ore bodies with a high copper content all over the mineral lands (Tilva Roš for on) of Bor, between Mali Krivelj in the north and Metovnica in the south (Fig. 1).

Physical analogy between these deposits and the key ore-clast deposit of Novo Okno, genetic mineral sequences, high copper content and the like are the challenges for further prospecting and exploration of similar ore bodies at Bor.

REFERENCES

Antonijević, I. 2011. The Novo Okno Copper Deposits of Olistostrome Origin, Bor, Eastern Serbia. Geološki anali Balkanskog poluostrva, 72: 101-109, Belgrade.

Drovenik, M. 1993. Contribution to the Study of Ore Clasts from the Novo Okno Orebody in the Bor Copper Deposit. *Geologija*, 35: 287-318.

Drovenik, M. 2005. Origin of the Bor and Other Copper Deposits in the Surroundings, Eastern Serbia. *Razprave IV razreda SAZU,* 46: 5-81.

Đorđević, M. 1994. Pyroclastic and Epiclastic in "the First Volcanic Phase" of the Timok Eruptive Area (in Serbian). *Geološki vesnik*, Ser. A, B, Geology, 46: 291-311.

Đorđević, M. a. M. Banješević, 1997. *Geology of the Timok Eruptive Region South* (in Serbian), 171 pp. Savezno Ministarstvo za privredu, Beograd.

Đorđević, M. 2005. Volcanogenic Turonian and Epiclastic Senonian in the Timok Magmatic Complex between Bor and Tupižnica Mountain, Eastern Serbia. *Geološki anali Balkanskog poluostrva*, 66: 63-71.

Flores, G. 1959. Evidence of Slumping Phenomena (Olistostromes) in the Areas of Hydrocarbon Exploration in Sicily. 5th World Petrol. Cong., New York, Proc., sec. 1.

Janković, S., R. Jelenković, D. Koželj, 2002. *The Bor Copper and Gold Deposit*, 298 pp., Mining and Smelting Basin Bor (RTB Bor), Copper Institute Bor (CIB), Bor.

Mišković, V. 1989. Genesis of the Novo Okno Copper Deposit, Eastern Serbia (in Serbian), Unpublished PhD dissertation, 189 pp. Faculty of Mining and Geology, Univ. of Belgrade.

Mišković, V. 1995. Distal Copper Deposit Novo Okno: A Special Type of the Massive Sulphide Deposit in the Carpatho-Balkan Metallogenic Belt. XV Congress of the Carpatho-Balkan Geological Association, 4 (2): 789-793, Athens.

Nachev, J. 1977. Olistostromes in the Tithonian Flysch of Bulgaria (in Bulgarian, English Summary). *Review of the BulgarianGeological Society*, 37 (1): 43-52.

Stevanović, O. 1969. Results of Two-Year Exploration in the Bor Copper Deposit (in Serbian), Zbornik radova IX, Rudarsko-metalurški fakultet i institut za bakar, Bor.

Трет Конгрес на Геолозите на Република Македонија
Third Congress of Geologists of Republic of Macedonia

РЕЗУЛТАТИ ОД ПРЕЛИМИНАРНИТЕ ПРОСПЕКЦИСКИ ИСПИТУВАЊА НА ЗЛАТО ВО АЛУВИОНОТ НА ПЕКЉАНСКА РЕКА, ВИНИЦА

[1]Виолета Стефанова, [2]Марин Александров, [1]Тодор Серафимовски, [1]Горан Тасев, [1]Војо Мирчовски

[1]Факултет за природни и технички науки, Универзитет Гоце Делчев, Штип, violeta.stefanova@ugd.edu.mk
[2] Резервоар Минералс Македонија - Скопје

Абстракт
Во овој труд се прикажани резултатите од добиените испитувања на алувионот на Пекљанска река со примена на шлиховската проспекција. Испитувањата покажаа присуство на златни агрегати. Се извршија испитувања на хемискиот состав и на морфолошките карактеристики на алувијалното злато. Резултатите покажуваат дека станува збор за восокопробно злато кое се карактеризира со содржина на злато од 93-99% . Од примесите застапено е среброто со содржини од 0.3 до 8%, жива од 0.16-4.96%, железото со содржини од 0.1 – до 1.36% и бакарот од 0.2 до 0.7%. Телурот и арсенот се многу малку застапени во некои примероци. Од морфолошките форми застапени се неправилни издолжени форми и округли форми со заоблени рабови. Големината на златните агрегати се движи од околу 400 до околу 900 микрони.

Клучни зборови: шлиховска проспекција, алувијално злато, хемиски состав, морфолошки форми,

ВОВЕД

Ширум светот вршени се многубројни испитувања на алувијалното злато од аспект на микрохемиските карактеристики како и морфологијата на истото со цел откривање на примарниот извор на алувијалното злато (Chapman et all, 2000,2010, 2011; Florencia et all, 2004; Knight et all, 1994, 1999; Nakagawa et all 2005, Towenly et all 2005; Tishcenko, 1981; Dumula et all, 2001, Mortensen et all, 2004, 2005; Moles et all 2011; и др).

Елувијално-алувијалното злато кое несомнено носи дел од белезите на ендогеното злато, многу малку е истражувано во Македонија и може да се каже дека ваквите испитувања се на почеток.

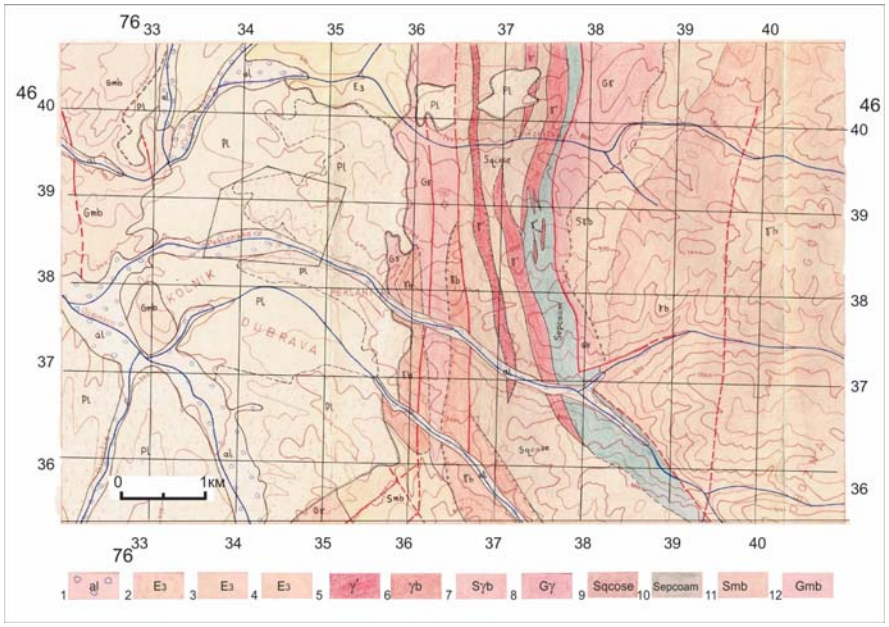
Постојат мал број на литературни податоци за хемискиот состав и морфолошките карактеристики на алувијалното злато. Првите вакви истражувања направени се на златни агрегати од неколку локалитети во кои со претходни истражувања е утврдено присуство на ендогена минерализација на злато (Stefanova et all., 2007, 2013, 2014, 2015; Volkov et all, 2008, Kovacev et all, 2007 I dr.). Меѓу истражуваните локалитети е и алувионот на Пекљанска река, со цел одредување на морфолошките форми на златните агрегати и нивниот хемиски состав.

Земени се 12 шлиха од кои во шест беа пронајдени вкупно 19 златни агрегати. Исто така беа земени и 10 проби од стрим седиментите.

ГЕОЛОШКА ГРАДБА НА ПОШИРОКАТА ОКОЛИНА НА ПЕКЉАНСКА РЕКА

Во поширокаата околина на теренот кој го дреднира Пекљанска река влегуваат квартерни, плиоценски и палеогени наслаги на чакали песоци, суглини, потоа палеозојски катаклазирани, крупнозрнести гранити. Камбриумот е претставен со гнајсеви и шкрилци а прекамбриумот е претставен со микашисти и гнајсеви. (Сл. 1).

Појавите на злато се поврзани за горно плиоценската серија на песоци и чакали кои се појавуваат по долината на Пекљанска река, Драгобрашка река и Осојница. Дебелината на овие литолошки членови варира од 6-10 м.



Слика 1. Геолошка градба на околината на с. Пекљани-Виница:1. Алувиум, 2. Чакали и песоци, 3. Глини, суглуини и песоци, 4. Песочни глинци и лапорци, 5. Катаклазирани гранит порфири, 6. Едрозрни биотитски гранити, 7. Ушкрилени едрозрни биотитски гранити, 8. Ортогнајсеви, 9. Кварц хлорит серицитски шкрилци, 10. Микашисти, 12. Дволискунски тракасти гнајсеви

Претходните истражувања кои се вршени на овој терен укажуваат на присуство на злато со ниски содржини но доволни за да бидат основа за понатамошни проспекциски истражувања.

ПРИМЕНЕТА МЕТОДОЛОГИЈА

На овој терен беше извршена шлиховска проспекција по течението на Пекљанска река поточно по долното течение на реката до вливот во река Осојница. Добиениот материјал се испираше со класично испирање со употреба на карлица по што добиениот црн шлих се подложи на понатамошна лабораториска обработка. Најнапред со магнет рачно се изврши издвојување на магнетичната серија и се пристапи кон преглед на материјалот со електронски стереоскоп-бинокулар. Златните агрегати се издвојуваа рачно.

За да се утврдат морфолошките карактеристики на златото беше користен сканинг електронски микроскоп (CEM). Анализите се извршија во лабораторијата за електронска микроскопија на Универзитетот во Штип на инструмент од типот VEGA3 LMU. Еталоните се на TESCAN. Специфичните услови на работа се: -Tension 20 keV;Test Method: EDS; -Type of analysis:Quantitative - X-act: 10mm2 (Slicon Drift detector); -Max resolution125EV; - Resolutionof MnKα, FKα,CKα according to ISO/TS 10798:2011.

ХЕМИЗАМ НА ЗЛАТНИТЕ АГРЕГАТИ

Златото во природата најчесто се појавува како самороден метал иако често во хемискиот состав влегуваат многу варијабилни количини на некои други метали пред се сребро, но исто така и жива, бакар и паладиум. Многу истражувачи ја испитувале врската меѓу составот на алувијалното злато и потенцијалниот извор. (**Chapman, et. All., 2001).**

Може да се каже дека постојат различни толкувања по однос на хемизмот на златните агрегати и можноста за врската меѓу хемизмот и изворот на златните агрегати.

Chapman и др. 2010 сметат дека испитувањата на хемискиот состав може да се користи за корелација меѓу хемизмот на примарното злато и поточното злато но и за одредување на типот на минерализација. Овие истражувачи сметаат дека златните агрегати со тесен ранг на хемиски состав укажуват на орогено потекло така што може да има преклопување на хемизмот на златото од различни извори.

Испитувањата на хемискиот состав на златото од Пекљанска река (Табела 1) покажаа дека станува збор за самородно злато кое според чистота спаѓа во групата на

високопробно злато (Захарова и др 1994). Може да се каже дека златните агрегати покажуваат униформа –еднаква распределба на златото. Среброто како примеса се среќава во поголем број од испитуваните златни агрегати со содржини 0.8 до 8%.

Табела 1. Хемиски состав на златни агрегати од Пекљанска река

примерок		Au	Ag	Fe	Hg	Te	Cu	As
P-1/1	центар	93.19	6.81	-	-	-	-	-
P-1/2	центар	97.97	1.75	0.28	-	-	-	-
P-1/3	центар	91.66	8.05	0.29	-	-	-	-
P-2/1	центар	95.04	-	-	4.96	-	-	-
	обод	99.56	-	0.44	-	-	-	-
	Средна вредност	**97.30**	**-**	**0.44**	**4.96**	**-**	**-**	**-**
P-2/2	центар	96.63	2.55	0.28	-	-	0.53	-
	обод	98.22	2.55	0.20	1.50	-	0.27	-
	Средна вредност	**97.42**	**2.55**	**0.24**	**1.50**	**-**	**0.4**	**-**
P-2/3	центар	99.68	0.32	-	-	-	-	-
	Средна вредност	**99.68**	**0.32**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**
P-6/1	центар	98.63	-	-	-	0.58	0.79	-
	обод	99.89	-	-	-	-	-	0.11
	Средна вредност	**99.26**	**-**	**-**	**-**	**0.58**	**0.79**	**0.11**
P-6/2	центар	98.93	-	-	1.07	-	-	-
	обод	99.29	-	0.31	-	-	0.39	-
	Средна вредност	**99.11**	**-**	**0.31**	**1.07**	**-**	**0.39**	**-**
P-7/1	центар	98.02	-	0.21	1.77	-	-	-
	обод	99.82	-	0.18	-	-	-	-
	Средна вредност	**98.92**	**-**	**0.19**	**1.77**	**-**	**-**	**-**
P-7/2	центар	99.65	-	-	-	-	0.35	-
	обод	98.71	-	-	1.29	-	-	-
	Средна вредност	**98.18**	**-**	**-**	**1.29**	**-**	**0.35**	**-**
P-7/3	центар	98.05	0.65	-	1.30	-	-	-
	обод	99.55	**0.65**	-	-	-	0.45	-
	Средна вредност	**98.80**	**-**	**-**	**1.30**	**-**	**0.45**	**-**
P-7/4	центар	98.61	-	-	1.12	-	0.27	-
	обод	98.25	-	1.36	-	-	0.38	
	Средна вредност	**98.43**	**-**	**1.36**	**1.12**	**-**	**0.32**	**-**
P-9/1	центар	98.80	-	-	1.20	-	-	-
	обод	95.15	3.35	-	1.50	-	-	-
	Средна вредност	**96.97**	**3.35**	**-**	**1.35**	**-**	**-**	**-**
P-9/2	центар	99.88	0.12	-	-	-	-	-
	обод	99.06	0.15	0.52	0.16	-	0.11	-
	Средна вредност	**99.47**	**0.13**	**0.52**	**0.16**	**-**	**0.11**	**-**
P-9/3	центар	93.20	6.80	-	-	-	-	-
	обод	99.37	-	-	-	-	0.63	-
	Средна вредност	**96.28**	**6.80**	**-**	**-**	**-**	**0.63**	**-**
P-9/4	центар	97.97	1.85	-	-	-	0.19	-
	обод	97.35	-	-	2.65	-	-	-
	Средна вредност	**97.66**	**1.85**	**-**	**2.65**	**-**	**0.19**	**-**
P-11/1	центар	95.69	1.93	0.28	2.09	-	-	-
	обод	97.96	2.04	-	-	-	-	-
	Средна вредност	**96.82**	**1.98**	**0.28**	**2.09**	**-**	**-**	**-**
P-11/2	центар	95.29	2.04	1.34	1.33	-	-	-
	обод	94.78	4.74	0.11	0.37	-	-	-
	Средна вредност	**95.03**	**3.39**	**0.72**	**0.85**	**-**	**-**	**-**
P-11/3	центар	97.06	0.82	0.45	1.32	-	0.36	-
	обод	99.07	-	0.93	-	-	-	-
	Средна вредност	**98.06**	**0.82**	**0.69**	**1.32**	**-**	**0.36**	**-**

Испитувањата не покажаа зоналност во содржините сребро. Втор по застапеност минерал примеса е живата со содржини од 0.8 до 4.96%.

Ваквиот хемиски состав, малата варијација во финоќата на злато и содржините на жива може да укажуват на еден единствен примарен извор (**Knight et all, 1999).**

Железото е застапено со содржини од 0.1-1.36%. Бакарот е застапено со содржини од 0.1-0.79%. Многу помалку како примеси се застапени телурот и арсенот.

Значи може да се каже дека златото од испитуваниот терен претставува Au-Ag-Hg легура.

Според D. J. Mackenzie и др. 2005, живата е многу лесно се мобилизира од метаморфните карпи и се транспортира со хидротермалните флуиди.

Појавите на жива исто така може да бидат многу повеќе во корелација со механизмот на депонирање отколку со типот на изворот. Генерално живата се депонира на ниски температури (<200 C) во нивои кои се близу до површината за време на формирањето на мезотермалните хидротермални системи како што е во епитермалните или геотермалните системи бидејќи живата е многу лесно растворлива.

Релативно вооедначениот хемиски состав на златните агрегати може да укаже на еден извор на алувијалното злато.

На овој терен беа земени и проби од стрим седименти. Резултатите од добиените анализи се дадени во Табела 2. Присуството на овие елементи овозможува да се утврди геохемиската врска меѓу речните седименти и карпите кои влегуваат во геолошката градба на теренот.

Табела 2. Хемиски состав од испитуваните стрим седименти (ppm)

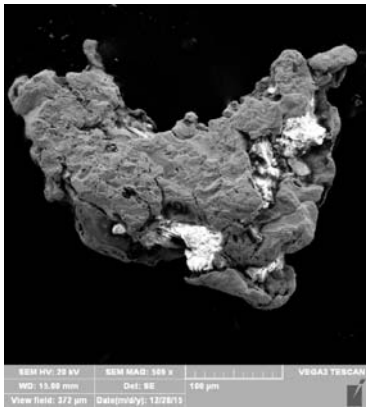
SAMPLE No	PS-1	PS-2	PS-3	PS-4	PS-5	PS-6	PS-7	PS-8	PS-9	PS-10
K	13050	13405	11249	14876	14982	12247	13326	15606	12034	15266
Ca	6373	4943	6173	5964	4480	10612	7120	4581	9039	6667
Ti	1881	2129	2384	2468	2271	2769	2816	2547	3166	3235
V	46	58	56	62	55	61	61	67	60	72
Cr	36	44	26	23	29	33	38	47	38	36
Mn	364	404	449	389	345	454	397	523	513	588
Fe	15311	15518	17267	22034	17012	17203	20080	20230	22561	26087
Cu	ND	10	16	15	ND	16	25	16	ND	22
Zn	38	32	44	34	30	38	37	41	32	47
As	5,7	6	7,5	6,5	ND	7,6	6,3	ND	5,8	9
Rb	49,7	51,5	54,2	57,1	54,3	52,8	59	66,8	57,8	77,1
Sr	111	94	118	102	98	105	102	89	131	104
Y	51	40	53	59	33	47	57	50	42	61
Zr	1183	816	1135	871	590	696	1129	595	510	1050
Mo	ND	ND	ND	ND	8	ND	ND	ND	ND	ND
Cd	ND	ND	ND	ND	ND	40	ND	ND	ND	ND
Pb	13	12	14	15	10	12	9	16	14	17
Th	51	ND	ND	59	51	46	87	66	58	77

ND-вредности под границата на детекција

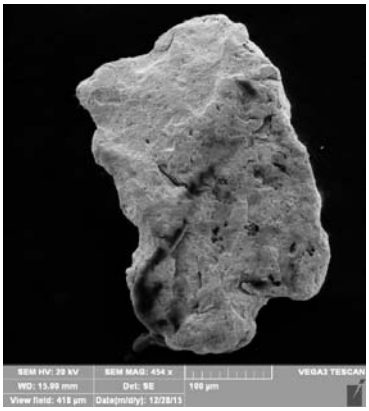
МОРФОЛОШКИ ФОРМИ НА ЗЛАТНИТЕ АГРЕГАТИ

Испитувањата на морфолошките форми покажаа дека златните агрегати се јавуваат во неправилната, сплескна, издолжена и комплексна форма при што често се среќаваат заоблени рабови (Табела 2). Кај некои агрегати се забележува порозна површина. Големината на пронајдените златни агрегати се движи од околу 400-900 микрони.

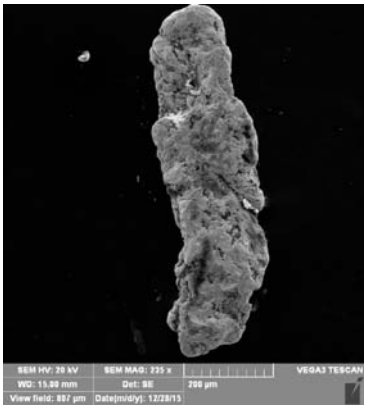
Табела 2. Морфолошки форми на златни агрегати од Пекљанска река



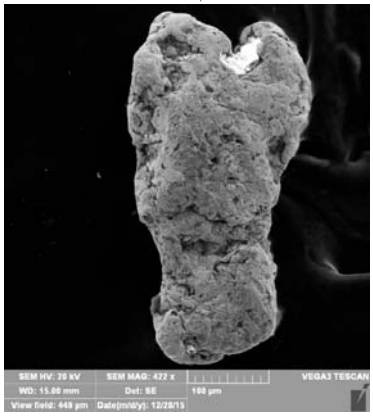
P1/1 Златен агрегат со комплексна морфологија со делумно заоблени ивици



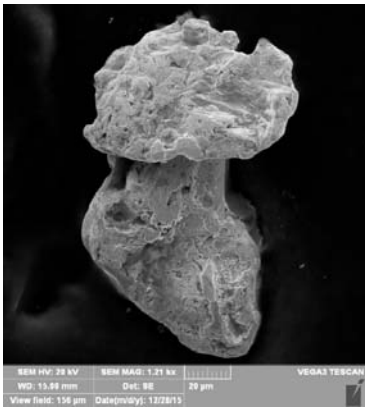
P1/2 Заоблено издолжен агрегат



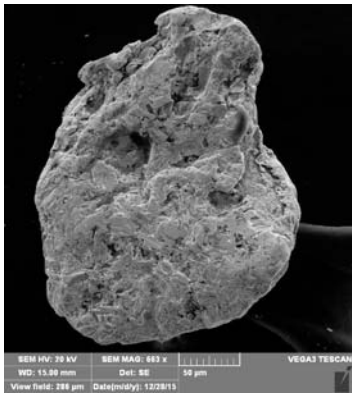
P1/3 Издолжено сплескано и делумно заоблено зрно



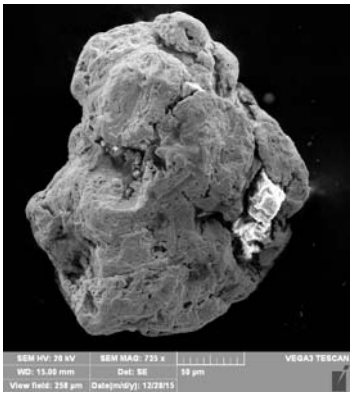
P2/1 Издолжено делумно заоблено зрно



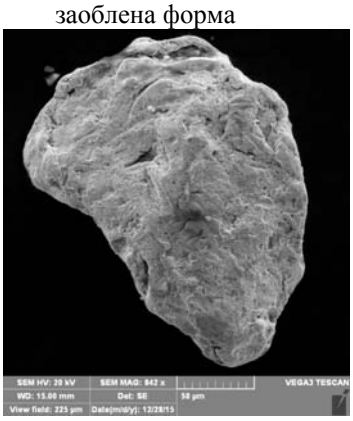
P2/2 Зрно со комплексна, издолжена, делумно заоблена форма



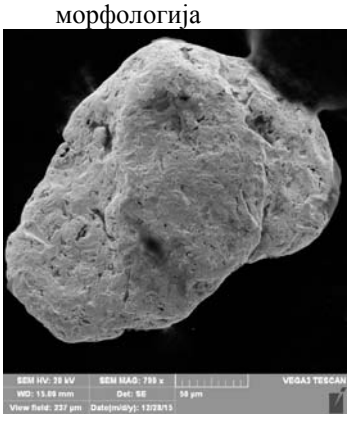
P2/3 Зрно со комплексна делумно заоблена морфологија



P6/1 Неправилно зрно на злато со заоблени ивици

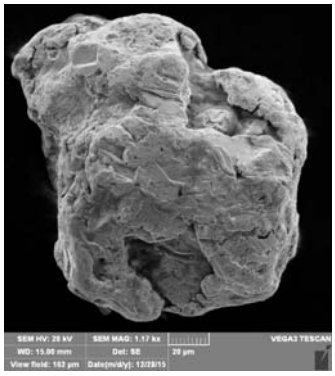


P6/2 Спелскано зрно со заоблени рабови

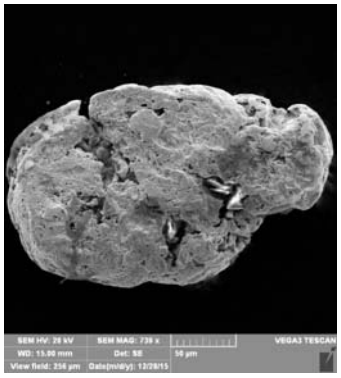


P7/1 Спелскано зрно со заоблени рабови

P7/2 Неправилно, делумно порозно округло зрно



P7/3 Неправилно, делумно порозно округло зрно

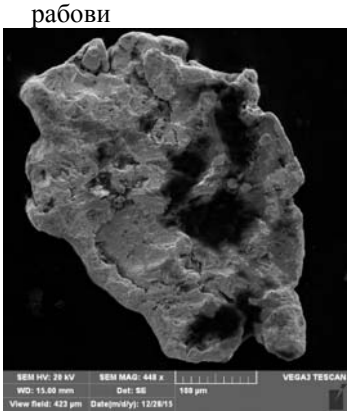


P7/4 Спелскано зрно со заоблени рабови

P9/1 Спелскано зрно со заоблени рабови

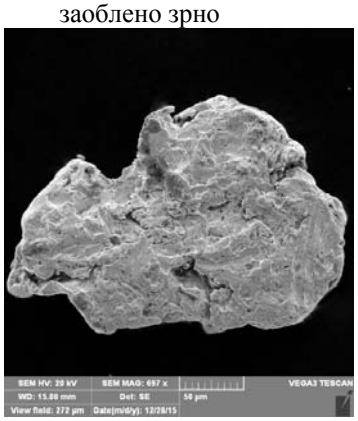
P9/2 Спелскано зрно со заоблени рабови

P9/3 Издолжено делумно заоблено зрно



P9/4 Зрно со комплексна делумно заоблена морфологија

P11/1 Зрно со комплексна делумно заоблена морфологија



P11/2 Спелскано зрно со заоблени рабови

P11/3 Зрно со комплексна делумно заоблена морфологија

Лушпестата или сплесканата форма, како и издолжената форма која што се среќава во испитуваниот локалитет е карактеристика на примарното злато кое типично се појавува во ваква форма иако понекогаш примарното злато може да се јавува и во коцкаста до правоаголна но многу неправилна форма при што се изразени острите контури и рабови по зрната (Mudaliar et al., 2007; Townley et al., 2003; McClenaghan, 2005; Nakagawa et al., 2005).

Кај испитувани златни зрна се забележува заоблување на рабовите и измазнување на површината на зрната а истовремено се зголемува и сплескаността која може да се должи и на значителниот транспорт на златото а пред се поради малата тврдина и ковноста на златото како минерал. Оваа појава исто така може да укаже дека зрната биле подложени на секундарни процеси. Сплескаността може да се објасни и со тоа што за време на транспортот зрната се судираат со зрната од други поцврсти минерали од карпите што доведува до зголемување на сплескаността во функција на должината на транспортот (Knight et al., 1999; Townley et al., 2003; Tishcenko et al, 1981).

Според Mudaliar (2007), на растојание од 3-5 км може да има измешани форми кои многу се разликуваат бидејќи во овој интервал се случуваат големи почетни промени. Воопшто основна карактеристика за алувијалното злато се различните морфолошки облици.

Кружната форма, степенот на заобленост и на сплесканост може да укаже на типот на изворот и должината на транспортот (Mudaliar et al., 2007; Knight, 1999). Сепак, според Styles (1995), мерењето на големината и формата на златните агрегати даваат малку информации за потеклото на алувијалното злато. Многу аглестите и неправилни форми, лесно се забележуваат под бинокулар и покажуваат дека алувијалното злато е блиску до својот примарен извор додека абразивните и кружни форми укажуваат на транспорт од неколку км.

ЗАКЛУЧОК

Врз основа на извршените испитувања може да се извлечат неколку заклучоци:

-Шлиховските испитувања покажаа присуство на златни агрегати. Од вкупно земените 12 проби во шест од нив се пронајдени 19 златни агрегати на кои се извршија испитувања за хемискиот состав и морфлошките карактеристики.

-Големината на златните агрегати се движи од околу 400 до околу 900 микрони

-Според хемискиот состав златото се карактеризира со голема чистота која се движи од 930 до околу 990 што го воврстува во групата на високопробно и многу високопробно злато.

-Од примесите застапени се среброто со содржини од 0.3 до 8%, жива од 0.16-4.96%, железото со содржини од 0.1 – до 1.36% и бакарот од 0.2 до 0.7%. Телурот и арсенот се многу малку застапени во некои примероци.

- Пронајдените златни агрегати се карактеризираат со неправилна, сплескана, издолжена форма при што кај зрната е честа појавата на заобленост на зрната.

ЛИТЕРАТУРА

Bahna B., Smirnov A., Chovan M., Bakos F., 2002: River transport – induced hanges in chemical composition of alluvial gold (documented on localities of Western Carpathians). *Geologica Carpathica* 53, 105 – 107.

Chapman RJ., Leake RC., Moles NR., Earls G., Cooper C., Harington K., Berzins R., 2000: The aplication of Microchemical Analysis od Alluvial Gold Grains to the Understanding of Complex Local and Regional Gold Mineralizaction: A case Study in the Irish and Scottish Caledonides. *Economic Geology* 95, 1753-1773.

Chapman RJ., Leake RC., Styles M., 2002: Microchemical Characterization of Alluvial Gold Grains as an Exploration Tool. Gold Bulletin 2002 • 35/2

Chapman R. J., Mortensen J. K., Craword E. C., Lebarge W. P., 2010: Microchemical Studies of Placer and Lode Gold in the Klondike District, Yukon, Canada: 1. Evidence for a Small, Gold-Rich, Orogenic Hydrothermal System in the Bonanza and Eldorado Creek Area. Society of Economic Geologists, Inc.*Economic Geology,* v. 105, pp. 1369–1392

Chapman R. J., Mortensen J. K., Craword E. C., Lebarge W., P. 2010: Microchemical Studies of Placer and Lode Gold in the Klondike District, Yukon, Canada: 2. Constraints on the Nature and Location of Regional Lode

Sources. Society of Economic Geologists, Inc.*Economic Geology,* v. 105, pp. 1393–1410

Chapman R. J., Mortensen J. K., Lebarge W. P., 2011: Styles of lode gold mineralization contributing to the placers of the Indian River and Black Hills Creek, Yukon Territory, Canada as deduced from microchemical characterization of placer gold grains. Miner Deposita (2011) 46:881–903

Dumula R. M., Mortensen K. J., 2001: Composition of placer and lode gold as an exploration tool in the Stewart River map area, western Yukon, Yukon Exploration and geology**,** pp. 87-98

Florencia M., Southam G., Graig R James., Galliski M.A., 2004: Morphological and Chemical study of placer gold from the San Luis range, Argentina.*The Canadian Mineralogist* 42,169-182.*9*

Knight J.B., Mortensen J.K., Morison S.R., 1994: Shape and composition of lode and placer gold from the Klondike District, Yukon Canada. *Bulletin 3, Exploration and Geological Services Division, Indian and Northern Affairs Canada,* Yukon Ragion. pp.142

Kovacev V., Stefanova V., Nedelkov R., Mladenov V., 2007: Eluvial-alluvial gold from gold-copper occurrence Borov Dol (R. Macedonia). Part I: Geochemistry of stream sediments and their relation to the source rocks and ores. *Review of the Bulgarian Geological Society*, pp.66-76.

Knight J.B., Mortensen J.K., Morison S.R., 1994: Shape and composition of lode and placer gold from the Klondike District, Yukon Canada. *Bulletin 3, Exploration and Geological Services Division, Indian and Northern Affairs Canada,* Yukon Ragion. pp.142

Knight J.B., Morison S.R., Mortensen J.K., 1999: The relationship between placer gold particleshape, rimming, and distance of fluvial transport as exemplified by gold from the Klondike District,Yukon Territory, Canada. *Economic Geology* 94, 635–648.

Mackenzie D. J., Craw D., 2005: The mercury and silver contents of gold in quartz vein deposits, Otago Schist, New Zealand. *New Zealand Journal of Geology & Geophysics, Vol. 48:* 265-278

McClenaghan M.B., 2005: Indicator mineral methods in mineral exploration. *Geological Society of London* 5, 233–245.

Mortensen K. J., Chapman R., LeBarge W., Jackson L., 2004: Application of placer goldand lode gold geochemistry to gold exploration in western Yokon. Yukon Exploration and geology**,** pp. 205-212

Mortensen K. J., Chapman R., LeBarge W., Jackson L., 2005: Compositional studies of placer and lode gold from western Yukon: Implications for lode sources. Yukon Exploration and geology**,** pp. 247-255

Moles N., Chapman R., 2011: Placer gold microchemistry in conjunction with mineralogy and mineral chemistry of heavy mineral concentrates to characterize bedrock sources. Indicator Mineral Methods in 25th International Applied Geochemistry Symposium, Mineral Exploration, Workshop-3. pp. 19-25

Mudaliar G.G., Richards J.P., Eccles D.R., 2007: Gold, Platinum and Diamond Placer Deposits in Alluvial Gravels, Whitecourt, Alberta. EUB/AGS Special Report 089 (May 2007) pp.35

Nakagawa M., Santosh M., Nambiar C.G., Matsubara C., 2005: Morphology and chemistry of placer gold from Attapadi Valley, southern India; *Gondwana Research* 2, 213–222.

Stefanova V., Kovacev V., Mladenov V., Stanimirova C., 2007: Eluvial-alluvial gold from gold-copper occurrence Borov Dol (R. Macedonia). Part II:Mineralogy of gold and stream sediments. Review of the Bulgarian Geological Society 68,77-91.

Stefanova V., Volkov, V.A., Serafimovski T., 2013: Native gold the Plavica Epithermal deposit, Republic of Macedonia. Doklady Earth Sciences, Vol. 451, Part 2, pp. 818–823

Stefanova V., Serafimovski T., Tasev G., 2014: Morphological and Chemical Characteristics of Placer Gold Deposits from Meckin Dol, Locality of Borov Dol, Eastern Macedonia. Tehnika, casopis saveza inzinera i tehnicara Srbija, No. 3, pp. 409 - 415.

Stefanova V., Volkov A.V., Serafimovski T., Sidorov A. A., 2015: Native Gold of the Borovik Ore Field, Repubic of Macedonia (FYROM). Geologiya Rudnykh Mestorozhdenii, 2015, Vol. 57, No. 2, pp. 148-153

Styles M.T., 1995: Alluvilal Gold Caracterisation in Exploration Planning: Project Summary Report *British Geological Survey* Technical Report WC/95/

Tishcenko E.I., 1981: The problem of the evolution of the gold-flake flattening in alluvial placers. *Soviet Geology and Geophysics* 22, 28-33.

Townley B.K., Herail G., Maksaev V., Palacios C., de Parseval P., Sepulveda F., Orellana R., Rivas P., Ulloa C., 2003: Gold grain morphology and composition as an exploration tool: application to gold exploration in covered areas; *Geological Society of London* 3, 29–38.

Volkov A.V., Stefanova V., Serafimovski T., Sidorov A.A.R., 2008: Native Gold of the Porphyry Copper Mineralization in the Borov Dol Deposit (Republic of Macedonia). *Doklady Earth Sciences* 422, 1013-1017.

Zaharova E.M., 1994: Mineralogy of alluvial deposit. Moskva, Rusia: Nedra.(in Russian)

SUPERGENE PROCESSES IN THE COPPER MINERALISATION AT THE KRALJIČIN ZDENAC ON THE MEDVEDNICA MT.

Ladislav A. Palinkaš, Danijela Šmajgl, Andreja Čobić, Vladimir Bermanec

University of Zagreb, Faculty of Sciences, Geology dpt., Devision of Mineralogy and Petrography, Horvatovac 95, 10 000 Zagreb, Croatia, (lpalinkas@geol.pmf.hr)

Abstract
The research is focused on the outcrop of the copper-pyrite mineralisation, registered along the main road on the Medvednica Mt., near the resthouse Kraljičin Zdenac. The mineralisation shows similar characteristics to the ore deposits in the Trgovska Gora, Petrova Gora and Ljubija. The position of the outcrop above a water table, enabled oxidising supergene processes which created number of secondary minerals. The detailed investigation of the mineral paragenesis accomplished general metallogenic framework of the Medvednica metamorphic complex, which still have inherited lack of age determination of the precoursor. Similar registered and unregistered occurences on the Medvednica Mt. may offer explanation for the heavy metal anomalies in environmental studies.

Key words: Copper-pyrite mineralisation, supergene process, Eh-ph diagram, Medvednica Mt.

INTRODUCTION

Supergene leaching, oxidation and chalcocite enrichment is a common process which takes place in wheathering environment of copper mineralisation. Penetration of oxygene rich water under the earth surface, is a beginning of a new geochemical scenario which changes hypogene parageneses into a garden of numerous supergene minerals, with estonishing lush of flashing collors.

Constructed Eh-pH diagram of the stability fields of common supergene sulfide and oxide minerals in the system Cu-C-S-H_2O (**Fig. 5**) shows possible redox paths of aqueous solution descending from oxidized zone, generating enrichment, and infiltrating into hypogene ore or protor. The facies are defined by hydrologic regimes in vadose zone, zone of capillary fringes and saturated zone.

Sulfide oxidation takes place above the water table as an electrochemical process mediated by acidophilic, Fe- and S-oxidizing bacteria. Prevailing acidic conditions, facilitate leaching of Cu, which is transferred downward to the reduced environment, beneath the water table, where sulfide enrichment takes place. Enrichment is primarily abiotic cation-exchange reaction of Cu, which substitutes more electronegative metals. Required S is inherited from the replaced sulfide minerals. Bacteria also play a role in the enrichment process by facilitating metal adsorption.

GEOLOGICAL SETTING OF THE COPPER MINERALISATION

Medvednica Mts. is a part of the Zagorje-Mid-Transdanubian Zone (ZMTZ) units consisting of four thrusts, separate tectonostratigraphic units, overlapping each other. The present structural stacking order (from the bottom to the top) is: Paleozoic-Triassic magmatic-sedimentary complex (overprinted by Early Cretaceous metamorphism), Middle Jurassic-Early Cretaceous tectonized ophiolite mélange, Late Cretaceous-Paleocene flysch, Triassic clastic and platform carbonate formation. Stratabound copper mineralisation is placed within Paleozoic-Triassic magmatic-sedimentary complex (Fig.1).

Rocks of this unit make up the southeastern parts and the main ridge of Medvednica Mt., and they mainly consist of metasediments interlayed with orthogreenschists. The metasedimets present are : metagraywackes, quartz-muscovite schists, slates, phyllites, marbles, recrystallized limestones and dolomites, and some paragreenschists (Belak et al., 1995). Ortogreenschists display a tholeiitic affinity (Pamić, 1985/86) and have remnants of metadiabases and metagabbros. The protolith of this metamorphic complex was a magmatic-sedimentary formation composed of clastic and carbonate sediments interlayed with basalts and tuffs, and intruded by diabase and ophitic gabbro. Paleontological data indicate that the age of the protolith

ranges from Silurian untill Late Triassic; conodont determinations (Đurđanović, 1973) and data from graptholites found in metasediments (Sremac & Mihajlović-Pavlović, 1981) gave a more precise age from Devonian untill Carnian. By these lithological and biostratigraphical characteristics of the protolith, Belak et al. (1995a) concluded that it could partly represent the rift formations of Ladinian-Late Triassic age, known in the Dinarides sensu stricto.

The regional synkinematic metamorphism that affected the protolith was determined as an Early Cretaceous one, by the K-Ar muscovite ages of 120-110 Ma (Belak et al., 1995a). It corresponds to the Early Cretaceous type of metamorphism, and are within the ranges of the alpine metamorphism (determined by inorganic geothermometers and geobarometers): 300°- 400°C and 3-4 kbar . The peak paleotemperature of 410°C, intermediate paleopressures, characteristics of the pumpellyite-actinolite facies and the chlorite zone of the greenschists facies, cannot be explained as a consequence of the weight of the overlaying sediments because that would require a 10-12 km of pre-Cretaceous rock succession. A more probable explanation would be the tectonic strain by the overriding nappe complex that was afterwards eroded (Judik et al., 2008).

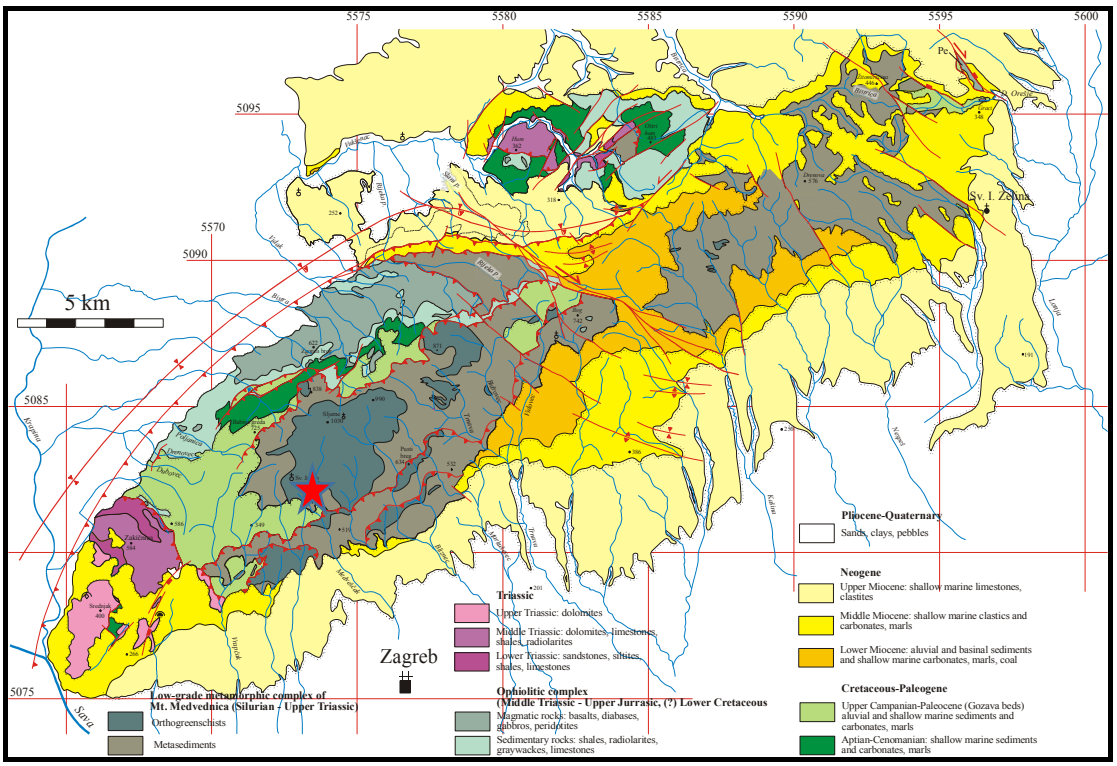


Fig.1 *Low-grade metamorphic complex of Medvednica, ortho and para-metamorphic schists, and position of the investigated mineralisation (star).*

PRIMARY MINERALISATION

Primary mineralisation consists of stratabound ore body within para-metamorphic rock series. Ore body is inserted between the hanging-wall metadolostones and silicified layer of protomarl as a footwall. The ore body is approximately. 1m thick and consists of two ore parageneses. At the contact with the footwall carbonate schist (protomarl) is silicified zone, exclusively with pyrite. System of hydrothermal veinlets is made of coarse grained quartz, filled with barock dolomite, ferrodolomite, barite and alteration phylosilicates. Abova a pyritic zone follows chalcopyrite-pyritic zone, gradually passing into a barren dolomite. Sulfide mineralisation has a stockwork character, and primary minerals are chalcopyrite, pyrite, and bornite, which has characteristic of the primary mineral (Fig.2) but supergene origin is not excluded. Pyrite in the silicified zone is cataclised, while those incorporated within chalcopyrite are preserved by plastic nature of the host. Gangue minerals are quartz, carbonates and barite.

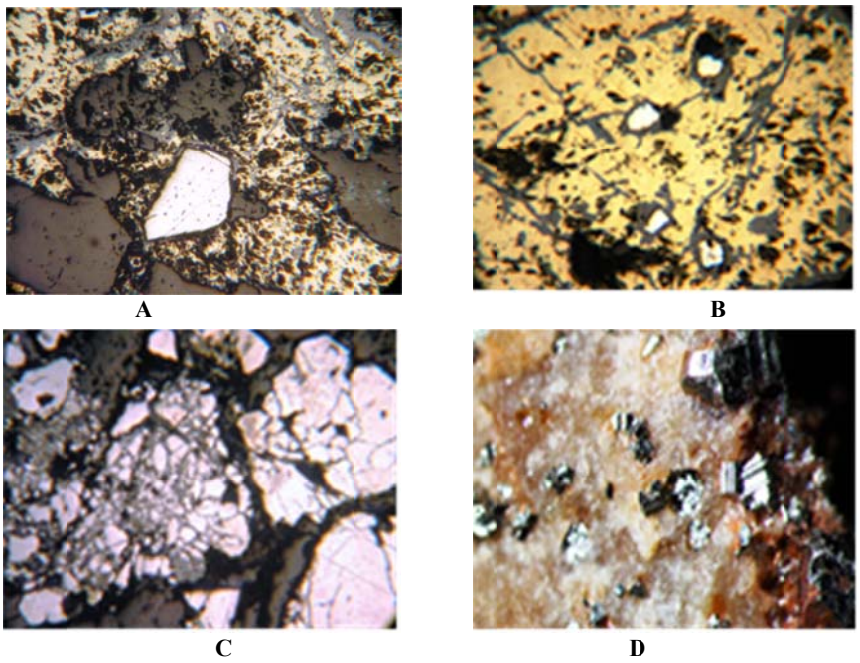


Fig. 2. *A) Euhedral pyrite grains within the chalcopyrite host, replaced along fractures by chalcocite. Plastic nature of the host preserved its perfect shape during metamorphic strain, B) Euhedral pyrite grains within bornite intersected with numerous secondary chalcocite veinles, C) Pyrite affected by cataclasis, in the silified footwall, D) Silicified metamarl encrusted with euhedral pyrite grains, footwall.*

Fluid inclusions:

Fluid inclusions within quartz crystals and barite grains from the chalcopyrite-pyrite zone point to the high temperature fluid, of high salinity. Vein quartz contains primary and secondary fluid inclusions (L+V) type (Fig. 3). Homogenization is in the range 220-360 ^{0}C, with average at 283 ^{0}C in quartz and 247 ^{0}C in barite, while the secondary fluid inclusions homogenize at lower temperature. According to the discriminant diagram Salinity vs. Temperature of homogenization the characteristics of the fluids corresponds to the those in the Trgovska Gora, Petrova Gora and Ljubija (Fig. 3), (Borojević Šoštarić et al. 2009; Palinkaš et al. 2010; Palinkaš et al. 2016). Development of supergene processes above water table, created secondary colorfull mineralisation (Fig.4).

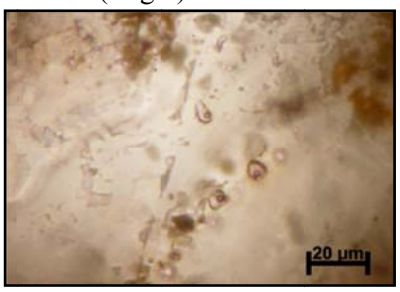


Fig.3 *Primary fluid inclusions in quartz vein*

SECONDARY MINERALISATION

The shape of copper mineralisation at Kraljičin Zdenac is a pseudo-layer approximately 1 m thick, with (A) pyrite and (B) chalcopyrite-pyrite rich area (Fig. 4).

Supergene processes in this restricted space, developed faint zonation, that could hardly be compared with the standard architecture of the supergene oxidation and enrichment zones above the primary Cu mineralisation above an appreciable ore deposit. The common zoning in an ideally developed oxidized Cu ore, and chalcocite-enriched ore (cementation zone, Sillitoe, 2005).

The ore outcrop at the Medvednica Mt. contains three assemblages, characteristic of the oxidizing supergene process:(i) ***Mild oxidation stage;*** primary ore containing chalcopyrite and pyrite, and bornite mildly oxidized into covellite (ii) ***Moderate oxidation stage;*** moderatly oxidized ore containing chalcocite, covellite, and copper oxides, and native copper (iii) ***Intensive oxidation stage;*** intensely oxidized ore containing chrisocolla, azurite, malachite and goethite.

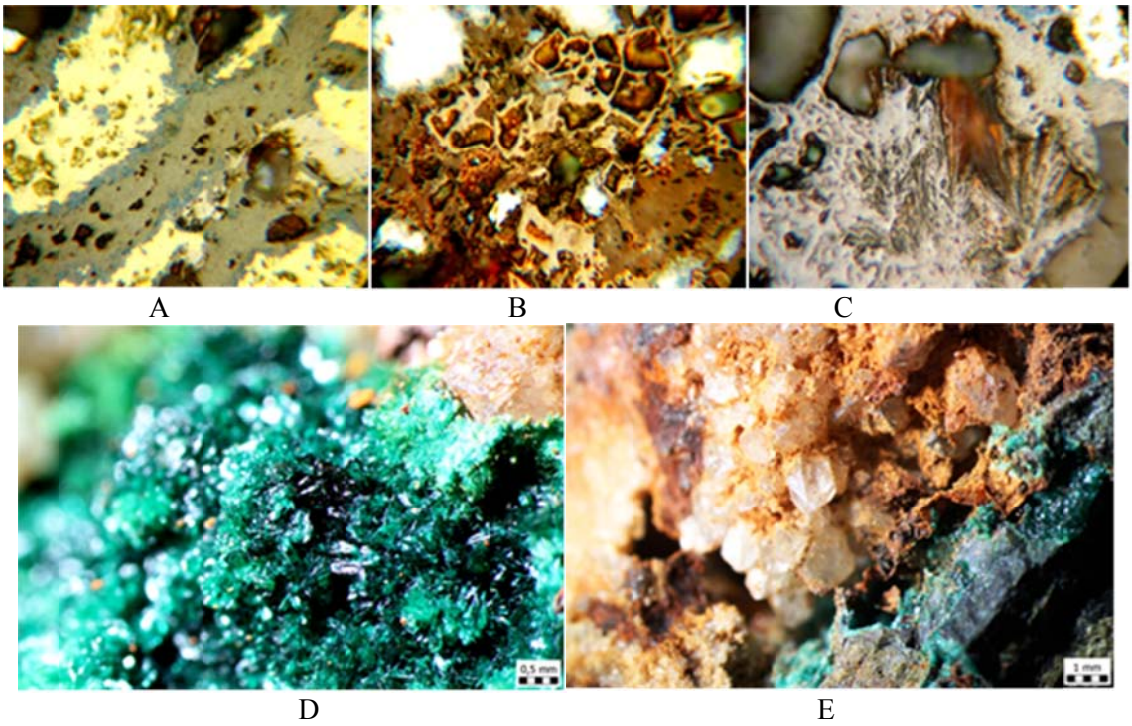


Fig. 4 *A) Chalcopyrite replaced by chalcocite and covellite by secondary enrichment, B) Box texture of goethite, a remnant of the primary pyrite cataclised texture, C) Tennorite, a secondary Cu mineral, formed under intensive oxidation stage, D) Malachite crystalls formed in open vugs, E) Euhedral quartz crystalls formed in open vug system, with limonite staining.*

GEOCHEMICAL BACKGROUD as CONCLUSION

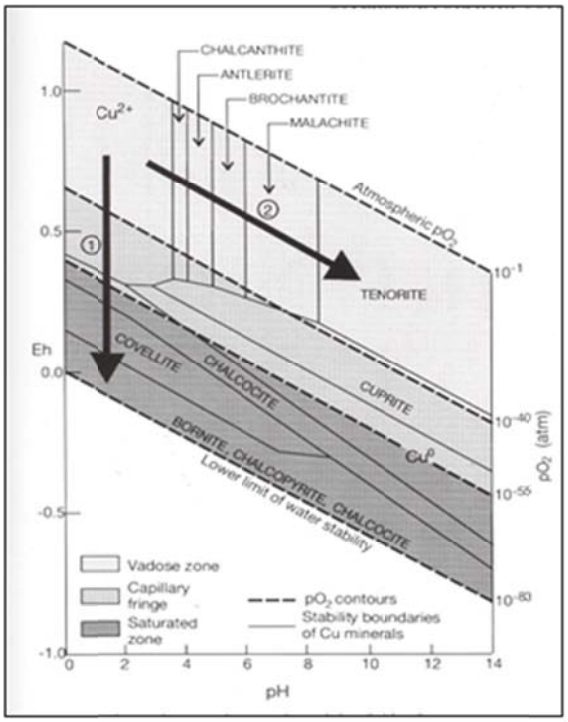


Fig. 5 *Eh-pH diagram for supergene copper mineral species in the weathering environment, rectified ans calculated after recent thermodynamic data.*

Chemical thermodynamics entered geochemistry as unavoidable tool in quantitative interpretation of complex natural systems. Among various thermodynamic stability field diagrams the Eh-pH ones have been found most convenient for describing mineral-solution equilibria in near-surface environments. Their accuracy greatly depends on the consistency of standard free energy data. There is no easy guide to estimate their validity. Their estimations go far back in the midst of the past century. Some useful criteria to choose reliable ones are frequency of their use, and persistently similar values appearing from different sources. The Eh-pH diagram, constructed for use in this research, is a rectification of the earlier ones (Fig.5), (Garrels, 1954; Garrels and Christ, 1965; Sikka et al., 1991, Sato, 1992). The presentation brings a thermodynamicaly up-to-data constructed Eh-pHdiagram of copper species in the system Cu-S-C-H_2O.

REFERENCES

Belak, M., Jamičić, D. & Crnko, J. (1995) : Low-grade metamorphic rocks of ortho green-schists and paraschists on the road Runolist-Željezničar (mountain resthouses). In: Geological guied-book of Medvednica Mt. (ed.: Šikić, K.). Geol. Inst. Cro, Zagreb, INA-Industrija nafte d.d., Naftaplin Zagreb. 104-107, (in Croatian).

Belak, M., Pamić, J., Kolar-Jurkovšek, T., Pécskay, Z. & Karan, D. (1995a) : Alpine regional-metamorphic complex of Medvednica Mt. (NW Croatia), In: Zbornik radova 1. Hrvatskog geološkog kongresa (eds.: Vlahović, I., Velić, I. & Šparica, M.). Geol. Inst. Cro., 67-70, Zagreb, (in Croatian).

Borojević Šoštarić, S., Palinkaš, L.A., Strmić Palinkaš, S., Bermanec, V., Neubauer, F., Spangenberg, J. &Prochaska, W. (2009) : Origin of siderite mineralisation in Petrova and Trgovska Gora Mts., NW Dinarides. Mineralogy and petrology. Vol. 97, 111-128.

Đurđanović, Ž. (1973) : On Palaeozoik and Triassic of Medvednica Mts. /Zagrebačka gora Mt.) and area of the village Dvor on the Una river on the basis of conodonts. Geološki vjesnik. Vol. 25, 29-45, Zagreb, (in Croatian).

Judik, K., Rantitsch, G., Rainer, T.M., Árkai, P. & Tomljenović, B. (2008) : Alpine metamorphism of organic matter in metasedimentary rocks in Mt.Medvednica (Croatia). Swiss Journal of Geosciences. Vol. 101, 605-616, Basel.

Garrels, R.M. (1954): Mineral species as function of pH and oxidation-reduction potentials, with special reference to the zone of oxidation and secondary enrichment of sulfide ore deposits. Geochimica et Cosmochimica Acta, v.5., pp.153-168.

Garrels, R.M. (1954): Mineral species as function of pH and oxidation-reduction potentials, with special reference to the zone of oxidation and secondary enrichment of sulfide ore deposits. Geochimica et Cosmochimica Acta, v.5., pp.153-168.

Palinkaš, L.A., Borojević Šoštarić, S., Strmić Palinkaš, S., Prochaska, W., Spangenberg, J., Cuna, S. & Šinkovec, B. (2010) : Permian–polysulphide-siderite–barite–haematite deposit Rude in Samoborska Gora Mts., Zagorje–Transdanubian zone of the Inner Dinarides. Geologia Croatica. Vol. 63/1, 93-115, Zagreb.

Palinkaš, A.L., Borojević Šoštarić, S., Strmić Palinkaš, S., Prochaska, W., Pecskay, Z., Neubauer, F. & Spangenberg, E.J. (2016): The Ljubija geothermal field: a herald of the Pangea break-up (NW Bosnia and Herzegovina). Geol.Croatica, 69, 3-30.

Pamić, J. (1985/86) : Basic petrological-geochemical characteristics of ortho-greenschists of the Medvednica Mt., Croatia. Geologija. Vol. 28/29, 239-254, (in Croatian).

Sikka, D.B., Petruk, W., Nehru, C.E., Zhang, Z. (1991): Geochemistry of secondary minerals from Proterozoic porphyry copper deposit, Malanjkhand, India. Ore Geology Revies, 6, 257-290.

Sillitoe, R.H. (2005): Suppergene Oxidized and Enriched Porphyry Copper and Related Deposits. Economic Geology 100th Anniversery Volume, pp. 723-768.

Sremac, J. & Mihajlović-Pavlović, M. (1981): Graptolites of Mt. Medvednica (Zagrebačka Gora). Rad Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti. Vol. 404, 65-68, Zagreb.

THE CRVEN DOL ARSENIC-THALIUM MINERALIZATION IN ALSAR DEPOST IN THE REPUBLIC OF MACEDONIA

Ivan Boev, Blazo Boev, Sonja Lepitkova

University "Goce Delčev"- Štip, Faculty of Natural and Technical Sciences, Blvd.Krste Misirkov, 10-A, P.O.Box 210. 2000 Stip Republic of Macedonia, e-mail: blazo.boev@ugd.edu.mk

Abstract
This ore body lies in the northern part of Alsar. It was opened by two adits - No. 25 at the level 753 m on the western part, and adit 21 at the level 823 m on the eastern side. The mineralization is explored underground at three levels: 753, 802 and 823 m connected by two vertical shafts. The most significant mineralization occurs close to the entrance of adit 21 m and the vertical shaft.

Key words: Crven Dol, Alsar, Thalium mineralization

INTRODUCTION

The Alsar deposit consists of several ore bodies and numerous occurrences, each characterized by specific associations of metals and mineral assemblages (Boev, 1988) (Jankovic et all, 1977).

The Sb-As-Ti-Au mineralization occurs within a zone almost 3 km long and 200 - 300 wide.

MORPHOSTRUCTURAL TYPES OF MINERALIZATION

Several distinct types of mineralization occur in the Alsar deposit including

(i) Mineralized brecciated zones developed along the contact between the subvolcanic intrusions, with dolomite and/or tuffaceous dolomite or along shear zones in the carbonate rocks and/or silicified tuffs.

(ii) Massive lenses of realgar ore occurring in the carbonate rocks and grading into stockwork-type mineralization. Massive sulphide mineralization, mainly pyrite/markasite occupies sporadically steeply-dipping fault/shear zones. Massive sulphide-bearing jasperoids occur sporadically only as small pods.

(iii) A Mineralized systems of veinlets and fractures occur in the tuffaceous dolomite and the Triassic dolomite.

(iv) Disseminated mineralization, mostly stibnite, pyrite/marcasite, gold occurs (a) as stratabound bodies along the contact between the basal portion of volcano-sedimentary tuffaceous dolomite and/or tuffs, and underlying Triassic carbonate rocks, (b) in silicified volcanics (with variable amounts of argillization), and (c) as abundant finely disseminated pyrite-marcasite and stibnite in the jasperoids, locally accompanied by arsenic sulphides and Tl-minerals.

Ore bodies occur most frequently as steep-dipping lenses, irregular in shape, sporadically as ore-shoots. The size and shape of these ore bodies depend on cut-off grades.

(v) system of thin, up to 10 cm wide, subparallel veins of orpiment are identified in the Crven Dol ore body at 800 m level (Fig.1).

Fig. 1 *Panoramic view of Crven dol (I. Boev, 2015)*

LOCAL GEOLOGY

Crven Dol is composed of carbonate rocks (dolomite and minor limestone /marble) (Table 1) intruded by a subvolcanic magmatic body (?) highly hydrothermally altered, so that its primary composition is extremely difficult to identify reliably (Fig.2).

The rock contains phenocrysts of sanidine, quartz and biotite; the groundmass consists mostly of K-feldspar and quartz. It has been so far named as quartz rhyolite (Jankovic, Jelenkovic, 1994), andesite (Jelenkovic and Pavicevic, 1994) and rhyolitic tuff (Frantz, 1994).

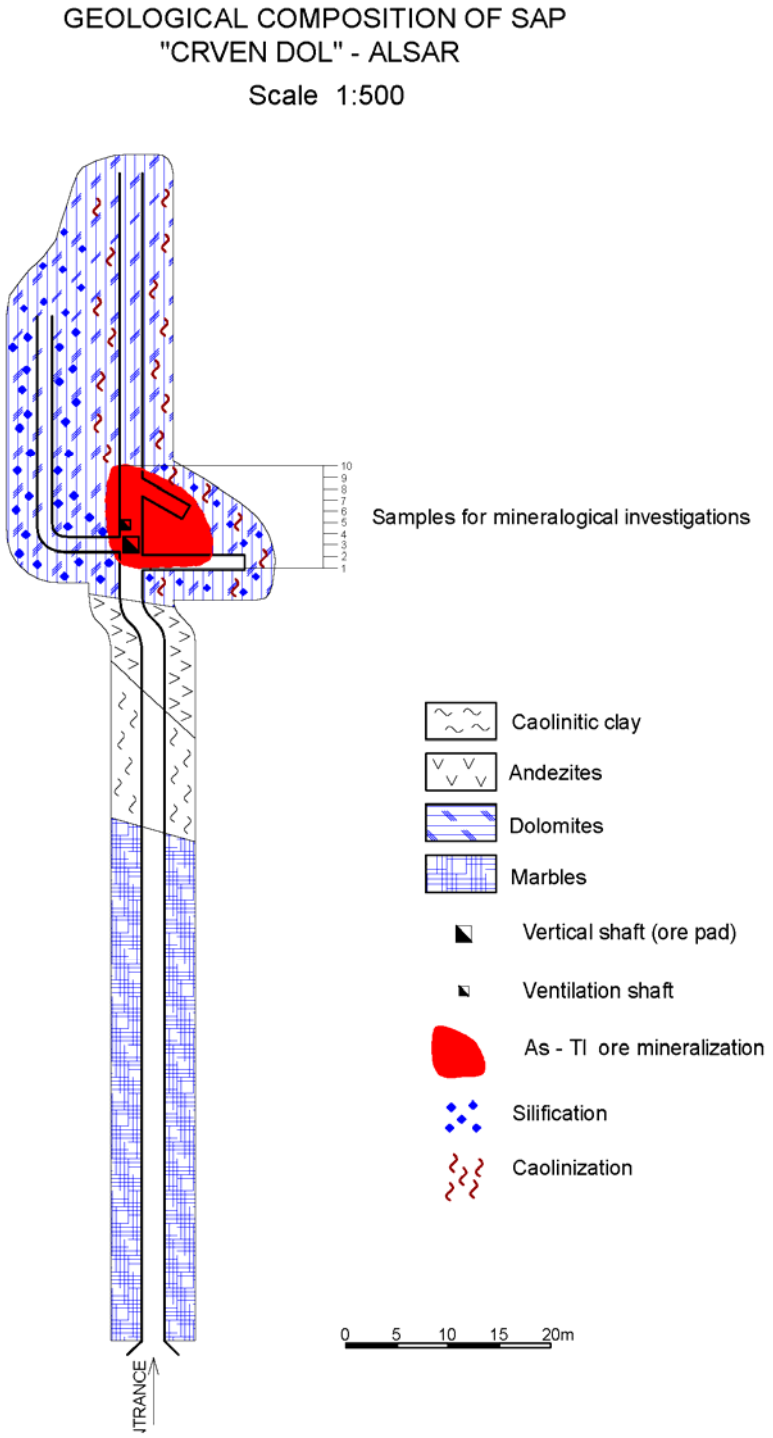


Fig. 2 *Geological map of Crven Dol*

Table 1. Instrumental neutron activation analyses of host rocks inside the Crven Dol orebody and comparision with a marble and dolomite outside from valley Crven Dol (Frantz et al., 1994)

element	a	b	c	d	e	f	g	h
%	marble	andesite	bulk	bulk	dolomite	dolomite	dolomite	marble
Mg	d.l	d.l	d.l	d.l	8.700	d.l	13.00	d.l
Ca	37.10	10.10	13.70	d.l	21.45	17.60	24.37	39.70
Fe	0.2260	2.890	9.130	21.10	0.1170	5.900	0.0253	0.0583
(ppm)								
Na	47.80	6230.0	98.70	75.30	103.0	62.20	83.50	41.30
Cl	d.l	d.l	d.l	d.l	< 80.00	< 900.0	51.00	d.l
K	229	18700	880.0	720.0	166.0	340.0	43.80	139.0
Sc	1.070	7.260	2.930	1.510	1.200	2.690	0.3700	0.2430
Cr	6.450	8.800	51.00	49.10	4.500	10.00	3.600	3.200
Mn	450	1220.0	11500	4350.0	392.0	5620.0	66.50	201.0
Co	1.440	5.810	1435.0	1470.0	0.4800	18.30	0.6700	0.2800
Ni	< 7.000	< 40.00	4340.0	4150.0	d.l	59.00	< 5.000	< 2.000
Cu	< 6.000	< 170.0	< 100.0	< 400.0	< 60.00	< 200.0	< 15.00	< 4.000
Zn	20.00	96.00	54.00	200.0	9.300	115.0	6.300	1.800
Ga	0.3200	18.60	< 2.000	< 30.00	d.l	d.l	d.l	0.1200
As	210	53.80	51600	82300	3040.0	36000	197.0	45.60
Se	13.20	< 0.2000	d.l	2.500	< 0.4000	< 0.3000	< 0.2000	< 0.0300
Br	< 0.2000	< 0.5000	< 2.000	d.l	0.3900	d.l	0.3200	0.1230
Rb	< 2.500	127.0	< 15.00	< 70.00	< 2.000	< 3.000	< 0.5000	1.100
Sr	68.00	285.0	< 120.0	< 150.0	70.00	90.00	41.00	116.0
Zr	d.l	200.0	d.l	< 150.0	d.l	d.l	d.l	< 3.000
Mo	0.8000	2.000	40.00	120.0	d.l	7.000	< 0.1500	0.2400
Ag	d.l	d.l	d.l	d.l	0.6500	d.l	d.l	< 0.0500
Cd	d.l	d.l	d.l	d.l	2.000	d.l	d.l	0.1600
In	d.l	d.l	d.l	< 0.2000	d.l	d.l	d.l	d.l
Sb	1.370	<0.2000	16.70	32.80	0.1000	36.00	0.0640	0.9690
Cs	1.350	39.00	11.12	25.20	0.2000	7.060	0.0860	0.2900
Ba	11.00	1110.0	< 70.00	< 500.0	d.l	< 60.00	< 10.00	6.900
La	2.260	67.30	3.340	3.700	0.2500	3.250	0.2400	0.860
Ce	4.120	128.0	5.000	4.400	0.6500	5.100	0.2900	1.820
Pr	d.l	13.00	d.l	d.l	d.l	d.l	d.l	0.1300
Nd	1.400	51.80	d.l	d.l	0.3200	4.500	< 0.3000	0.5600
Sm	0.4750	8.310	0.9700	0.6400	0.0890	0.800	0.0660	0.1730
Eu	0.1020	2.090	0.1600	0.1300	0.0300	0.1800	0.0130	0.0302
Gd	d.l	d.l	d.l	d.l	d.l	d.l	d.l	0.1300
Tb	0.0860	0.9300	0.2300	< 0.0900	0.0220	0.1900	0.0130	0.0180
Dy	0.5280	4.990	< 0.9400	< 1.500	< 0.1500	< 2000	0.0740	0.1200
Ho	0.1500	1.100	d.l	d.l	d.l	d.l	d.l	0.0280
Yb	0.3100	2.440	0.6500	< 0.7000	0.0800	0.7100	0.0460	0.0760
Lu	0.0440	0.3680	0.0730	< 0.1800	0.0080	0.1400	0.0052	0.0110
Hf	0.0760	6.100	< 0.4000	< 0.3000	< 0.0500	0.0750	0.0130	0.0390
Ta	< 0.0200	0.9100	< 0.2200	< 0.2000	< 0.0300	< 0.0500	< 0.0250	0.0230
W	1.490	< 2.000	< 1.000	d.l	d.l	9.300	0.0630	0.9000
Ir	< 0.0025	< 0.0050	< 0.0085	d.l	< 0.0020	d.l	d.l	< 0.0003
Au	0.0017	0.0020	< 0.0080	d.l	1.098	0.0210	0.0897	0.0006
Hg	d.l	d.l	< 1.5000	6.600	0.1400	2.900	< 0.0700	0.2600
Tl	d.l	d.l	< 10.00	d.l	d.l	4500.0	< 400.0	d.l
Th	0.2430	61.50	< 2.50	< 0.4000	0.0660	0.1900	0.0370	0.2700
U	0.6000	9.200	4.400	< 2.000	0.1300	3.970	0.0540	0.4500

d l detection limit

Table 1 shows instrumental neutron activation analyses of host rocks inside the Crven Dol orebody. These data are important when analyzing primary sources of metals mobilized later and concentrated in the Crven Dol ore body. Thallium content in carbonate rocks and in tuffs as well (intrusive body ?) is very low, whereas arsenic content is high (with the possibility that it originated from hydrothermal solutions). The LIL elements such as B, K, Rb, Cs, Ba and Sr are strongly enriched with regard to primitive mantle, particularly Cs (Frantz, 1994).

The REE spider diagram of the altered subvolcanic intruded body and surrounding marble and dolomite shows enrichment in LREE up to a factor 100 normalized to the Cl- chondritic values (Fig. 3, Frantz, 1991).

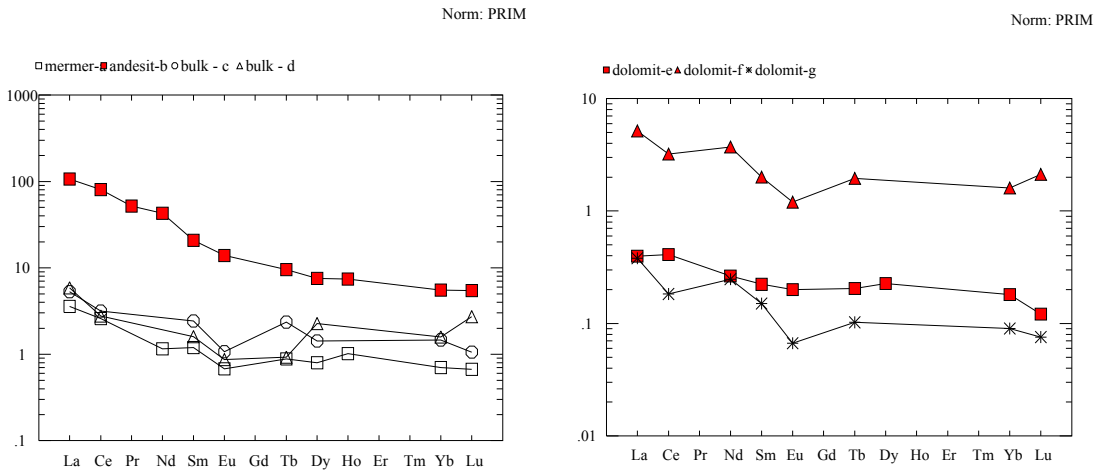


Fig. 3 *Spider diagrams of samples inside and outside the mine from Crven Dol Samples are normalized to C 1- chodritic values of Palme et al., (1981) from Frantz, (1991)*

MINERALIZATION

Three styles of low mineralization have been so far revealed, each with a distinct geochemical signature and mineral assemblage:

Massive realgar ore grading into stockwork formed in dolomite near or along its contact with subvolcanic intrusions. Sporadically, high grade ore occurs in brecciated zone (Fig. 4). This ore is open at the level 823 m and explored by short cross-cuts and shallow shaft. This ore body contains about 6.000 tones with 8 % As, 0.09 % Sb, 0.35 % Tl, 45 ppm Hg and 0.2 ppm Au. It is located approximately 30 m below the present surface.

Realgar is dominant mineral accompanied by pyrite and marcasite, minor orpiment and thallium minerals. Major and trace elements of realgar from Crven dol are shown in Tab 2. Realgar encloses lorandites and marcasites. It appears as crystals, often of large size, and as massive pods and lenses. It is usually intergrown with orpiment and it frequently hosts lorandite. In some places, realgar is found to cement "gel-marcasite".

Native Ag occurs sporadically in realgar (electrum).

Orpiment occurs in massive ore as small aggregates intergrown with realgar, but locally it forms plate crystals.

Marcasite and pyrite are widespread minerals. Collomorph textures are characteristic for both, particularly marcasite. Marcasite occurs in crystal forms, but frequently marcasite grains are rounded. Some marcasite grains consist of a core, a thin rim and globules of an As rich composition (Frantz et al., 1994). Table 3 shows composition of marcasite from Crven Dol.

Table 2. Major and trace elements of realgar from Crven Dol, ppm (Frantz et al., 1994)

Element	Realgar
Fe %	< 0.05
As	57.33
Tl	< 1.2
Sb	0.00243
Na ppm	< 30
K	< 1300
Sc	< 0.04
Cr	69.8
Mn	< 4.00
Co	< 4.00
Ni	d.l
Cu	d.l
Zn	< 30
Ga	< 30
Se	24.2
Mo	< 80
Cd	d.l
In	d.l
Cs	2.5
La	d.l
Sm	< 1.2
Eu	< 0.08
Yb	< 0.7
Lu	< 0.1
Ta	< 0.5
W	< 50
Hg	< 1.00
Th	< 0.35
U	< 8

d l below detection limit
<- upper limit

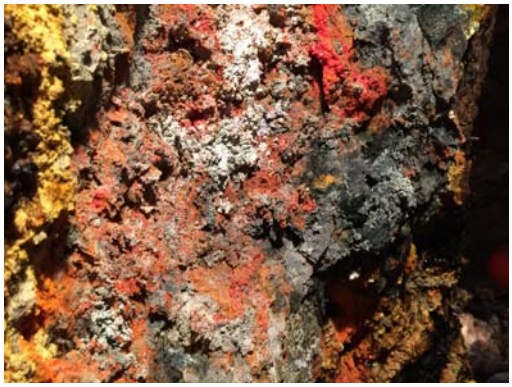


Fig. 4 *Masive realgar in edit Crven Dol (foto by I.Boev, 2015)*

Table 3. Composition of marcasite (EDS) of the first gallery (823) from Crven Dol mine (Frantz et al., 1994)

Weight . %	Core	Rim	Globules
As	-	-	71.73
Fe	47.59	48.20	24.64
S	52.81	51.80	3.63
Total	99.86	100	100.01
Formula			
As	-	-	2.17
Fe	1	1	1
S	1.933	1.870	0.25
Total	2.933	2.872	3.42
	FeS2		FeAs2

The As-rich globules, surrounding altered marcasite with cores of stoichiometric composition, containing 24.64 wt % Fe, 71.73 wt % As and minor S (3.64 wt %), are described by Frantz et al., (1994) as lollingite (Fe As).

Thalium minerals - The massive realgar ore body of Crven Dol contains numerous Tl-minerals, some of them have been recently discovered. The list of Tl-minerals from Crven Dol is still incomplete.

Tl - As - S system

Lorandite $TlAsS_2$ (Krenner, 1884)

Bernardite $TlAs_5S_8$ Pasava et al., 1989)

Fangite Tl_3AsS_4 (El Goresy/Pavicevic. 1988, Williamson, et al., 1993)

Lorandite is the most common thallium mineral.

Lorandite occurs in close association with realgar and less frequently with orpiment, locally with marcasite. It sporadically forms large aggregates and/or individual crystals.

The lorandite mineral from Crven Dol contains numerous trace elements (Table 4).

Table 4. Major and trace elements (ppm) in lorandite from Crven Dol (Frantz et al., 1994)

Elements	FP 11	FP 12	FP 13
Fe %	0.196	0.059	0.126
As	20.53	19.72	19.56
Tl	62.70	57.50	60.35
Sb	0.0379	0.0278	0.0258
Na ppm	40	< 30	37
K	< 650	< 310	< 500
Sc	< 0.03	< 0.01	0.046
Cr	15	20	23
Mn	48	9	58
Co	< 1.5	< 0.4	< 0.8
Ni	< 500	< 35	< 40
Cu	d.l	< 300	< 1000
Zn	d.l	< 6	< 10
Ga	< 30	< 7	< 15
Se	< 8	< 1.5	< 2.0
Mo	< 15	8.6	< 15
Cd	d.l	d.l	< 100
In	d.l	< 2.5	< 0.20
Cs	d.l	d.l	d.l
La	< 1.00	< 0.43	d.l
Sm	< 0.2	< 0.13	< 0.16
Eu	< 0.14	< 0.07	< 0.03
Yb	< 0.5	< 0.45	d.l
Lu	d.l	< 0.052	d.l
Ta	< 0.3	< 0.15	d.l
W	d.l	< 10	d.l
Hg	1.4	< 0.85	d.l
Th	< 0.4	< 0.16	d.l
U	< 1.0	< 1.0	d.l

< - upper limit
d.l - below detection limit

Since the largest effects on the production of Pb atoms, due to the neutrino reaction, in the Tl-mineral/s/ from Alsar are associated with the elements such as Pb, U and Th, it is significant to establish their concentrations in lorandite.

Tables 5,6,7 show the concentrations of Pb, U and Th of realgar, lorandite and orpiment.

Several determinations of Pb, U and Th have been so far completed:

- Frantz et al., (1990 presented the results of their investigations of lorandite from Crven Dol (Table 5).

Table 5. Concentration of Pb, U, Th in lorandite from Crven Dol (Frantz et al., 1990)

Lead (Pb)	from 0.5 to 2.0 ppm
Uranium (U)	from 0.06 to 0.26 ppm
Thorium (Th)	from 0.005 to 0.028 ppm

Table 6. Concentration of Pb, U, Th in lorandite from Crven Dol (Todt., 1988) (concentrations mg/g)

	Pb	U	Th
Crystal	0.79	0.039	0.0092
Small grains	2.02	0.150	0.0135

Table 7. Concentration of Pb, U, Th in realgar and orpiment from Crven Dol (Todt., 1988) (concentrations mg/g)

	Pb	U	Th
Realgar	0.38	0.74	1.19
Orpiment	11.60	0.084	2.64

Todt (1988) has determined concentration values of Pb, U, and Th in a single idiomorphic crystal of lorandite from Crven Dol, and in small grains of lorandite. These analyses have revealed certain differences between them (Table 6).

Such concentration values of Pb, U and Th are small enough to be accepted for the LOREX tests. Since the concentration of U and Th in minerals intergrown with lorandite are also important, Todt (1988) found that the concentration of these crystal elements in realgar and orpiment are also acceptably low (Table 7).

Table 8, 9 and 10 show the concentrations of Pb, U, Th in some minerals such as lorandite, orpiment and realgar taken from underground mining workings in Crven Dol.

Table 8. Pb, U and Th concentrations of realgar at gallery I (823 m) (Frantz et al., 1994)

Real-gar	Nr. of grain	Wei-ght (mg)	Pb (ppm)	U (ppm)	Th (ppm)	Le-vel
Rea I	8	50.65	0.018	0.18	0.0017	
Rea II	5	98.70	0.213	0.28	0.0037	
FR 5	12	51.30	0.032	0.134	0.008	823/I /P21
FR 6	21	52.30	0.047	0.078	0.005	
FR 7	44	39.90	0.042	0.11	0.009	
FR 1	1	58.30	0.014	0.04	0.0018	
FR 2	1	152.6	0.006	0.0017	0.0017	823/I /P21
FR 3	1	140.2	0.01	0.017	0.0058	
FR 4	1	47.00	0.08	0.007	0.002	

Table 9. Pb, U and Th concentrations of lorandite and orpiment from shaft (823 to 800 m) (Frantz et al., 1994)

Lor-andite	Nr. of grain	Wei-ght (mg)	Pb (ppm)	U (ppm)	Th (ppm)	Le-vel
PA 7	1	16.30	0.51	0.083	0.109	
PA 8 ♣	1	18.43	0.79	0.039	0.009	823 / 800
LI	1	13.04	1.79	0.186	b.l	
Orp-iment						
A 1	1	42.21	0.41	0.0102	b.l	
A 2	1	21.11	0.207	0.092	b.l	823 / 800
Orp-iment	1	13.44	11.60	0.084	2.64	

♣ - Todt (1988); b.l. - below detection limit

Table 10. Pb, U and Th concentrations of lorandite and orpiment at gallery IV (763 m) (Frantz et al., 1994)

Lor-andite	Nr of grain	Wei-ght (mg)	Pb (ppm)	U (ppm)	Th (ppm)	Le-vel
Fl 1	1	42.20	0.552	0.686	0.0239	
Fl 2	1	70.10	2.024	0.174	0.0281	763 /IV/ P25
Fl 3	1	74.00	0.616	0.258	0.0057	
Fl 4	1	34.00	1.375	0.169	0.0099	
Orp-iment						
FA 1	1	64.40	4.09	0.026	0.011	763 /IV/ P25
FA 2	1	166.1	0.072	0.092	0.0056	
FA 3	1	125.5	0.13	b.l	b.l	

b.l. - below detection limit

Bernardite occurs only locally as crystals of up to 1 cm in size. Its position in the general mineral series is not clear.

Fangite was discovered and preliminary described by El Goresy and Pavicevic (1988), but Wilson et al., (1993) found this Tl - As sulphosalt in the Mercur Au deposit, Utah and completed investigations necessary for its recognition as a new thallium mineral.

Fangite from Crven Dol resembles orpiment in its optical properties (El Goresy and Pavicevic, 1988). It was found as thin layers around lorandite, realgar and orpiment. It precipitated in the last mineralization episode, following crystallization of lorandite.

Tl - Sb - As - S system

Only two minerals of this system have been identified in Crven Dol so far:

Rebulite $Tl_5Sb_5As_8S_{22}$ (Balic-Zunic et al.1982)

Jankovicite $Tl_5Sb_9(As,Sb)_4S_{22}$ (Cvetkovic et al.,1994Libowitzky et al.,1995)

Jankovicite is one of the minerals from this system identified in Crven Dol. It is associated with coarse-grained realgar and minor stibnite, and very fine, globular pyrite.

Jankovicite displays some strong similarities to other Tl-Sb-As and Tl-Sb sulphosalts, such as rebulite and parapierrotite, particularly to rebulite (Libowitzky et al., 1995).

Apart from the reviewed Tl minerals, Ribeck (1993) identified ***weissbergite*** ($TlSbS_2$). It is not known whether this mineral was found in the Crven Dol orebody.

Detailed investigation on mineral assemblages of Crven Dol ore, carried out by Frantz et al., (1994) discovered a new mineral (?) iron-thallium arsenate ($Fe_2Tl[(As_{0.85}S_{0.15})0_4]_3 .4H0_2$]. It displays radial growth from a core, and occurs locally as a colloform type filling fractures. This mineral is frequently associated with highly altered marcasite. Its chemical composition is shown in Table 11.

Table 11. Chemical composition of Fe-Tl arsenate (EMP) of adit 823 m of Crven Dol (Frantz et al., 1994)

	Radial type	Colomorphic type
Fe (%)	18.36	17.20
Tl	29.27	26.63
As	37.16	39.28
S	4.13	4.03
Total	88.93	87.13
Formula		
Fe	1.31	1.34
Tl	0.56	0.71
As	1.65	2.25
S	0.28	0.29
Total	3.7	4.59

Composition	Fe_2 Tl (As $_{0.85}$ S $_{0.15}$) O_4) x 4 H_2O

The very low sulphur and relatively low thallium contents, with high iron and arsenic concentrations and traces of other elements of around 0.1 wt % (e.g. Sb) indicate a secondary origin of this arsenate (Frantz et al., 1994).

Stratiform orpiment bands and veinlets in tuff/tuffaceous dolomite are developed below the massive realgar ore body. They are revealed in gallery 800 m. Subparallel bands form a zone a few meters wide. Individual orpiment bands are mostly up to 1 - 2 cm wide.

Orpiment is the most abundant mineral and realgar is almost absent. Pyrite/marcasite disseminations round orpiment are widespread (Jankovic, 1993).

Disseminated Tl-As mineralization in carbonate rocks, mainly dolomite, is frequently found in Crven Dol, particularly in adit No. 25. Realgar, sporadically orpiment, Tl minerals and pyrite/marcasite are the main mineral constituents of this poor mineralization.

So far, this type of As-Tl mineralization has not been studied.

Secondary minerals.- Of the principal supergene minerals of Crven Dol the following have been identified so far: goethite, fibroferrite (Rieck, 1993), gypsum, hoernesite, picropharmacolite (Rieck, 1993), rosenite, starkeyte (Riebeck, 1993), jarosite, pharmacosiderite $K_2(OH)Fe_4(AsO4)_3(OH)_4$ n H_2O and dor-allcharite (Balic-Zunic et al., 1993).

SOME GENETIC ASPECTS

The hydrothermal system of Crven Dol includes As-Tl-Fe-S minerals, sparse Sb and barite, traces of Au and Hg, as well as minor silica. The same minerals are determined in the antimony mine in the central part of the deposit.

The process of mineralization took place in shallow depth, in a strong oxidation environment, under high arsenic and thallium fugasity; the period of the dominance of arsenic was followed by high concentrations of thallium decreasing gradually to the end of precipitation of primary mineralization.

A genetic model of the Crven Dol mineralization involves the following parameters:

• ***Ultimate source of metals.*** Based on investigations of lead isotopes in ore metals (lorandite, realgar, orpiment) and volcanics, it is possible to constrain the geological history of the As-Tl minerals in Crven Dol (Frantz et al., 1994).

In conclusion, they suggest that lead in the hydrothermal phases was extracted from the neighbouring or basement rocks.

Since trace elements of investigated rocks in and near Crven Dol show that As- and Tl-contents of carbonate rocks are low, it appears that volcanics are the most probable ultimate source of ore metals, mobilized by hydrothermal fluids.

Isotopic composition of sulphur associated with realgar, orpiment and lorandite from Crven Dol is characterized by values of $\delta^{34}S$, ranging from -1.7 to -5.7 ‰.

From these data it can be concluded that sulphide sulphur originated from a magmatic source. This is considered as an additional confirmation that volcanic rocks (quartz/latite) are the ultimate source for thallium and other metals of the Crven Dol ore body.

• ***Composition of hydrothermal fluids.*** - Hydrothermal solutions are characterized by high arsenic and thallium concentrations. They introduced into Crven Dol over 5.000 tons of arsenic, and about 20 tons of thallium, and small amounts of antimony and gold. Hydrothermal fluids were poor in silica.

• ***Temperature*** of metal-bearing solutions ranges from 280/250°and 120°C. Homogenization temperature of fluid inclusions in realgar is determined as 144 to 170°C (Beran et al., 1990).

• ***Salinity.***- Based on information from fluid inclusions in realgar, Beran et al., (1990) determined salinity to range from 7.9 to 12.9 equivalent wt % NaCl.

Some weak indications for the presence of hydrocarbon-bearing inclusions have been reported by Beran et al.,(1990) for realgar. Hydrocarbon derives, very likely, from the Pliocene sedimentary basins in the vicinity.

• ***Mode of metals transport.*** - Thallium and arsenic were transported most probably as complex ions by acid to slightly alkaline fluids of low salinity, and under oxidation conditions.

• ***Precipitation.*** - Deposition of arsenic and thallium took place as the result of changes of geochemistry in hydrothermal ore-bearing fluids due to their interaction with host carbonate rocks (mostly dolomite) and replacement of host rocks. Several stages of precipitation are distinguished:

(i) Precipitation of ore minerals was predated by ankeritization of dolomite, and argillization of silicate rocks (kaolinization).

Temperature below 400°C, pH - low.

(ii) Precipitation of siderite, pyrite, marcasite as a fine-grained mixture (Balic-Zunic et al., 1993). The thallium content is low (0.5 %).

(iii) Precipitation of pyrite globules with low As contents.

High oxidation environment.

(iv) Precipitation of abundant realgar (i) accompanied by minor orpiment and realgar, locally very minor stibnite.

Temperature was about 180°C. Thallium contents started to increase. Due to high oxidation conditions, minor arsenolite was formed, and likely pharmacosiderite (Balic-Zunic et al., 1993).

(v) This is stage of the highest thallium concentrations resulting in deposition of lorandite, followed by precipitation in accordance with the decreasing of Tl activity by other thallium minerals (bernardite, fangite, jankovicite a.a.).

(vi) Stage of supergene development is characterized by

• strong oxidation environment,

•amorphous iron and manganese sulphate-arsenate such as pharmacosiderite, Mg-arsenate - hoernesite (with gypsum); absent or low thallium.

•thallium minerals of jarosite group formed under high Tl concentrations. Here belongs a new recently identified mineral dorallcharite (Tl, K) Fe (SO) (OH) - Balic-Zunic et al., (1993).

Age of mineralization. - Based on ^{40}Ar / ^{39}Ar investigations of sanidine grains separated from the subvolcanic intrusions, revealed by adit No. 21, total age of it was established as 4.2 + 0.1 m.y. (Troesch and Frantz, 1992).

This age of intrusion represents most likely the age of primary As - Tl mineralization in the Crven Dol ore body.

CONCLUSIONS

In the northern part of the deposit Alsar, which also encompasses the Crven Dol site, the predominant mineralization is that of As-Tl-Fe-S, rarely of Sb with traces of Au and Hg. It consists of:

(1) Morphologically complex, massive realgar orebodies, localized in dolomites in the zone of contact with subvolcanic intrusions, as well as in brecciation zones;

(2) Stratiform, band-type and vein-like orebodies of orpiment in tuffs and tuffaceous dolomites, localized in the lower levels of massive realgar orebodies;

(3) Morphologically complex, impregnation-type Tl-As mineralization in carbonaceous rocks, mostly dolomites, and

(4) Morphologically complex ore mineralization with supergene (secondary) arsenic minerals.

REFERENCES

Balić-Žunić T., Stafilov T. and Tibljas D. (1993) Distribution of thallium and the genesis at Crven Dol locality in Alsar. Geologica Macedonica, 7, 1, 45-52, Stip.

Beran, A., M. Gotzinger, and B. Rieck, "Fluid Inclusion in Realgar from Allchar," in Proceedings of the Symposium on Thallium Neutrino detection (Dubrovnik, 1990).

Boev, B., (1988) Petrological, geochemical and volcanic features of volcanic rocks of the Kozuf Mountain. PhD Thesis, Faculty of Mining and Geology, Stip, 195 pp (in Macedonian).

Frantz E, Palme H, Todt W, El Goresy A, Pavićević MK (1994) Geochemistry of Tl–As minerals and host rocks at Allchar (FYR Macedonia). Solar neutrino detection with TI-205 the ''LOREX'' Project; geology, mineralogy and geochemistry of the Allchar deposit locality Crven Dol. N Jb Miner Abh 167: 359–399

Janković (1993) Metallogenic features of the Alshar epithermal Sb-As-Tl deposit /The Serbo-Macedonian Metallogenic Province/. N.Jb.Miner.Abh., 166, 1, 25-41. Stuttgard.

Janković S, Jelenković R (1994) Thallium mineralization in the Allchar Sb–As–Tl–Au deposit. N Jahrb Mineral Abh 167: 283–297

Janković S, Boev B, Serafimovski T (1997) Magmatism and tertiary mineralization of the Kozuf metallogenic district, the Republic of macedonia with particular reference to the Alsar deposit. Univ. ''St. Kiril and Metodij'' – Skopje, Faculty of Mining and Geology, Geological Department, Special Issue No. 5, 262.

Neubauer, F., M.K Pavićević, J. Genser, R. Jelenković, B. Boev, G. Amthauer (2009) 40Ar/39Ar dating of geological events of the Allchar deposit and its host rock. FWF Report of the Project No 20594.

Pavićević MK, Cvetković V, AmthauerG, Bieniok A., Boev, B, Brandstätter, F, Götzinger M, Jelenković R, Prelević Prohaska T (2006) Quartz from Allchar as monitor for cosmogenic 26Al: Geochemical and petrogenetic constraints. Mineral Petrol 88: 527-550

Pe-Piper G, Piper DJW (2002) The igneous rocks of Greece. The anatomy of an orogen. Gebrüder Borntraeger, Berlin – Stuttgart, 573 p

Percival JC, Radtke AS (1994) Sedimentary-rock-hosted disseminated gold mineralization in the Alsar District, Macedonia. Canad Mineralogist 32: 649-665

Volkov AV, Serafimovsky T, Kochneva NT, Thomson IN, Tasev G (2006) The Alshar epithermal Au-As-Sb-Tl deposit, southern Macedonia. Geology of Ore Deposits 48:175-192

Beran, A., Goetzinger, M. A, Rieck, B., 1994: A fluid inclusion study of realgar from the Allchar deposit, Macedonia. N. Jb. Miner., Abh., 167, 345-348.

Balić Žunić, T., Ščavničar, S., Engel, P., 1982: The crystal structure of rebulite, Tl5Sb5As8S22. Z. Kristalogr., 160, 109-125.

Balić Žunić, T., Makovicky, E., 1993a: Contributions to the crystal chemistry of thallium sulphosalts I. The O-D nature of imhofite. N. Jb. Miner. Abh., 165, 3, 317-330.

Balić Žunić, T., Stafilov, T., Tibljaš, D., 1993b: Distribution of thallium and the ore genesis at the Crven Dol locality in Alšar. Geologica Macedonia, 7, 45-52.

Balić Žunić, T., Möelo, Y., Lončar, Ž., Michelsen, H., 1994: Dorallcharite, Tl0.8K0.2Fe3(SO4)2(OH)6, a new member of the jarosite-alunite family. Eur. J. Mineral., 6, 255-263.

El Goresy, A., Pavićević, M. K., 1988: A new thallium mineral in the Allchar deposit in Yugoslavia. Naturwiss., 75, 37-39.

Frantz, E., Palme, H., Todt, W., El Goresy, A., Pavićević, M. K., 1994: Geochemistry of Tl-As minerals and host rocks at Allchar (Macedonia). N. Jb. Miner. Abh., 167:359-399.

Rieck, B., 1993: Allchar, Macedonia. Miner. Record, 24, 437-448.

PREBAIKAL FORMATION ON THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF MACEDONIA AS SIGNIFICANT BEARERS OF QUARTZ RAW MATERIALS

[1]Krsto Blazev, [1]Gorgi Dimov,[1]Blagica Doneva,[1]Marjan Delipetrov

Faculty of Natural and Technical Sciences, Institute of Geology, "Goce Delčev" University in Štip, Blvd. Goce Delčev 89, Štip, Republic of Macedonia,
krsto.blazev@ugd.edu.mk

Abstract: Prebaikal formations on the territory of the Republic of Macedonia are the most important bearers of silicate materials such as the hydrothermal quartz wires with striking purity (SiO2 99%) and small presence of harmful minerals (limonite) as metamorphic quartzite and quartz sandstone.
Here are three separate formations as most notable bearers of these materials: Formation of gneisses and amphibolite with deposits of pegmatite, micashiste formation and the formation of Pelagonian granites.
This paper includes a description of mineral raw materials that occur in every formation, their exact location, mineralogical, and the structural and textural features and appearance. It also given a estimation of reserves for the silicate raw materials and their perspective for future research.

Keywords: Prebaikal formations, geological - mineralogical characteristics, hydrothermal quartz wires, metamorphic quartzite.

INTRODUCTION

The territory of the Republic of Macedonia in which construction participating lithophacial complexes and the various formations of different age (from Precambrian until today) is rich in silicate mineral raw materials. With the previous geological explorations has been registered significant number of occurrences of silicate raw materials. Depending on their geological - technological and the exploitation conditions large number of the them are detailed explored.
Almost all investigated silicate raw materials are monomineral quartz rock masses, that serve as the basis for development of the industrial branch called non-metallic mineral raw materials of the Republic of Macedonia[2].
For the origin of silicate mineral raw materials are characteristic Prebaical orogeny stage, majority of the Baikal and the modern (recent) Quarter stage. This paper precents in detail significant formations of prebaikal stage.
Prebaikal formations on the territory of the Republic of Macedonia appear as significant bearers of quartz raw materials[2]. We point out the following formations:

- Formation of gneisses and amphibolite with deposits of pegmatite
- Micashiste formation
- Formation of Pelagonian granites

1. FORMATION OF GNEISSES AND AMPHIBOLITE WITH DEPOSITS OF PEGMATITE

This formation is constructed by twomica gneisses (muscovite and thebiotite) amphibole gneisses, and the amphibolite and amphibole schist. On several sites,the formation of these highly metamorphic Precambrian rocks breach granite and the granodiorites that occur in the pegmatite and pegmatite wires.

This formation is developed in the Serbian - Macednian massif and Struma zone, then in Pelagonian horst- anticlinorium and in the Vardar Zone occurs in isolated blocks that represent relicts by precambric gneiss complexes analogous to by Serbian -

Macedonian massif and Pelagonian horst - anticlinorium.

In Serbian - Macedonian massif and the Struma zone this formation is developed on several mountain massifs: Kozjak, Osogovo, Plachkovica, German, Malesevo mountains, Ograzden and Belasica. Mostly built by twomica gneisses which by their position and distribution can be considered as basic rocks of highly metamorphic complex of Serbian - Macedonian massif.That is fine to medium granular shistrocks built mostly by quartz, feldspar, mica, epidote and garnet. The structure is lepidoblastic to granoblastic.

Amphibolite and amphibole shist are most represented on the mountains: German, Osogovo and Ograzden. That is dark green rocks with weak shist features composed by amphibole, feldspar and rarer quartz.

This formation on the territory of Serbian - Macedonian massif and the Strumskata zone is characterized as a bearer of silicate raw materials. Numerous occurrences of hydrothermal quartz wires and the pegmatite body have been found, in which are found mono mineral concentrations quartz in the form of wires and lens.

The hydrothermal quartz wires were the products of magmatic activity where we have deposition of monomineral quartz mass from the hot water solvents. Such small bearings are found of several places. The hydrothermal quartz wires are defined in the gneiss near the village Dvoriste (Berovo), Ribnicaand the villageLukovica (Delchevo). In area between the Dvoriste and VisokaMaalain the gneisses is occur quartz - porfires mixed with aplite and pegmatite wires in which appear larger masses of pure quartz.

Occurrences of hydrothermal quartz wires are found east of Vinica with small pegmatite bodies in the twomica gneisses. In village Reljan (Kumanovo)are defined more quartz wires in the migmatite accompanied by feldspar veins.All these quartz wires are with different sizes and often ranging from 0.5 to 5 m by width, while the length can be between 20 and 50 m. Always show good quality (SiOs over 99%) so that some of them are in phase of exploitation.

Gneisses and the amphiboles in Pelagonian are presented in the mountain massifs.

Jakupica Babuna, Mukos, Selecka and Nidze with Kajmakcalan. In bottom

metamorfic complex are presented with gneisses, and mixed series from upper metamorfic complex.

Through these rocks in several places were discovered hydrothermal wires and lenses, build from quartz. Characteristic are the appearance of a number sites especially in the area of the mountain Rudina in the northeastern area of the village Brailovo in Bogomila and the Kapinovo.Quartz wires are commonly oriented east - west in length reaching 200 m and by widths up to 20m. Are mainly build from pure quartz and rarely contain feldspar and muscovite.

In this series occur significant deposits of pegmatite in which are found wires and lenses from pure quartz. Quartzs are wired diferenciate fromgranodiorite magma in this massif. The quartz is with milky color and the excellent quality. The most important occurrences is of mountain Selecka (village Dunje), Kokre on Babuna and Mukos on thevillage Drenovci, Sovichi, Tepavci, Gnilezon Vitoliste and the Mariovo and famous deposits Orehovo, Oreshje, Ramnaniva, Beluce, Chanishte, Proluka and Paralovo.

As we mentioned formation at the Vardar zone occurs at isolated blocks that represent relicts from precambian complexes analogous to Serbian - Macedonian massif and the Pelagonian horst. For these reasonsit has the samefeatureswith abovedescribed formation[4].

2. MICASHISTE FORMATION

This formation is built from micashiste in which can meet the faces from leptinolite, quartzite and graphite schist. As the previous formationand this is developed on terrains of the Serbian - Macedonian massif, Struma zone, Pelagonian horst-anticlinorium and Vardar zone.

Micashists have clearly expressed schistosity, silclike gloss and silver color. The structure is lepidoblastic to granoblastic. Major minerals are quartz, muscoviteand biotite.

In micashists frequently appears the facies from leptinolite. Some parts in the micashists are with proces of feldsparization which conditioned the appearance of the numerous pegmatite wires. Following to foliation in micashists be found appears of graphitic schist. They are dark gray to black in color with obvious schist texture.

In graphitic schist can be found appears of quartz wires with small and variable dimensions which do not are interest. More significant is the occurrence at the village Preseka on the Osogovo, and surrounding of Vinica (Grlani and Dulica).

The Quartzites are most commonly encountered by the foliation on micashists. Occur in the form of fans and long tracks (a few hundred meters) and wide several dozen meters. These rocks are very fresh, with clearly schistosity and crushed. Frequently show granoblastic structure. The main mineral is quartz which participation ranges from 50-80%. From secondary minerals occur albite, ortoclase, epidote, muscovite and garnet.

Significant appears were concluded onPlackovica (CujPetel andTarnovChukar) where micashists are present in the form of elongated tracks in length to 700 m and a width to 250 m.They extend north – south and from the other rocks clearly distinguished by their mineral composition where quartz reaches over 80%. Here we can mention and the quartz tracks found by the valley of the River Stanachka till KrivaPalanka. Also interesting appears of quartzite are defined at the area of Vinica near the village CrnKamen.

The formation of the micashistein Pelagonia is quite widespread but it was not a separate series with a certain stratigraphic position, but with gneisses constitute one series. The largest distribution have on Kaimakchalan, Selecka Mountain, Babu, Dautica, Karadzica, Kitka etc.

Depending on the composition of micashists occur in several varieties including: garnete, garnete - graphite, garnete - distend and garnete - distene -staurolithe.

Micashiste formation from Pelagonia there was really no significance, but still is marking the appearance of quarzite tapes with smaller dimensions.

In the Vardar Zone the formation of micashiste has been represented on several locality as follows Gradechka Mountain,Kozuf, Bucimand others. It occupies the upper metamorphic complex and lies through a series of the gneisses.At this gneisses - micashiste series often is occur quartz - graphite schist and leptinolite, which facial succeed each other both in the vertical and horizontal direction.In the quartz – graphite schist in some places dominates quartz with over 70% so they are often singled out as a series of the quartzite [1].

Within the Vardar zone in the formation of micashistsare separated parties from pure quartzite (Ivevo, Gabrevci, Dedino, Radovish). Occur in the form of small layers.They are stronger than surrounding rocks, so stick out in relief. By color are mostly yellowish. They are composed of quartz and andrecrystallized silicate cement binder with weak participation of mica, chlorite and iron hydroxide. Have a large size to 1km in length and width to 20 m. Depending on its purity can be economically very interesting.

Hydrothermal quartz wired are quite rare and almost insignificant.

3. FORMATION OF PELAGONIAN GRANITES

This formation is known and described as "Prilep granites" and is widespread on the mountain massifs Babuna, Kajmakchalan, Nidze, Mukos and Selecka Planina. This formation ispresented with a number of large granite masses and small bodies from granodioritecomposition concentrated mainly along the axis of Pelagonianand thay are associated with precambricmetamorphose complex.

Based on the structural - textured characteristics and mineral content pelagoniangranites are distinguished on two types of granodiorites: porfiric biotite granodiorites and medium grained to large grained massive granodiorites.

Porfiroide biotite granodiorites are occur in irregular elongated bodies pressed into the wings of anticlinale structures. Such larger bodies are discovered on t Mukos, then Selecka Planina and especially on the northern slopes of wreath Nidze - Kajmakcalan. Porfiroide granodiorite is large grained gray rock with porfir structure and

schistositytexture and, built from plagioclase, ortoclase, microcline, quartz and biotite. Quartz participation from 24-43%.

The massive type of granodiorites dominate on the field in the form of small irregular bodies and very large masses formed in anticlinale structural forms. Larger granodiorite masses of this type are found near Prilep and in the central part of Selecka Planina. These granodiorites appear as grayto darkgrayrocks, large granular with hipidiomorphic grain structure and massive texture. The main minerals occur plagioclase, K-feldspar, quartz and the biotite. Quartz involved 22-43%.

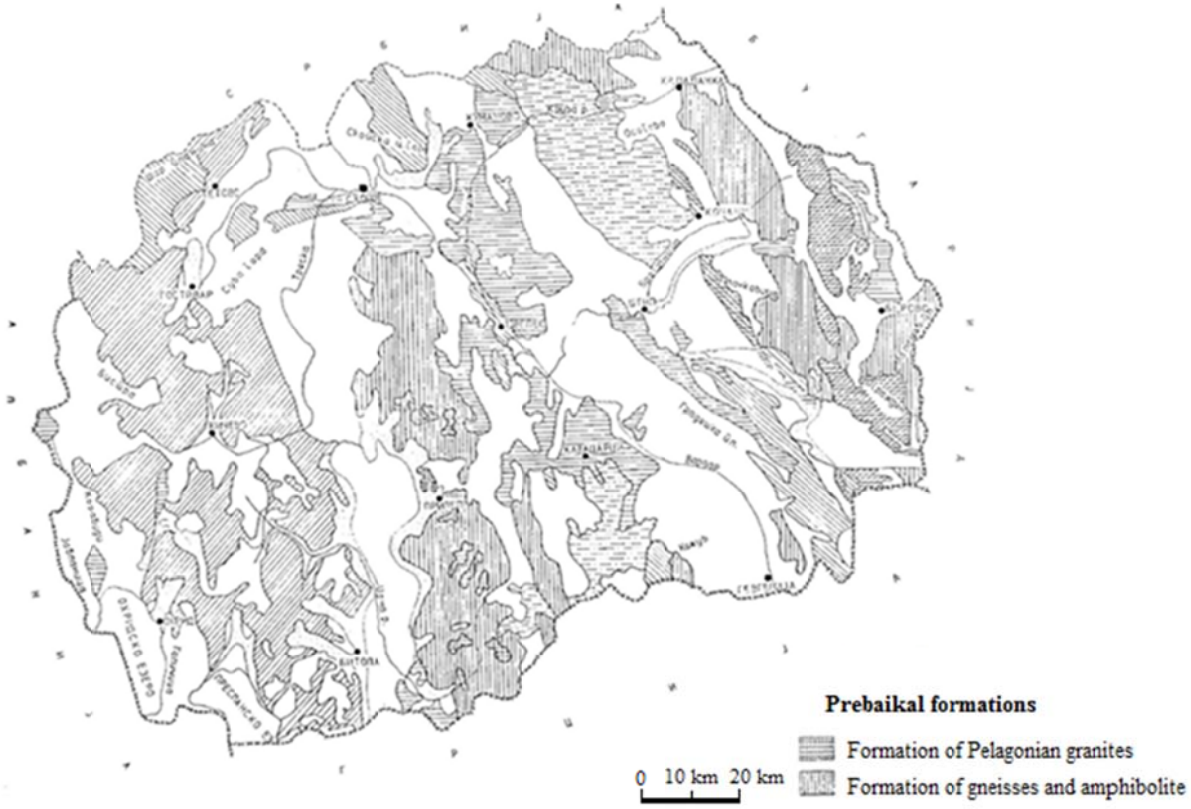


Fig.1*Prebaikal formations within the map of silicate raw materials on the territory on R. Macedonia*

In the formation on gneisses and granodiorites can be found numerous occurrences of wires and lenses from aplite, quartz and pegmatite bodies embossed in the form on concordant and discordant injections. Occurred as a result of the final phase of activity on granodiorite magma in Pelagonianwhich is rich in silicate solutions and easily volatile compounds. Using cracks and faults in the surrounding rocks are inscribed themselves and steeled forming various quartz bodies[3].

A quartz occurrences are very widely disseminated particularly in the area on Selecka Planina, but with smaller dimensions. These kind occurrences are encountered in surroundings of Lipa, southwest of Gorno Selo, Budi Maz, the monastery bearings, Derven etc[3]. These wires fulfill the the cracks in the direction of extension NW-SE and declined 80 °. The thickness of the quartz veins and wires ranging from 2-10 m. Larger lenslike irregular bodies occur in villages Chanishte, Paralovo, Proluka, Skocivir, Makovo, Maloruvci etc. Occurrences are with pure quartz milky-white in color with rare shells on muscovite and feldspar grains. They are characterized by high quality and represent a particular economic interest.

CONCLUSION

In the paper we present the research results of the bearers of silicate minerals on the territory of Macedonia as economic deposits and their exploitation.

Silicate quartz raw materials (quartz, quartzite) have great application as industrial raw materials in electrical industry. For obtaining pure silica metal used quartz with purity of 99% SiO_2 and harmful components > 0.05% on Fe_2O_3 and Al_2O_3. Metamorphic quartzite raw materials with lower silica content SiO_2 (95 -97%) find their benefits of getting ferosilicium alloys.

In these studies we concluded that prebaikal formations, formation of gneisses and amphibolite with deposits of pegmatite, micashiste formation and formation of Pelagonian granites are the most important bearers of silicate quartz and quartzite raw materials not only in the Republic of Macedonia but also on the entire Balkan peninsula.

REFERENCES

Adjigogov L. Final report for regional investigation of quartzite in Vardar zone, 1971.

BlazevK..Minerageny of silica raw material in Macedonia and their economical importance, Doctoral thesis, Faculty of mining anf geology, Stip, 1991

Paskalev P. Quartz and quartzite in SRM, 1990

Trajanov G. Report for geological investigations of quartzite near OrlovKamen - Kavadarci, 1982

GENESIS OF OIL IN THE DEEPEST MIOCENE SOURCE ROCKS IN THE NORTH-WEST PART OF SAVA DEPRESSION

[1]Snježana Blažeković Smojić, Vesna Hrženjak, Darko Tomašić, Tamara Troskot-Čorbić, Marina Mužina

[1]INA Plc., Exploration & Production Business Division, Exploration Sector
e-mail: Snjezana.Blazekovic-Smojic@ina.hr

Abstract
For the most oils in Sava depression a genetic similarity and correlation to organic facies of algal origin, enriched by bacterial biomass, with minor input of terrigenous organic matter has been established. Oils were expelled in early to mid katagenesis, from marly source rocks deposited in anoxic to suboxic environment from Middle Miocene (Badenian-Sarmatian – Prečec Formation) to Upper Miocene (Lower Panonnian – Prkos Formation).
During 2014., in exploration well A, discovery of oil was found in Miocene calcareous sandstones of Prečec Formation (2659-2679 m), which differs from most of Sava oils by its bulk and specific parameters (comparison with oil from well B is given), especially by very high paraffin content (7.7-17%). Similar content of solidified paraffins (14.1-18.5%) was determined in oil from Miocene petromictic conglomerates of Prečec Formation (2866-2917 m) in well C, situated ~20 km NW from well A.
Particularly interesting is the fact that the mature waxy well A oil is of marine, algal-bacterial origin, from source rocks deposited in restricted clastic environments with prevailing anoxic to suboxic conditions during deposition. Therefore, it makes it different from oil from well C, which originated from terrigenous, hydrogen enriched lipids, i.e. from regionally present mudstones/shales/marls enriched by mature terrigenous organic matter, deposited in suboxic to oxic environment.
Detailed geochemical characterization applying stable isotope and biomarker parameters established a positive correlation between well A oil and clayey and sandy marls from Prečec Formation in interval 2650-2690 m. Interesting, based on lithofacies and biofacies analyses those are determined as Karpatian sediments deposited in shallow marine clastic environment on inner shelf. Considering that there is a beginning of marine transgression clearly determined in Lower Badenian, such determination still needs to be incorporated into regional depositional model for entire depression, with more proves of regional marine environment (of Paratethys) during Lower Miocene.
Assessment of remaining hydrocarbon potential in Croatian part of Panonnian Basin System includes an exploration of possibility of thicker Miocene organic-rich sequences of Prečec Formation in the deeper parts of Sava Depression. They could be good oil or gas source rocks, i.e. unconventional reservoirs. Therefore the determination of age and areal extension of the marine environment is of large importance.

Key words: Sava Depression, waxy oil, correlation, marine environments

INTRODUCTION

Sava depression, a sub-basin in Croatian part of Panonnian Basin System has been subject of systematic exploration and exploitation for more than 60 years. Today it counts 21 oil and gas fields, with the first oil field "Gojlo" discovered back in 1930. Main reservoirs are of Pannonian-Pontian age, minor discoveries are present in Mesozoic, Lower Miocene and Pliocene deposits. In general, Sava depression hydrocarbons are genetically related to Middle and Upper Miocene source rocks, determined in the deeper tectonic units of depression. Present-day exploration and assessment of remaining hydrocarbon potential in Croatian part of Panonnian Basin System finds its target in the deeper, less investigated parts of sub-basins, with potential Lower Miocene (and/or older) source rocks of significant thickness, buried to their oil/gas generation threshold, with corresponding reservoirs, presumably on wider Croatian Panonnian area. In that sense, the NW part of Sava depression has proved to be very interesting for the detailed research.

GEOLOGICAL SETTING AND PETROLEUM SYSTEM

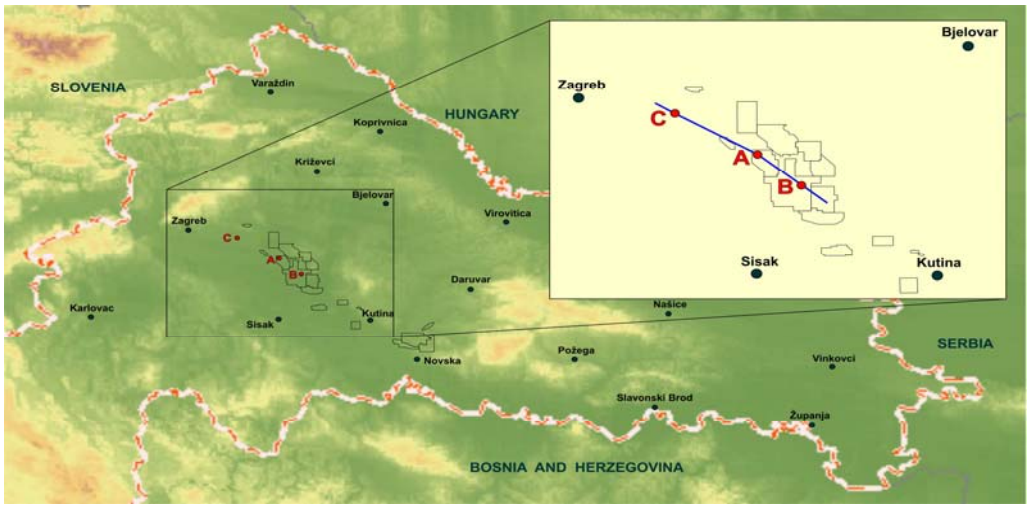


Fig. 1 *Position chart of the research area in NW part of Sava depression with field polygons*

The investigation area is situated between towns Zagreb on NW and Kutina on SE, mountain Moslavačka Gora on NE and river Sava on SW (Fig. 1.). There is a proven and productive Middle-Upper Miocene petroleum system in Sava depression (Fig. 2.). Source rocks are Badenian-Sarmatian (upper part of Prečec Formation) and Lower Panonnian (Prkos Formation) dark grey to black marls, calcareous marls and marly limestones, deposited in anoxic to suboxic deposition environment. Organic facies is of algal origin, enriched by bacterial biomass, with minor input of terrigenous organic matter – mostly type II: for Badenian-Sarmatian (with minor I-II & II-III), ave TOC is 1.37% and ave to high HI_0 550-620 mg HC/g TOC; for L. Panonnian ave TOC is 1.3% and ave to high HI_0 580-650 mg HC/g TOC (Troskot-Čorbić et al., 2009). Total generative potential (S_1+S_2) of ave 7 mg HC/g rock in both source formations indicates a good source rocks. Average value of stable isotope $\delta^{13}C$ for Sava oils is ~-24.5 (‰) (Barić, 2006).

For the most oils in Sava depression a genetic similarity and correlation with this organic facies has been established. HC generation began in the end of Pontian and is still on-going, oils were expelled in early to mid catagenesis. Trap formation lasted from Sarmatian till the end of Pontian, following sinsedimentary extension of the basin. Good reservoir rocks exchange with good seals (sandstone-marl alterations) in chronostratigraphic range from L. Miocene till the end of Pontian (Fig. 2.).

Three oils from wells A, B and C in the area of ~30 m^2 (Fig. 1.) which differ in their bulk and specific parameters, are given to show some variations in organic facies, lithofacies and depositional environment of Miocene source rocks in Sava depression, including the source intervals determined as Lower Miocene. Oil from well A was discovered in L. Miocene (Karpatian) calcareous sandstones of Prečec Formation (2659-2679 m), oil from well B, which is given as a representative of common Sava oils, was discovered in U. Pannonian sandstones of Ivanić Grad Formation (2058-2061 m), and oil from well C situated ~20 km NW from well A was discovered in Miocene (presumably L. Miocene) petromictic conglomerates of Prečec Formation (2866-2917 m).

A strong positive correlation by biomarkers and stable isotopes was established between oil A and bitumen from the source interval of Karpatian marls/siltites at depth of 2660-2670 m in well A, which is a part of a thicker source rock sequence: 2470-2883 m. Stable isotope results excluded positive correlation between oil B and bitumen from the interval of good source rocks in the well B: L. Pannonian marls (Prkos Fm) at depth of 2200-2220 m, although they showed many similarities in geochemical parameters. Sediments of L. Miocene or Badenian-L. Pannonian lithostratigraphic sequence in the well C

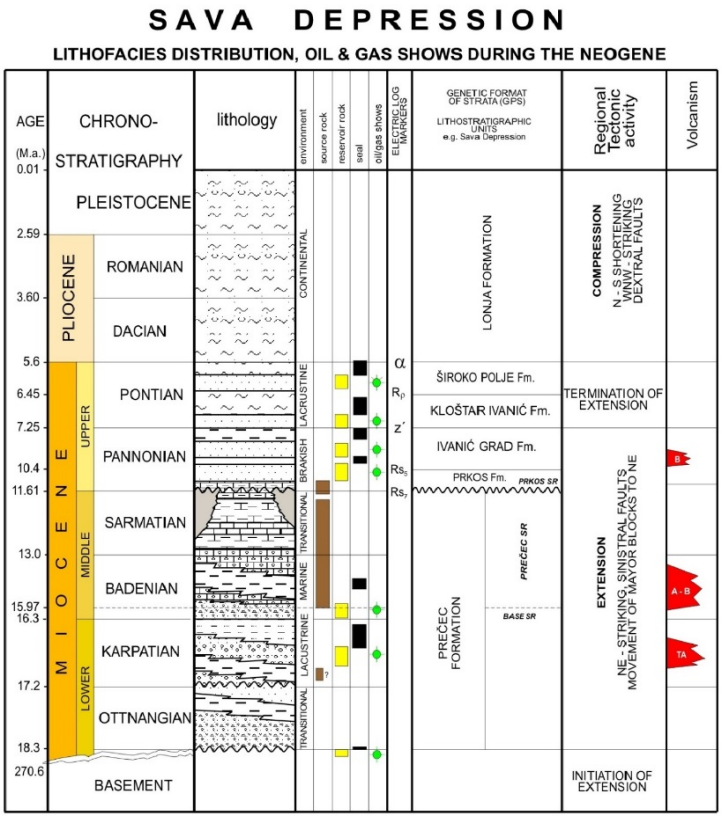


Fig. 2 *Distribution of lithofacies, petroleum system elements and regional tectonic and volcanic activity in Sava depression (modified after Barić et al., 2000; Saftić et al., 2003)*

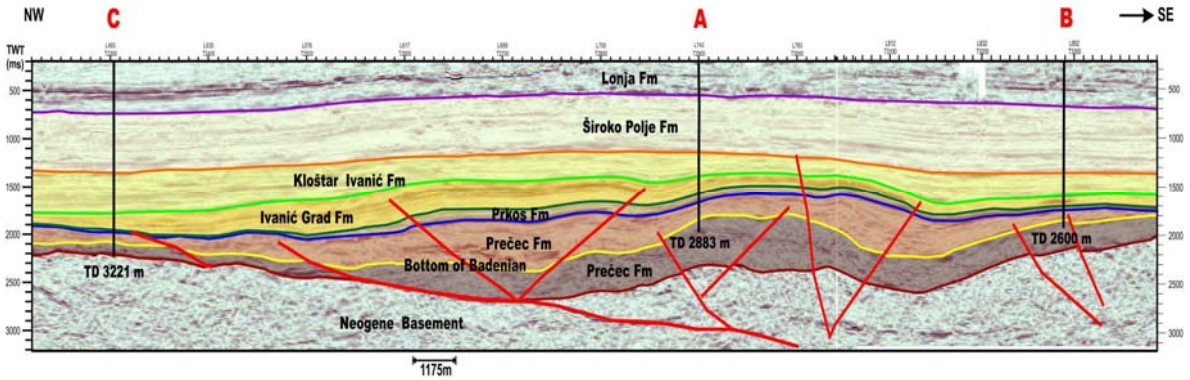


Fig. 3 *Seismic cross section showing position of wells A, B and C*

(mudstones/shales/marls) had sporadically very limited and inconsistent generative potential, and were not correlated with oil C.

A comprehensive work on construction of the regional depositional model for entire Sava depression has been done and is still ongoing. Litho- and biofacies analyses (planktonic foraminifera association) put the correlative source interval in well A into a clastic, shallow marine deposition environment on inner shelf stratigraphically determined as Karpatian (2500-2883 m), below the Badenian as shown on seismic section (Fig. 3.). Over last 20 years many respective publications had elaborated the subject of Miocene of the Central Parathetys, which included North Croatian Basins as a part of the Miocene Pannonian Basin system, with the assumed development of marine environment in the investigation area during upper part of L. Miocene (e.g. Rögl, 1996, 1998; Pavelić, 2001; Piller et al. 2007). Considering that a beginning of marine transgression in Northern Croatia has been shifted into L. Badenian by work of Ćorić et al. (2009), proves of regional marine environment present during Karpatian brings out some challenges again.

METHODOLOGY

To determine the origin of biomass which generated oils, source rocks deposition environment and maturity of oils and related source rocks, geochemical screening analyses and more specific methods of biomarker and stable isotope research were applied. Following screening geochemical analyses were applied on potential source rock samples (cutting and cores): TOC determination (mass % of total organic carbon) on LECO IR 212 instrument and Rock-Eval pyrolysis (for samples with TOC >0.3 %) on Vinci Technologies Rock-Eval 6 instrument according to the method by Espitalie et al. (1977, 1985).

After treatment in concentrated HCl and HF acid, and centrifugation in saturated $ZnCl_2$ solution, organic matter (kerogen) was isolated and photographed in transmitted and blue fluorescent light on Olympus BX51 microscope, and in reflected light (oil emersion) on Zeiss Axio Imager microscope. Vitrinite reflectance was measured on Leitz MPV-3 microscope photometer.

Extractable organic matter (bitumen) from the source rock samples was recovered using 36-hour Soxhlet extraction on powdered rock refluxing in chloroform. Excess solvent was removed by rota-evaporation at 50 °C and mass % of bitumen was determined after drying in a vacuum desiccator.

Preparation of oil samples for physico-chemical and geochemical analyses consisted of separation from water and solid precipitate by centrifuge, where samples A and C needed a moderate heating prior to the procedure. Basic geochemical parameters were obtained by routine techniques (Table 1.).

Oil and bitumen compositional fractionation was conducted by liquid column chromatography (LC) – SARA analysis. All fractions were dried and weighed as was bitumen, and expressed in mass % (Table 1.).

Gas chromatographic (GC) analyses of „whole oil“ for oil samples and alkane fraction (saturates) for bitumen were performed on Agilent 7890A instrument equipped with DB-PETRO capillary column coated with DF dimethylpolysiloxane (50 m * 0.2 mm * 0.5 μm). Samples were dissolved in isooctane, injected into a column and gasified under the specific temperature program. Carbon compounds were selectively retained and exited into the flame ionization detector according to their boiling points (retention times) with helium as a carrier gas. Peak areas represented relative abundances of compounds and were used in calculation of all GC (and GC/MS) parameters (Tables 2.-4.).

To obtain biomarker compounds, gas chromatographic-mass spectrometric (GC/MS) analyses of oil and bitumen alkane fractions were performed on Agilent GC 7890A gas chromatographer interfaced with Agilent MS 5975C quadrupol mass spectrometer. Alkane fractions were dissolved in isooctane and analyzed in a scan mode with helium as a carrier gas. For terpane and sterane source and maturity parameters alkane fractions were scanned at m/z = 191 and 217 (Tables 3. and 4.).

Measurements of carbon stable isotope ratio C^{13}/C^{12} ($\delta^{13}C$ ‰, PDB) for oils, and selected samples of bitumens and kerogens were performed on Finnigan MAT delta E mass spectrometer (Table 2.) according to the procedure after Sofer (1980).

RESULTS AND DISCUSSION

Screening analyses of cutting and cores singled out source rock intervals in wells A and B, potentially correlative to their oils. Both samples showed rather high quantity and quality of organic matter (especially B), partially due to the onset of oil generation, and for the more accurate results screening analyses were repeated after bitumen extraction. From well C, no samples were chosen for correlation to oil C.

Extracted sample A (Karpatian clayey and sandy marls/siltites, 2660-2670 m) showed TOC = 0.88 %; S_2 = 3.09 mg HC/g rock; HI = 351 mg HC/g TOC indicating fair source rock with type II kerogen (but with increasing content of mixed type II-III in thicker source rock sequence). Optically determined maceral composition showed prevailing amorphous (algal-bacterial) organic matter; maturity measured only on lipid particles (thermal alteration index – TAI = 3^-) corresponded to vitrinite reflectance of ~0.8 Ro, indicating katagenetic stage. Extracted sample B showed TOC = 1.77 %; S_2 = 8.92 mg HC/g rock; HI = 504 mg HC/g TOC indicating good to excellent source rock with type II kerogen. Optically determined maceral composition also showed prevailing amorphous (algal)

organic matter with minor terrigenous influence; maturity also measured only on lipid particles (TAI = 2-2$^-$) corresponded to vitrinite reflectance of ~0.55 Ro, indicating diagenesis-catagenesis transition, i.e. early maturity.

All three oils were normal to light and non-degraded. Oils A and C differed from most of Sava oils (B as a representative) by very high content of solidified paraffins (waxes) and consequently high pour point, where partial loss of low molecular hydrocarbons can be ascribed to low quality sampling and/or necessary heating prior to analytic procedures (Table 1.). Wax content had been generally related to the source rocks rich with terrigenous organic matter (Hedberg, 1968), and this was the first assumption about the origin of oil A. Nowadays hydrocarbon research on development of asphaltene and wax high resolution, by application of high temperature gas chromatography (HTGS) and gas chromatography-mass spectrometry (HTGCMS) changed Hedberg's postulate; besides terrigenous origin, waxes can be connected to lacustrine and marine organic matter (Philp – oral communication; Peters et al., 2005). Waxes can also originate in situ, by oligomerization of fat acids and other functional groups. Waxy oils are often associated with deltaic plains and inner shelf deposition environment (Peters et al., 2005).

Lower sulphur content and higher SAT/ARO ratio in oils A and C indicated clastic deposition environment (siltites), different from oil B which originated from calcareous rocks (marls).

Table 1. Basic geochemical parameters for oils

OIL	Gravity (°API)	Gravity (kg/dm^3)	Sulphur (%)	Solidified Wax (%)	Pour Point (°C)	SAT (%)	ARO (%)	POL (%)	ASF (%)
A	29.34	0.879	0.28	17	39	67.46	21.49	9.18	1.88
B	30.96	0.8702	0.78	5.5	18	57.86	28.48	10.58	3.09
C	28.01	0.8871	0.4	18.49	>50*	63.9	20.88	8.48	6.74

Note: **approximated by experience, not measured, due to very high solidified paraffin content*

Table 2. GC & stable isotope results „whole oil" (C_1-C_{40}) for oils and alkane fraction for bitumens

OIL / Bit.	n-alk. (%)	iso-alk. (%)	napht. (%)	arom. (%)	Pr/ nC_{17}	Ph/ nC_{18}	Pr/Ph	CPI	LER	WAX	$\delta^{13}C$ (‰)
A	88.73	6.81	0.96	1.45	0.24	0.51	0.51	0.92	0.01	0.95	-28.5
A	95.72	4.28	-	-	0.53	0.7	0.65	0.89	-	-	-24.31**
B	63.48	17.12	12.79	6.61	0.77	0.88	0.95	0.99	0.74	0.36	-24,48
B	82.66	17.34	-	-	1.39	1.75	0.62	0.94	-	-	-24.5***
C	92.24	7.76	-	-	0.47	0.48	1.14	1.01	-	0.74	-28.1

Note: ***measured on the ~200 m shallower core sample – part of the same litho-strat. source rock sequence; ***measured on kerogen*

GC results showed prevailing low molecular hydrocarbons in oils A and B (Fig. 4.), which is characteristic of marine algal precursors enriched by bacterial biomass (Tissot & Welte, 1984). Isoprenoid to n-alkane ratios were in favor of marine algal-bacterial origin for oil and bitumen A, implying higher maturity than for oil B (especially more than for bitumen B), which showed some input of terrigenous organic matter (Table 2.; Fig. 5.). Also, Pr/Ph ratios indicated maturity and anoxic deposition environment for oil and bitumen A, and anoxic to suboxic for oil and bitumen B. GC profile and parameters for oil C showed bimodal n-alkane distribution indicating significant input of terrigenous biomass (terrigenous, hydrogen enriched lipids), mature stage and anoxic to suboxic deposition environment.

Biomarkers are part of more stable C_{15+} portion of hydrocarbon distribution, therefore can provide more reliable insight into origin of oil precursors, source rocks deposition environment and maturity of oils and related source rocks, and are very strong tools in oil-oil and oil-source rock correlations. Hopane and tricyclic terpane parameters were calculated on terpane fingerprints (fragmentogram m/z 191), and sterane parameters on sterane fingerprints (fragmentogram m/z 217) (Tables 3. and 4.).

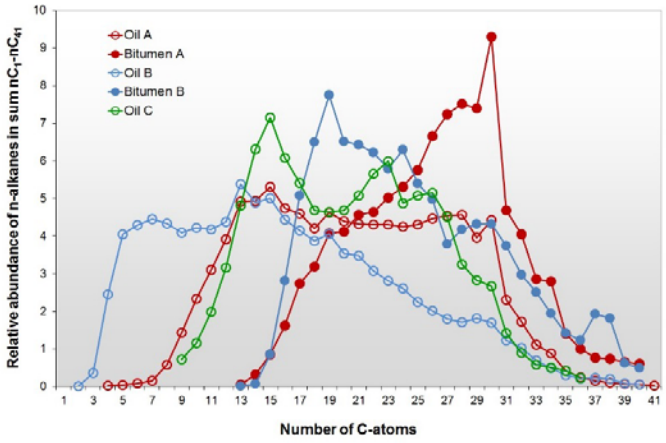


Fig. 4 *GC n-alkane distribution in „whole oil" (C_1-C_{40}) for oils and alkane fraction of bitumens*

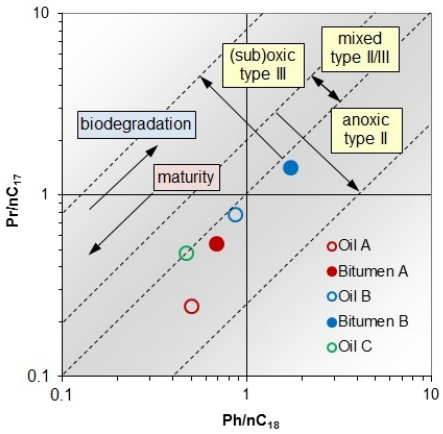


Fig. 5 *GC isoprenoid to n-alkane ratios indicating source biomass origin and deposition environment*

Table 3. Biomarker parameters – alkane fraction GC/MS results for oils and bitumens: m/z 191

OIL / Bit.	Hop C_{31}/ $\sum C_{31\text{-}35}$ (%)	Hop C_{32}/ $\sum C_{31\text{-}35}$ (%)	Hop C_{33}/ $\sum C_{31\text{-}35}$ (%)	Hop C_{34}/ $\sum C_{31\text{-}35}$ (%)	Hop C_{35}/ $\sum C_{31\text{-}35}$ (%)	Hop $C_{35}S/C_{34}S$	Hop $C_{31}R/C_{30}$	Ol/ Hop
A	44.92	31.03	7.96	8.05	8.04	0.99	0.26	0.09
A	39.08	31.92	8.86	10.2	9.94	0.96	0.32	0.17
B	36.33	25.22	16.59	11.3	10.57	0.94	0.23	0.19
B	36.59	23.66	15.93	11.6	12.22	1.03	0.23	0.31
C	37.77	26.62	17.03	9.74	6.84	0.72	0.23	0.11

Table 3. (continue)

OIL / Bit.	Hop C_{31}: S/(S+R)	Ts/ (Ts+Tm)	C_{30}: Mor/ Hop	Hop C_{29}/C_{30}	Gamacer/ Hop C_{30}	Tric Terp C_{23} /Hop C_{30}	Tric Terp C_{24}/C_{23}	Tric Terp C_{26}/C_{25}
A	0.53	0.5	0.07	0.06	0.27	0.49	0.82	1.44
A	0.55	0.42	0.15	0.02	0.13	0.05	0.87	-
B	0.58	0.44	0.13	0.6	0.03	0.16	0.85	-
B	0.56	0.45	0.16	0.61	0.04	0.23	0.61	0.52
C	0.57	0.4	0.12	0.4	0.11	0.19	-	0.73

Table 4. Biomarker parameters – alkane fraction GC/MS results for oils and bitumens: m/z 217

OIL / Bitumen	C_{27}: ααR /∑ααR (%)	C_{28}: ααR /∑ααR (%)	C_{29}: ααR /∑ααR (%)	C_{29}: ααS/ (ααS+ααR)	C_{29}: ββ/ (αα+ββ)	C_{27}: Dia/ Reg	m/z 217/191 Ster/Hop
A	36.97	24.52	38.52	0.45	0.64	0.44	0.85
A	30.21	25.06	44.73	0.58	0.52	0.19	0.64
B	34.76	32.97	32.27	0.43	0.42	0.35	2.01
B	36.38	35.12	28.5	0.39	0.24	0.2	4.33
C	25.81	37.32	34.87	0.58	0.46	0.28	0.67

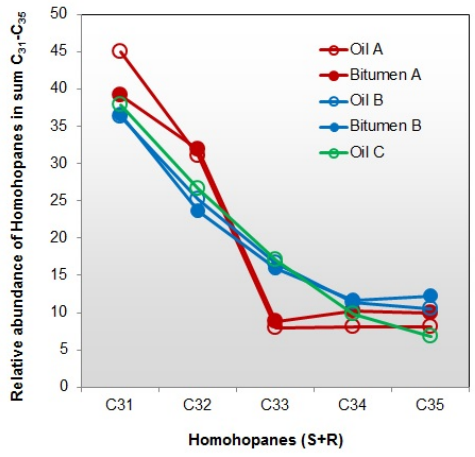


Fig. 6 *GS/MS homohopane distribution indicating biomass origin and deposition environment*

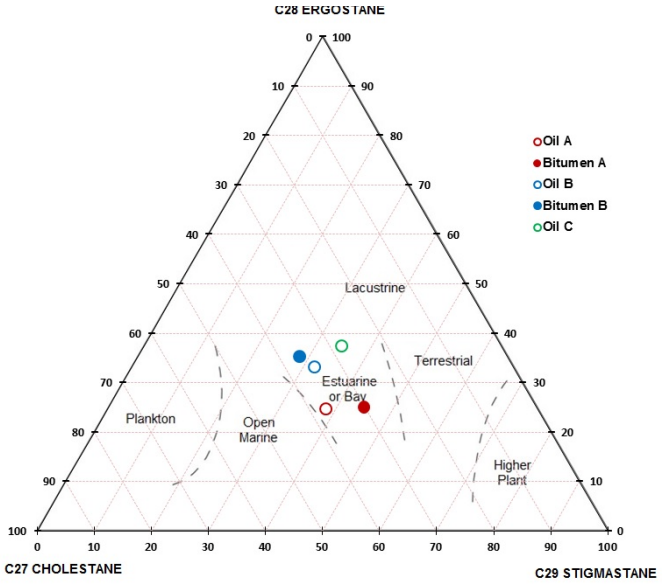


Fig. 7 *GS/MS triangular sterane distribution indicating biomass origin and deposition environment (after Huang & Meinschein, 1979)*

Considering determination of source and deposition environment, homohopane distributions (Fig. 6.) and high Hop $C_{35}S/C_{34}S$ parameters for oil and bitumen A indicated anoxic deposition conditions, anoxic to suboxic for oil and bitumen B, and suboxic to oxic for oil C (in accordance with Pr/Ph ratios). Relative C_{31} to C_{35} homolog distributions in marine oils has been commonly used as redox potential (Eh) indicator during and after deposition (Peters & Moldowan, 1991).

High gamacerane index (Gamacer/Hop C_{30}) for oil A (less for bitumen A) indicated hypesaline, highly anoxic deposition environment i.e. stratification of water column due to its low circulation (Sinninghe Damsté et al., 1995), which was not the case for oil and bitumen B, and oil C. High content of tricyclic terpanes (Tric Terp C_{23}/Hop C_{30}) (highest for oil A), and high Tric Terp C_{24}/C_{23} ratio (lowest for bitumen B) are related with marine shales, e.g. diagenetic product of algal and bacterial lipids (Peters et al., 2005).

On the other hand, high oleanane index (Ol/Hop) for oil and bitumen B (the highest), and oil C, lower Hop $C_{31}R/C_{30}$ ratios and lower content of tricyclic terpanes indicated brackish coastal deposition environment with significant input of terrigenous organic matter. Presence of oleanane is highly specific for higher-plant input of Cretaceous or younger age (Peters et al., 2005).

Sterane/hopane ratio is moderately specific parameter for eukaryotic vs prokaryotic source input, i.e. indicates if source biomass consisted mostly of algal/terrigenous lipids or bacterially reworked organic matter (Peters et al., 2005). Bacterial input in source biomass dominated in all samples except for the oil and bitumen B.

Triangular distribution of regular steranes C_{27}-C_{28}-C_{29} is used for determination of organic matter deposition environment, i.e. ecosystem (Huang & Meinschein, 1979), and genetic correlations between oils and source rocks. High abundance of C_{27} homolog indicates origin of marine, algal biomass, while increased C_{29} homolog indicates increased terrigenous input, or specific influence of bacterial lipids (Peters et al., 2005). On the triangular diagram (Fig. 7.) all oils and bitumens clustered in the zone of "Estuarine or Bay" indicating relatively closed, shallow marine coastal deposition environment, with emphasized brackish and terrigenous influence for oil and bitumen B, and more for oil C, and oil A leaning to "Open Marine". Also C_{30} sterane present in m/z 217 fingerprint of oil A confirmed marine origin of organic matter.

High diasterane/sterane ratios are typical of petroleum derived from clay-rich source rocks, but can also increase with thermal maturity (Peters et al., 2005). High C_{27} Dia/Reg ratio with very low norhopane/hopane ratio (Hop C_{29}/C_{30}) in oil A indicated clastic deposition environment.

Considering determination of maturity, several biomarker parameters were used, with hopane and sterane isomerization ratios as the most important. The isomerization of C-22 asymmetric atom in side chain of C_{31}-C_{35} 17α(H), 21β(H)-30 homohopanes converts biological 22R epimer through diagenesis to more stable geological 22S epimer, to their equilibrium mixture of 0.6 for S/(S+R) ratio (0.57-0.62, Seifert & Moldowan, 1986), which is reached at the beginning of the oil window, i.e. ~0.5% Ro (Mackenzie, 1984), and remains constant inspite of increasing maturity. Hop C_{31} S/(S+R) is nowadays considered to be very useful for prediction of oil generation onset (Peters et al., 2005). All three oils and bitumens were close to equilibrium value and indicated early maturity – oil generation onset (early catagenesis).

C_{27} hopane ratio Ts/(Ts+Tm) is maturity parameter where Tm (C_{27} 17α(H)-22,29,30-trisnorhopane) is thermaly less stable during katagenesis, and Ts (C_{27} 18α(H)-22,29,30-trisnorneohopane) is more stable, and its abundance increases with maturity (Seifert & Moldowan, 1978). This parameter is applicable in wide range, from immature to late mature oils and source rocks, but also very sensitive to source; low in oils from carbonate and high from hypersaline deposition environment, therefore most reliable for oils and bitumens from the same organic facies (Peters et al., 2005). Ts/(Ts+Tm) ratio in all three oils and bitumens indicated early mature phase – oil generation onset.

C_{30} moretane/hopane ratio (17β(H), 21α(H)/17α(H), 21β(H)-hopane) is maturity parameter specific for immature source rocks, i.e. oil generation onset, where moretane is thermaly less stable than hopane and it's abundance decreases with maturity from ~0.8 in immature to <0.15 in mature source rocks and oils (Mackenzie et al., 1980), and is partially sensitive to source (higher in hypersaline). C_{30}: Mor/Hop ratio in all three oils and bitumens indicated maturity, with the most mature oil A.

Sterane isomerization maturity parameters C_{29} ααS/(ααS+ααR) and C_{29} ββ/(αα+ββ) are highly specific for the range from immature to peak mature oils and source rocks. The isomerization of C-20 asymmetric atom in side chain of C_{29} 5α(H), 14α(H), 17α(H)-steranes converts biological 20R epimer through diagenesis to more stable geological 20S epimer, to their equilibrium mixture of 0.5 for S/(S+R) ratio (0.52-0.55, Seifert & Moldowan, 1986), which is reached at ~0.8% Ro (Mackenzie, 1984). The isomerization of C-14 and C-17 asymmetric atoms in ring of C_{29} 20S and 20R steranes converts biological αα epimers through diagenesis to more stable geological ββ epimers, to their equilibrium mixture of 0.7 for ββ/(ββ+αα) ratio (0.67-0.71, Seifert & Moldowan, 1986), which is reached at ~0.95% Ro (Mackenzie, 1984).

Sterane maturity parameters in oils A and C, and in bitumen A were relatively close to equilibrium values and indicated peak maturity, while in oil B have not reached equilibrium, indicating its generation before the peak of oil window. According to sterane parameters, bitumen B reached only early maturity and is less mature than oil B.

Carbon stable isotopes (C^{13}/C^{12}) are very distinctive parameter for determination of source biomass and deposition environment, therefore a strong correlation tool, also dependent on maturity (Waples, 1985). From the well A, stable isotopes were measured on kerogens and bitumens of thicker source rock sequence (2470-2883 m) and compared to oil A (Table 2.). $\delta^{13}C$ variations from kerogen reflected variations in terrigeous influence and lithology of particular source intervals, from -25, and -26 ‰ with terrigeous input (mixed type II-III kerogen – siltites) to -21 ‰ with dominant algal-bacterial organic matter deposited in anoxic deposition environment (type II kerogen – marls). $\delta^{13}C$ in bitumen (core sample from 2473 m) was -24.31 ‰, in the range of positive correlation. $\delta^{13}C$ of -28.5 ‰ for oil A indicated mixed type II-III kerogen characteristic for whole sequence, but more it reflected domination of bacterial enrichment in source biomass, since biomarker parameters showed low terrigenous influence.

From the well, B stable isotopes were measured on kerogens and bitumens from interval 2130-2520 m, and compared to oil B. $\delta^{13}C$ measured on kerogen varied from -27.19 to -24.5 ‰, and bitumen was in positive correlation with kerogen, showing $\delta^{13}C$ from -27.10 to -26.7 ‰. On the other hand oil B with $\delta^{13}C$ -24.48 ‰ showed enrichment with heavy isotope and could not be correlated with any of source intervals in the well B. $\delta^{13}C$ for oil B showed its higher maturity then of the examined L. Panonnian bitumen B, and also provided positive correlation with common

Sava oils which had originated from the similar older source lithofacies of Badenian-Sarmatian, deeper in the basin (Barić, 2006).

CONCLUSION

Mature waxy oil A discovered in Northern Sava depression area, originated from marine algal organic facies, enriched by bacterial biomass, with minor input of terrigenous organic matter; mostly type II. Positive oil-source rock genetic correlation was established within the well, with Karpatian siltites and marls deposited in closed, clastic, shallow marine deposition environment (inner shelf), under the anoxic conditions with low water circulation. From these source intervals oil was expelled to intraformational sandstones within the same depth interval, at maturity stage near peak of oil generation. This again indicates existence of marine regime before Badenian, with sporadically present organic facies, quite different from the well-known Badenian-Sarmatian (oil B), and more mature.

In the same time, the discovery of also mature waxy oil C in the nearby area was evidence of regionally present L. Miocene (probably Karpatian) mudstones/shales and marls, enriched by mature terrigenous organic matter, deposited in suboxic to oxic environment from which it originated.

For this reason, thicker Miocene organic-rich sequences of Prečec Formation, in the deeper parts of Sava Depression became more and more interesting target of hydrocarbon potential assessment in Croatian part of Panonnian Basin System, as a good oil or gas source rocks, i.e. unconventional reservoirs. Therefore, the determination of age and areal extension of the Miocene marine environment still remains of large importance.

REFERENCES

Barić, G., 2006: Naftna geokemija. INA - industrija nafte d.d., Zagreb, 253 p.

Barić, G., Ivković, Ž., Perica, R., 2000: The Miocene petroleum system of the Sava Depression, Croatia, Petroleum Geoscience, 6, 165-173 pp.

Ćorić, S., Pavelić, D., Rögl, F., Mandic, O., Vrabac, S., Avanić, R., Jerković, L., Vranjković, A., 2009: Revised Middle Miocene datum for initial marine flooding of North Croatian Basins (Pannonian Basin System, Central Paratethys). Geologia Croatica, 62, 1, 31-43 pp.

Espitalié, J., Deroo, G., Marquis, F., 1985: Rock Eval pyrolysis and its applications. Institut Francais du Petrole, Paris, 72 p.

Espitalié, J., Laporte, J.L., Madec, M., Marquis, F., Leplat, P., Paulet, J., Boutefeu, A. 1977: Methodé rapide de charactérisation des roches mères, de leur potentiel pétrolier et de leur degré d'évolution. Reuve de l'Institut Francais du Petrole, 32, 23-42 pp.

Hedberg, H.D., 1968: Significance of high-wax oils with respect to genesis of petroleum, AAPG Bull., 52, 5, 736-750 pp.

Huang W.Y., Meinschein W.G., 1979: Sterols as ecological indicators. Geochimica et Cosmochimica Acta, 43, 739-745 pp.

Mackenzie, A.S., 1984: Application of biological markers in petroleum geochemistry. In: Brooks, J., Welte, D.H. (eds.): Advances in Petroleum Geochemistry, Academic Press, London, 115-214 pp.

Mackenzie, A.S., Patience, R.L., Maxwell, J.R., Vandenbroucke, M., Durand, B., 1980: Molecular parameters of maturation in the Toarcian shales, Paris Basin, France – I. Changes in the configuration of acyclic isoprenoid alkane, steranes and triterpanes. Geochimica et Cosmochimica Acta, 44, 1709-1721 pp.

Pavelić, D., 2001: Tectonostratigraphic model for the North Croatian and North Bosnian sector of the Miocene Pannonian Basin system. Basin Research, 13, 359-376 pp.

Peters, K.E., Moldowan, J.M., 1991: Effects of source, thermal maturity and biodegradation on the distribution and isomerization of homohopanes in petroleum: Organic Geochemistry, v. 17, 47-61 pp.

Peters, K.E., Walters, C.C., Moldowan, J.M., 2005: The Biomarker Guide 2nd Edition, Volume I. Biomarkers and Isotopes in the Environment and Human History. Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 1-472 pp.

Peters, K.E., Walters, C.C., Moldowan, J.M., 2005: The Biomarker Guide 2nd Edition, Volume II. Biomarkers and Isotopes in Petroleum and Earth History. Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 473-1155 pp.

Piller W.E., Harzhauser M., Mandic O., 2007: Miocene Central Paratethys stratigraphy – current status and future directions. Stratigraphy 4, 2, 69-170 pp.

Rögl, F., 1996: Stratigraphic Correlation of the Paratethys Oligocene and Miocene. Mitteilungen Ges. Geol. Bergbaustudenten Österreich, 41, 65-73 pp.

Rögl, F., 1998: Palaeographic Consideration for Mediterranean and Paratethys Seaways (Oligocene to Miocene). Ann. Naturhist. Mus. Wien, 99A, 279-310 pp.

Saftić, B., Velić, J., Sztanó, O., Juhász, G., Ivković, Ž., 2003: Tertiary subsurface facies, source rocks and hydrocarbon reservoirs in the SW part of the Pannonian Basin (northern Croatia and south-western Hungary). Geologia Croatica, 56/1, 101-122 pp.

Seifert, W.K., Moldowan, J.M., 1978: Applications of steranes, terpanes and monoaromatics to the maturation, migration and source of crude oils. Geochimica et Cosmochimica Acta, 42, 77-95 pp.

Seifert, W.K., Moldowan, J.M., 1986: Use of biological markers in petroleum exploration. In: Johns, R.B. (ed.): Methods in Geochemistry and Geophysics, 24, Elsevier, Amsterdam, 261-290 pp.

Sinninghe Damsté, J.S., Kenig, F., Koopmans, M.P., Koster J, Schouten S, Hayes J.M., de Leeuw J.W., 1995): Evidence for gammacerane as an indicator of water-column stratification. Geochimica et Cosmochimica Acta, 59, 1895-1900 pp.

Sofer, Z., 1980: Preparation of carbon dioxide for stable carbon isotope analysis of petroleum fractions. Anal. Chem., 52, 1389-1391 pp.

Tissot, B.P., Welte, D.H., 1984: Petroleum Formation and Occurrence. 2nd Edn. Springer, Berlin, 699 p.

Troskot-Čorbić, T., Velić, J., Malvić, T., 2009: Comparison of the Middle Miocene and the Upper Miocene source rock formations in the Sava Depression (Pannonian Basin, Croatia). Geologia Croatica, 62, 2, 123-133 pp.

Waples, D.W., 1985: Geochemistry in Petroleum Exploration. IHRD, Boston, 232 p.

КВАЛИТАТИВНИ КАРАКТЕРИСТКИ НА АМФИБОЛСКИТЕ ШКРИЛЦИ ОД ЛОКАЛИТЕТОТ "ПОЧИВАЛО" ИСТОЧНА МАКЕДОНИЈА КАКО ОСНОВА ЗА НИВНА УПОТРЕБА КАКО АРХИТЕКТОНСКО – ГРАДЕЖЕН КАМЕН

Орце Спасовски, Даниел Спасовски

Факултет за природни и технички науки, Институт за геологија, Универзитет "Гоце Делчев", Република Македонија, orce.spasovski@ugd.edu.mk, sdaniel506@yahoo.com

Абстракт
Во трудот се прикажани квалитативните карактеристики на амфиболските шкрилци од локалноста Почивало (Источна Македонија) како основа за примена како архитектонско - градежен камен. Во рамките на овие испитувања одредувани се минералошко – петрографските, хемиските и физичко – механичките карактеристики на споменатите типови на карпи. Дел од испитувањата се направени на примероци земени од површинските делови. Резултатите добиени врз основа на извршените лабораториски испитувања на амфиболските шкрилци покажуваат дека овие карпи ги задоволуваат барањата за нивно искористување како архитектонско – градежен камен.

Клучни зборови: амфиболски шкрилци, Почивало, архитектонско - градежен камен, физичко – механички, минералошко – петрографски, хемиски, структурно – текстурни карактеристики.

Abstract: This paper presents the results of research of the qualitative characteristics of the amphibolite schist from the locality Pocivalo (Eastern Macedonia) as basis for utilization as architectural - construction stone. The analyses and the laboratory tests have been performed on samples of schist that were taken from the surface layers. The results from their physical and mechanical analyses showed that these rocks meet the requirements for their utilization as architectural - construction stone. Additionally, the quality of the stone is higher in the deeper parts of the terrain, where the external influences have little effect.

Key words: amphibolite schist; Pocivalo; architectural - construction stone; physicalmechanical characteristics, mineralogical- petrographic characteristics; structural-texture characteristics.

ВОВЕД

Локалитетот Почивало се наоѓа во североисточна Македонија, 3km североисточно од Крива Паланка. (слика 1), каде споменатиот град претставува и најголемо населено место.

Геолошките истражувања во областа имале различен карактер по обем и содржина зависно од интересирањето и условите кои постоеле во одделни периоди. Во прво време истражувањата имале информативен карактер кога Буе пропатувал низ Македонија и забелешките од неколку маршрути ги изнел во работите од 1846, 1868 година.

Од 1900 - та година, почнува етапата на регионални истражувања со кои е опфатена целата територија на Република Македонија. Од ова време се значајни работите на Цвијиќ (1906), кои со геолошката карта и тектонската скица чинат основа за геологијата на Македонија.

Слика 1. Карта на Република Македонија со назначена положба на локалитетот Почивало

Во времето на Првата светка војна Бончев (1920) Бончев вршел минералошко – петрографски испитувања на територијата на Македонија.

Во периодот помеѓу двете светски војни истражувањата биле поорганизирани и

насочувани на одредени области и резултатите од овие истражувања имаат примена и денес.

Томиќ (1940) а покасно Мариќ (1952) вршеле детални минералошко – петрографски и делумно хемиски испитувања на вулканските карпи и дошол до заклучок дека истите се претежно од групата на андезити, а значително помалку дацити.

Од страна на Јенко (1954) метаморфните карпи од ова подрачје ги поделил на два комплекса, односно долна и горна метаморфна серија. Пенџерковски и Ракичевиќ (1957) пограничната зона ја издвоиле како Сасо – Тораничка лабилна зона.

Во текот на неколку години (1958 – 1961) извршени се геолошки истражувања на дел од листовите Кратово и Ќустендил од страна на Страчков и Пенџерковски.

Во периодот од 1954 година па наваму се вршени обемни геолошки истражувања во познатите рудни реони Саса и Тораница од страна Геолошки завод – Скопје и Геолошки завод – Белград. Како резултат на овие истражување се отворени рудниците Саса, Тораница и Бентомак. Во текот на 1969 година од страна на Христов, Карајовановиќ и др. изработени се толкувач и лист Кратово – Ќустендил : 100 000 во рамките на ОГК на СФРЈ.

ПРИМЕНЕТИ МЕТОДИ ЗА ИСТРАЖУВАЊЕ

При проучувањето на амфибоските шкрилци од локалитетот Почивало користени се теренски и лабораториски проучувања и испитувања.

Теренските проучувања овозможија непосреден увид на теренот, запознавање со неговите геолошки и структурно – тектонските карактеристики, како и земање на репрезентативни примероци од амфиболските шкрилци за дефинирање на нивниот хемиски и минералошки состав, структурно – текстурни и физичко – механички карактеристики.

Минералошко - петрографската анализа е изработена според стандард Б. Б8. 003, заради што се изработени петрографски препарати. Микроскопскиот преглед е извршен со поларизационен оптички микроскоп со пропуштена светлина марка Leitz,Vetzlar.

Геомеханичките испитувања се направени во лабораторијата на ГИ „Македонија“-Скопје со цел да се документира погодноста на амфиболските шкрилци како агрегат за бетон, додека од архитектонски аспект можат да се применуваат како плочи за облагање на внатрешни простории, главно за вертикални облагања, во зависност од полирањето на каменот

ГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ

Врз основа на извршеното детално геолошко картирање на истражниот простор и изведените истражни работи изработена е детална геолошка карта. Најголемиот дел од истражуваното подрачје е изградено од нискометаморфни шкрилци со карактеристична зелена боја.

Спрема склопот и составот издвоени се следните типови на карпи: албит – епидот хлоритски и албит – хлоритски шкрилци, амфибол – хлорит – епидотски шкрилци и амфиболски шкрилци.

Албит – епидот - хлоритските и албит - хлоритските шкрилци се најраспространети карпи и се одликуваат со изразито зелена боја, шкрилеста текстура и со чести нагомилувања на фелдспат во вид на бобици или порфиробласти со големина до 3 mm.

Амфибол – хлорит – епидотскиите шкрилци имаат заматена сивозеленкаста боја.

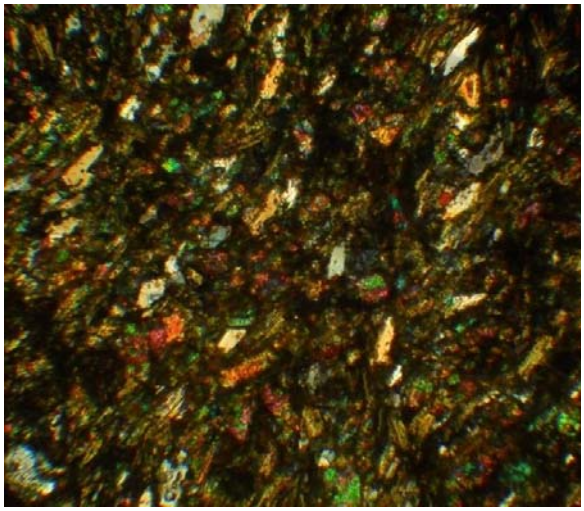
Структурата е лепидогранобластична, а паралелно шкрилава текстура, на места ситно и неправилно набрана. Долж фолијацијата се јавуваат мрко кафеаво обоени мали делови на минералниот состав, односно пигментирани делови со лимонитски оксиди.

Амфиболските шкрилци се одликуваат со сивозеленкаста боја, ситнозрнест состав, а тенко паралелно шкрилав хабитус. Покажуваат слаба сјајност по фолијација, што е карактеристично за амфиболски шкрилци, како и за хлоритски шкрилци.

МИНЕРАЛОШКО - ПЕТРОГРАФСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ

За минералошко - петрографски испитувања како одбрани се репрезентативни примероци од амфиболските карпи (амфибол – хлорит епидотските и амфиболските шкрилци) од локалитетот Почивало.

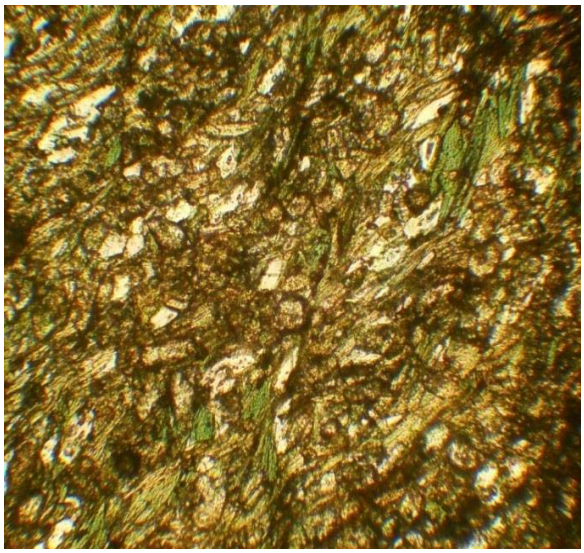
Поради еднородноста на примероците беа одредени три карактеристични примероци за изработка на петрографски препарати од амфибол – хлорит - епидотските и амфиболските шкрилци.



Слика 2. Микрофотографија на амфибол – хлорит – епидотски шкрилец (N+)

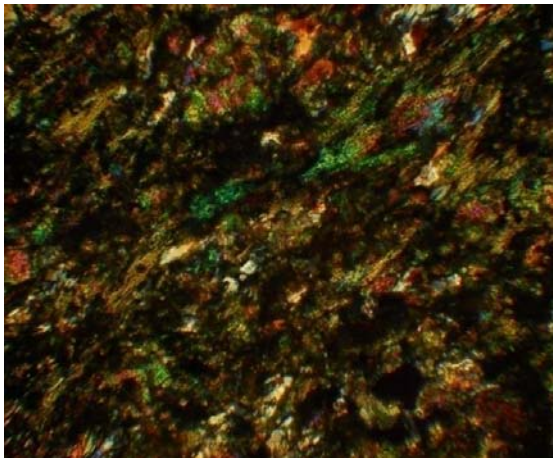
Петрографските препарати имаат за цел дефинирање на минералошкиот состав и структурно – текстурните карактеристики на спомнатите шкрилци присутни на истражуваниот простор. Во рамките на овие испитувања се направи обид да се одреди присуството на микро прслини и пукнатини со што се дефинирани микро структурните карактеристики на амфибол – хлорит - епидотските и амфиболските шкрилци.
Микроскопскиот преглед на препаратите е извршен со поларизационен микроскоп во пропуштена светлина марка Leitz, Wetzlar Germani.

Амфибол – хлорит - епидотските шкрилци имаат заматена сивозеленкаста боја. Стурктурата е лепидогранобластична, паралелно шкрилава текстура, на места ситно и неправилно набрана. Вдолж фолијацијата се јавуваат мрко кафеаво обоени мали делови на минералниот состав, односно пигментирани делови со лимонитски оксиди.
Главни минерали во карпата се: амфибол, епидот, хлорит, кварц, а во мала количина се јавува и биотит, кој претставува споредeн минерал. Епидотот се јавува во зрнести кристали и заедно со хлоритските снопови прави нејасно издиференцирани низови во еден правец, на места повиени. Епидотот се истакнува во карпата и тоа во зрнести малку издолжени кристали со гранулација околу 50 - 100 микрони. Амфиболот заедно со епидотот и хлоритот асоцираат дека и тој се јавува во тенки издолжени кристали вдолж шкрилавоста. Амфиболот е актинолит. Примерокот по површина е прекриен со тенки скрами, жолто - кафеави лимонитски скрами. Карпата има нематобластична структура, а паралелно шкрилава текстура (слика 2 и 3).



Слика 3. Микрофотографија на амфибол – хлорит – епидотски шкрилец (N-)

Хлоритот прави листести форми издолжени со шкрилавоста, со јасно зелен плеохроизам. Должината на лиските е околу 150 микрони. Најверојатно, претставува секундарен минерал на сметка на амфибол.
Кварцот се јавува во неправилни малку издолжени кристали со големина околу 50 микони, ретко поголеми до 100 микрони.
Количинската застапеност на епидот и хлорит е прилично уедначена и заедно со амфиболот учествуваат околу 70 % во карпата. Заедно во асоцијација со хлоритско - епидотските низови учествуваат амфиболот во подолги кристали како биотит во листести форми. Споредни минерали се: биотит, сфен, албит и руден минерал – магнетит, лимонит.
Со длабинското истражно дупчење е констатирано наизменично сменување на амфибол – епидот - хлоритските и амфиболските шкрилци со дебелина која се движи од 0.5 до 2 метри, на отворените геолошки профили и преку 5 метри.

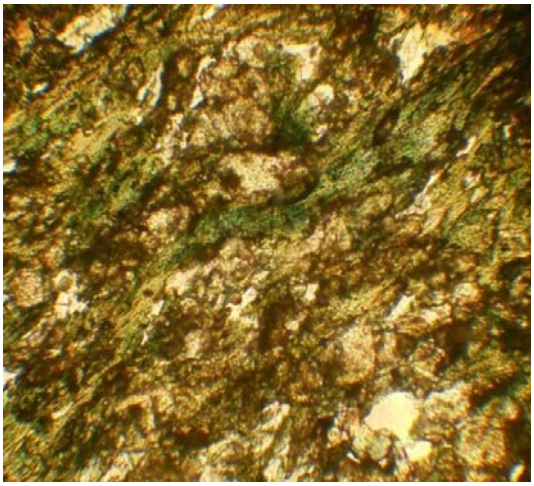


Слика 4. Микрофотографија на амфиболски шкрилец (N+)

Амфиболските шкрилци се одликуваат со сивозеленкаста боја, ситнозрнест состав, а тенко паралелно шкрилав хабитус (слика 4 и 5). Покажува слаба сјајност по фолијација, што е карактеристично за амфиболски шкрилци, како и за хлоритски шкрилци.

Во состав на карпата главни минерали се: амфибол, епидот, хлорит и кварц. Споредни минерали се калцит, албит, и руден минерал.

Амфиболот, заедно со епидот и хлорит, кои се во асоцијација, јасно преовладуваат во карпата и количински учествуваат околу 80 %, од што амфиболот е најмногу застапен минерал. Амфиболот се јавува во стапчести кристали кои не се разграничуваат јасно меѓу себе, туку се надоврзуваат еден на друг, така што градат несосема јасни низови. Се појавува и во ситно листести форми. Тој е од типот на хорнбленда и има јасен плеохроизам во зелени бои. Должината на амфиболските кристали не е јасна така што достигнуваат и до 2 mm. со својата издолженост во еден правец ја чинат шкрилавоста на карпата. Со него редовно асоцираат епидот и хлорит и најверојатно се секундарни минерали на сметка на амфибол. Епидотот местимично прави мали натрупувања во ситнозрнести агрегати.



Слика 5. Микрофотографија на амфиболски шкрилец (N-)

Кварцот се јавува во неправилни зрнести кристали во меѓупросторот на амфиболските низови, во индивидуални зрна и поретко во мали леќи. Големината на кварцните зрна е околу 150 микрони. Во рамките на амфиболките шкрилци се сретнуваат леќи и жици од кварц со различна големина, понекогаш и интензивно набрани. Дебелината на амфиболските шкрилци е различна и се движи во рамките од 2 до 4 метри, а на поедини отворени профили и преку 5 метри.

ФИЗИЧКО - МЕХАНИЧКИ КАРАКТЕРИСТИКИ

При испитувањето применета е соодветна методологија на лабораториски испитувања согласно на постојни стандарди за ваков вид на работи. Главно се користени постојните државни (МКС) стандарди, но исто така се земени предвид и препораките за испитување на меѓународното друштво за механика на карпи (ISRM – **I**nternational Society for Rock Mechanics).

Заради споредба на јакоста на притисок, како и за утврдување на соодветни коефициенти на пропорционалност, извршени се испитувања на индексот на јакост. Каменот од локалитетот Почивало се одликува со добра јакост на притисок, која кај испитаните примероци во сува состојба изразена како средна вредност изнесува βPsred.= 85.23 MPa, во водозаситена состојба изразена како средна вредност изнесува βPsred.= 70,25 MPa после што е утврдено процентуално намалување на јакоста на притисок во прифатливи рамки и истото во конкретниот случај изнесува ZβpM25 cik = 24.03%.

Запреминската маса на испитуваниот примерок изнесува γv. = 1.99 t/m^3, додека

специфичната маса на испитуваниот примерок изнесува $\gamma s = 3.01$ t/m^3. Овој камен се одликува со висок степен ан густина SG = 99.3 %, мала порозност p = 7%. Тој има мало водовпивање U = 0.1% и висока отпорност на абење со стружење Ab = 17.24 cm^3/50cm^2. Овој камен покажува добра отпорност на дејство на мараз и има минимална загуба во маса, која процентуално изразена после 5 извршени циклуси изнесува ZMr = 0.1%.

ОЦЕНКА НА РЕЗУЛТАТИТЕ ОД ИСПИТУВАЊЕТО НА КВАЛИТЕТОТ

Со извршените испитувања за квалитетот на може да се каже следното. Примероците 1 и 3 се детерминирани како амфибол хлорит - епидотски шкрилци со помала количина на амфибол. Количинскиот сооднос на хлорит и епидот е прилично поедначков во пр. 1, а во прим 2 нешто повеќе е застапен хлоритот.

Хлоритизацијата претставува неповолна компонента за физичко – механичките карактеристики на каменот, односно се очекува да има послаби јакосни карактеристики, заради што овие шкрилци може да се применуваат како агрегат за асфалт и бетон, а во зависност од испитаните јакосни карактеристики на каменот, односно за патишта од низок ранг, каде нема голема фрекфренција на возила.

Од архитектонски аспект може да се применуваат како плочи за облагање на внатрешни простори, главно за вертикални облагања, а во зависност од полирањето на каменот.

Во примерок 1 се јавува слаба сулфидна минерализација, која претставува штетна компонента врз бетонот, како и за надворешни плочи, заради што не се препорачува за бетон, или пак ако се применува да се избегнуваат зоните со поголема содржина на сулфидна минерализација.

Примерокот 5 е детерминиран како амфиболски шкрилец, со помала застапеност на хлоритизација.

Овој примерок се очекува да има повисоки вредности на физичко – механичките карактеристики на каменот и може да се применува како агрегат за бетонски и асфалтни мешавини, а марката на бетон за која може да се применува ќе зависи од јакосните вредности на истиот.

Поради добрата отпорност на абење, релативно малото водовпивање, високиот степен на густина и малата порозност и неговата постојаност при изложување на атмосферски влијанија, тој се смета особено погоден за надворешна употреба како камен за обложување на фасади, ќејски и потпорни sидови, како камен за поплочување на шеталишта и плоштади.

ЗАКЛУЧОК

Врз основа на извршените испитувања и приложениот материјал за шкрилците од локалитетот Почивало можат да се извлечат следните заклучоци:

Истражуваното подрачје е изградено од нискометаморфни шкрилци со карактеристична зелена боја.

Спрема склопот и составот се издвоени се: албит – епидот хлоритски и албит – хлоритски шкрилци, амфибол – хлорит – епидотски шкрилци и амфиболски шкрилци.

Албит – епидот - хлоритските и албит - хлоритските шкрилци се најраспространети карпи и се одликуваат со изразито зелена боја, шкрилеста текстура и со чести нагомилувања на фелдспат во вид на бобици или порфирообласти со големина до 3mm.

Амфибол – хлорит - епидотски имаат заматена сивозеленкаста боја. Структурата им е лепидогранобластична, а паралелно шкрилава текстура, на места ситно и неправилно набрана. Вдолж фолијацијата се јавуваат мрко кафеаво обоени мали делови на минералниот состав, односно пигментирани делови со лимонитски оксиди.

Амфиболските шкрилци се одликуваат со сивозеленкаста боја, ситнозрнест состав, а тенко паралелно шкрилав хабитус. Покажуваат слаба сјајност по фолијација, што е карактеристично за амфиболски шкрилци, како и за хлоритски шкрилци.

Поради добрата отпорност на абење, релативно малото водовпивање, високиот степен на густина и малата порозност и неговата постојаност при изложување на атмосферски влијанија, испитуваните

шкрилци се особено погодни за надворешна употреба како камен за обложување на фасади, ќејски и потпорни ѕидови, како камен за поплочување на шеталишта и плоштади, но не е исклучена можноста за друга примена во зависност од потребите и можностите на производителот.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бончев, Г., 1920: Петрографско – минералошки изучувања во Македонија. Зборник на БАН, кн. XIII, клон прир. мат., Софија.
2. Јенко, К., и др. 1954: Ивештај за геолошкото картирање на теренот на Кривопаланечка околина во врска со појавување на олово - цинкови оруднувања. Св. 1, 2. Стр. фонд на Геолошки завод на СРМ, Скопје.
3. Мариќ, Л., 1952: Ефузивне стијене у рудној области између Злетова и Кратова. Споменица М. Кишпатића, Загреб.
4. Пенџерковски, Ј., 1962: Краток преглед на геолошката градба на областа Саса – Тораница (Македонија). Трудови на Геолошки Завод на СРМ, св. 9. Скопје.
5. Страчков, М., 1961: Тектоника на централниот дел на Осоговската планина. Трудови на Геолошки Завод на СРМ, св. 8. Скопје.
6. Томиќ, Ј., 1940: Извештај о теренском испитивању на листу Крива Паланка, Кратово и Плачковица. Годишњак Геол. Инст. Кр. Југ. за 1939 год. Београд.
7. Христов, С., Карајовановиќ, М., Јанчевски, Ј., Иванова, В., 1969: Толкувач за ОГК на СФРЈ 1:100 000 за листот Кратово - Ќустендил. Фонд на Геолошки Завод – Скопје.
8. Христов, С., Карајовановиќ, М., 1969: Основна геолошка карта на СФРЈ 1 : 100 000 за листот Кратово - Ќустендил. Фонд на Геолошки Завод – Скопје.
9. Цвијиќ, Ј., 1906: Основе за географију и геологију Македоније и Старе Србије, Београд.

DIMENSIONAL STONE DEPOSITS IN WESTERN MACEDONIA

Ljupche Kulakov

Civil Engineering Institute MACEDONIA J.S. Skopje
kulakov1978@hotmail.com

Abstract
Subject of this paper is some exploratory works for rock masses in western Macedonia which are suitable and economically interesting for exploitation for usage as Dimensional and Decorative stone material. It contains processed data from a larger number of field, laboratory and cabinet studies that represent a set of perennial active research by the author of this thesis. During the research for this thesis, data obtained through direct and indirect research of the author, as well as data from different subjects in form of elaborates, studies, reports and other technical documentation, has been used.
In terms of regionalization, as subject areas for research, parts of Mariovo, terrains around Prilep, v.Drenovo, v.Pletvar, v.Matka, and others, had been explored. With this research several types of magmatic, metamorphic and sedimentary rock types had been defined which are estimated to have potential for exploitation as Dimension and Decorative stone.

Keywords: research, rocks, analysis, data

INTRODUCTION

The purpose of this research is to define the locations, conditions, opportunities and quality of rocks mass that are, or could be suitable for exploitation as dimensional and decorative stone in Western Macedonia. This way substantial technical documentation created on the basis of completed field and laboratory research would be formed, which could serve as a solid basis for further detailed geological research and opening new quarries for exploitation of dimensional and decorative stone. By this, special contribution in the area of exploitation of mineral resources will be given, as well as additional new information for geological structure of individual micro locations that are analyzed within this thesis.
During the research for this thesis data obtained through direct and indirect research of the author, as well as data from earlier investigations performed by different entities in the form of studies was used. The research covers a range of existing quarries and potential deposit sites where already have been carried active exploration works, and for which there are favorable results for further implementation of detailed geological research. In terms of regionalization, as subject areas for research parts of Mariovo district, area around Prilep, v.Drenovo, v.Matka ect. ware covered. Such research covers several types of magmatic, metamorphic and sedimentary rocks which are estimated to have the potential for exploitation as dimensional and decorative stone.

BASIC GEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF WESTERN MACEDONIA REGION

As two most important factors in defining potentiality of certain regions in terms of the appearance of high quality dimensional stone, it is definition of geotectonic and lithological features of rocks masses. According to geotectonic division defined by M.Arsovski in 1979, the territory of Macedonia is divided in to four tectonic provinces, out of which three (Vardar Zone, Pelagonia massif and Western Macedonian zone) are represented within Western Macedonia (Figure 1). Each of these tectonic units is characterized by structural features and lithological formations which are result of specific mode of separate formation. *Vardar zone*, partially is situated to the territory of Western Macedonia, and occupy eastern border areas stretching along the river Vardar. It represents oceanic crust which tectonic divides Pelagonija massif of the Serbo - Macedonian massif. It doesn't have any significant value for appearance of high quality dimension stone

deposits. Within its boundaries there are two separate blocks Elan Shupe and Mala Rupa which are composed of gneiss, granitoides and smaller appearance of marbles. Towards south, this zone is predominantly composed of ultra basic rock formations (gabbros and diabase). As more significant part is considered the central zone west of Kavadarci where cretaceous lime stones and some marble occurence are registered. *Pelagonian horst - anticlinoria* from west side is bordering the Western Macedonian zone, and towards east is in contact with Vardar zone. South of Skopje it extends in sub-meridian direction with length of approximately 120km and a width of 40km. Pelagonian valley is covered by Neogene sediments which are widely represented within it. North part of the province is composed mostly of marbles out of which only small section of them are potentialy interesting for exploitation. As most significant part of this zone, as well as whole western Macedonia region are teritories around Prilep, Pletvar and especially Mariovo. Around 90% of all existing quarries for dimensional stone in Macedonia are situated in these regions (Figure 2).

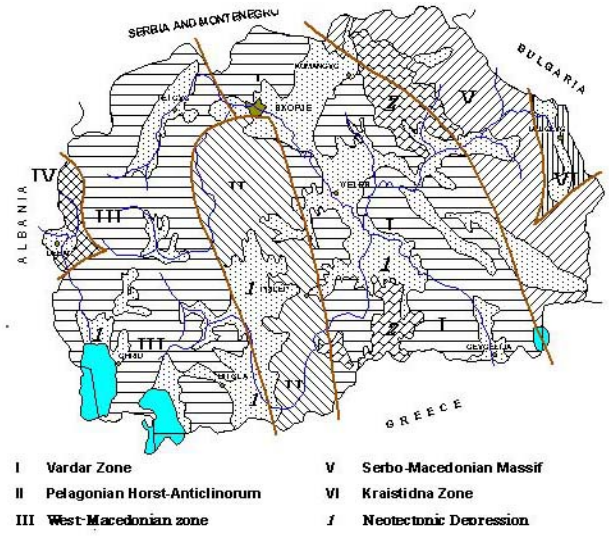
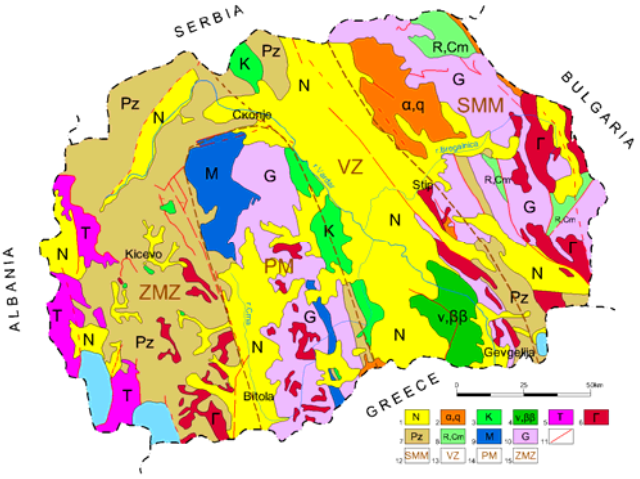


Fig.1 *Tectonic map of R.Macedonia*

Western Macedonian zone is defined with Krasta - Cukali zone towards west, and the Pelagonian horst - anticlinoria from eastern side. It stretches for over 150km and 65 in width. It has limited significance for appearance of good quality rock formations. It is composed mostly of Paleozoic rock formations which are highly fractured from intense tectonic movement. As significant deposits in this zone are considered those of travertine and lime stones around Ohrid.



1. Neogene 2. Volcano-sedimentary area 3.Cretaceous sediments 4.Gabbro- diabase formation 5.Triassic limestones 6.Grate complex, 7.Paleozic complex 8.Rifrj Cambric complex 9. Marbles, 10.Gneiss, 11. Faults 12. Serbo - Macedonian massif 13.Vardar zone 14.Pelagonian horst-anticlinorum 15.Western macedonian zone

Fig. 2 *Synoptic geological map of R.Macedonia*

USED METHODS AND DATA FOR EXPLORATION WORKS

During the exploration works for dimensional stone deposits in western Macedonia, numerous terrain, laboratory and office analysis and research was conducted. This concerned direct and indirect investigations which resulted with rich data for basic and detail properties of potential and existing dimensional stone deposits. Also existing data (Projects, Elaborates, Reports, Studies and etc) from previously performed explorations ware processed. Most significant information for initial and detail quality properties for strict micro location was performed by the researcher. This resulted with precisely defined coordinates for the potential deposit and its basic or detail properties. Also, as very useful information for initial deposit zones was considered data from other type of geological investigations. This data is mostly related to exploration drilling works for coal, metallic and non metallic mineral resources, geotechnical investigations and else. During terrain investigations conducted by the author, standard methods for dimensional stone deposit exploration was used. It included terrain prospection of rock out peaks, level of

fracturing, sclerometer test, water bearing, pigmentation analysis, deceptive value and etc. Also numerous laboratory analysis according to the basic standards for exploration of dimensional stone ware conducted. Correlation from point load test to define uniaxial compressive strength of rock formations was used as most common method for quick and approximate laboratory detection.

RESEARCH RESULTS

According to previously noted, large amount of data for potential and existing dimensional stone deposits was goatherd during these investigations. Presentation of the results for each deposit zones is defined by separate type of rock. Most significant types of rock mass suitable for exploitation are considered: marbles, granites, gneiss, onyx, and travertine.

As most significant deposits for *travertine* are considered Mariovo (Besiste - Manastir), Skopje (Matka - Svilare), Pletvar (Trojaci), Ohrid (Velmej). Since on all of these locations there are some active quarries, there is large amount of detail information for geological composition and quality of rock mass. Also there is some data from indirect research for other mineral resources which can be very useful for detecting new potential locations for exploitation of travertine and onyx. Such investigations are those for coal that were conducted six years ago around v.Vitoliste. According to the results from the boreholes, economically interesting appearances was established on several locations (Table 1).

Table 1. Mediate results for travertine and onyx from performed exploratory boreholes for coal near v.Vitoliste

Borehole Number	Year of drilling	Coordinates URS		Thickness of layer [m]		
		Y	X	Travertine	Onyx	Total
241	1984	7563900	4557005	63	15	78
238	1984	7564418	4557000	89	13	102
203	1984	7563500	4557010	67	6	73
102	1977	7564000	4557000	109	14	123
51	1976	7564500	4557000	62	/	62
10/XIX	2010	7566905	4555155	80	13	93
12/XX	2010	7564666	4556752	20	37	57

Also, numerous laboratory test result are gathered during last couple of decades which confirms high quality of these rock formations. Mainly laboratory test ware performed to core samples recovered during exploratory drilling (Figure 3).

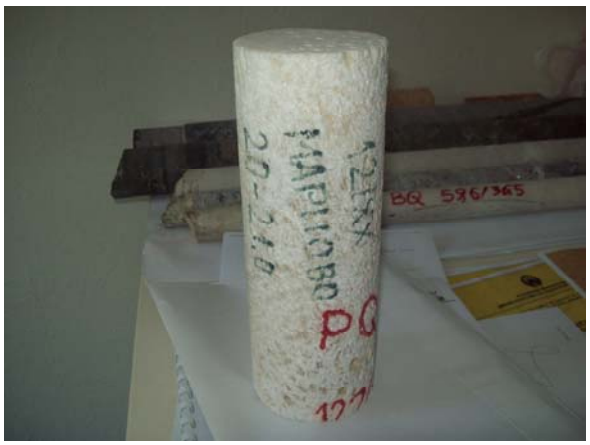


***Fig. 3** Analyzed core sample from borehole 12/XX*

As most representative laboratory test results for Besiste - Manastir deposit area considered those form same named existing quarries.

Results for standard laboratory analysis for previously noted locations are presented in Table 2.

Table 2. Physical - mechanic properties of travertine

Type of test	Measur.	Average	
		Besiste	Manastir
Uniax. strength (dry)	MPa	96,2	100,7
Uniax. strength (water satur.)	MPa	62,13	64,60
Uniax. strength (25 cycles)	MPa	72,18	75,13
Resistance of abrasion	$cm^2/50cm$	12,78	27.5
Water saturation	%	2,64	2,0
Specific density	Kg/m^3	2580	2610
Bulk density	Kg/m^3	2505	2510
Porosity	%	8,15	6,70

The area around v.Trojaci is also known as potentially suitable for exploitation of travertine. Compared to previous ones, level of exploitation hire is much lower at the moment. As most relevant data for quality of these rocks is considered that from Gjurovo deposit (Table 3). Hire travertine appears mostly as light yellow to brown. Data for Matka-Svilare travertine deposit tells that this area has big deposit of high quality travertine. Travertine hire appears as predominately light brown with dark brown interlayer's. The thickness of travertine plate is approximately 15 to 20m (Figure 4). Part of this deposit is in active exploitation since couple of decades ago.

Fig. 4 *Travertine deposit v.Gorna Matka*

Basic laboratory examination data for Gjurovo and Matka deposits are presented in Table 3.

Table 3. Physical - mechanic properties of travertine

Type of test	Measur.	Average	
		Gjurovo	Matka
Uniax. strength (dry)	MPa	121.8	112.20
Uniax. strength (water satur.)	MPa	114,30	109,37
Uniax. strength (25 cycles)	MPa	106.66	105.35
Resistance of abrasion	$cm^2/50cm$	22,75	26,16
Water saturation	%	0.4	0.6
Specific density	Kg/m^3	2690	2640
Bulk density	Kg/m^3	2630	2610
Porosity	%	2.20	2.90

Velmej travertine deposit is situated approximately 20km NE from Ohrid near v.Velmej. This deposit besides its good quality has limited value because most of the deposit area is under active concession for exploitation.

Marble deposits are mainly situated in Prilep, Pletvar and Mariovo area. Basically these are gray, light gray to semi white (rarely totally white) marbles. The level of compact block zones in these deposits is usually under 15%. Most famous deposit around Prilep is marble appearance near v.Prisad where active quarry "Sivec" and "Bela Pola" are situated. Actually these two marble deposits are most famous at te moment. Sivec quarry is the oldest and has high quality marble production (Figure 5). These marbles are predominately dolomite type.

Fig. 5 *White and semi white marble in Sivec dep.*

Basic laboratory examination data for Gjurovo and Matka deposits are presented in Table 3.

Table 4. Physical - mechanic properties of travertine

Type of test	Measur.	Average	
		Sivec	Bela Pola
Uniax. strength (dry)	N/mm^2	167.6	148,2
Uniax. strength (water satur.)	N/mm^2	157.7	132,1
Uniax. strength (25 cycles)	N/mm^2	151.5	117,6
Tensile strength	N/mm^2	9	/
Bending strength	N/mm^2	8.74	/
Resistance of abrasion	$cm^2/50cm$	27.5	26.3
Water saturation	%	0.13	0,0792
Specific density	Kg/m^3	2.84	/
Bulk density	Kg/m^3	2.85	2,845
Elasticity	MPa	81.8	/
Porosity	%	0.50	/

Marbles from around Pletvar are predominately gray to light gray with dominant gray streaks. They appear in large marble massif around "Kozjak" peak. Western part of the massif if predominantly dolomite, compared to eastern which is calcite marble. Most representative deposit in this area is Belicki Rid, which has mostly dolomite marble (Figure 6).

Fig. 6 *Light gray marble in Belicki Rid dep.*

As for Mariovo deposits, as most perspective zone for marble exploitation is considered the central and northern part of this territory. Also by results from primary exploration works, there is significant appearance of marble in southern parts of Mariovo, but as result of low level of communication capabilities and detail research, at the moment this zone is economically not interesting. At the moment, significant Marble quarries are generally situated north of v.Veprcani (Belovodica and Veprcani quarry) These two quarries have same type of marble which appears as predominately fine grained dolomitic light gray with frequent dark gray streaks with variable thickness (Figure 7). Compact block zones in these deposits is generally under 10%.

Fig. 7 *Light gray marble in Veprcani dep.*

Basic laboratory examination data for Veprcani deposits is presented in Table 5.

Besides previously presented marble deposits, there are also several deposits on different other locations (near Gostivar, Padarica, Markov Stap, and other location) which have limited economical meaning. This situation is basically result of low level of block compactivity, and smaller deposit. Markov Stap deposit is considered as most perspective of them all. It is black marble deposit which was detail explored several of decades ago.

Table 5. Physical - mechanic properties of Marble

Type of test	Measur.	Average
		Veprcani deposit
Uniax. strength (dry)	MPa	205,2
Bending strength	MPa	19,5
Infraction energy	J	8
Resistance of abrasion	$cm^2/50cm$	20,87
Water saturation	%	0.3
Bulk density	Kg/m^3	2840
Porosity	%	0.8

By conducted detail exploratory works it was estimated that this deposit has approximately 8.000.000 m^3 reserves. Bock compactivity of this deposit is considered to be under 10%. Its quality according to performed laboratory examinations of Physical - mechanic properties is also very favorable (Table 6).

Table 6. Physical - mechanic properties of Marble

Type of test	Measur.	Average
		Markov Stap
Uniax. strength (dry)	MPa	139.2
Uniax. strength (water satur.)	MPa	111.6
Uniax. strength (25 cycles)	MPa	111.7
Bending strength	MPa	9.2
Tensile strength	MPa	24.7
Resistance of abrasion	$cm/50cm^3$	39.0
Water saturation	%	0.3
Bulk density	kg/m^3	2720
Spesific density	kg/m^3	2730
Porosity	%	0.44

Granites and *gneiss* are probably most perspective type of rock for exploitation as dimensional stone in Western Macedonia. Most of the deposits and active quarries are situated around town of Prilep and especially Mariovo. North of Prilep there is appearance of compact rock mass formation composed of gneiss and Granite. Gneiss generally appears as low metamorphic with gray color and medium co coarse grained. Dupjacani deposit can be taken as typical example for this type of rock (Figure 8).

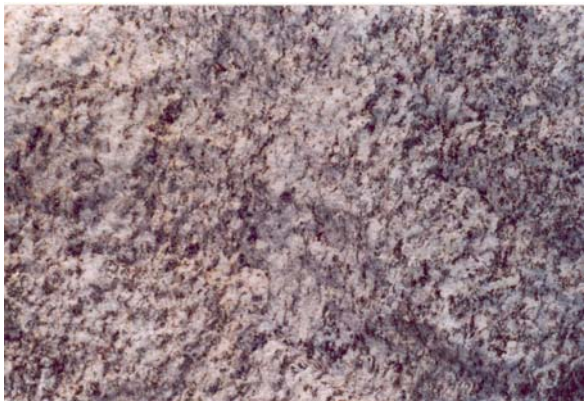


Fig 8. *Gray gneiss in Dupjacani dep.*

Granites appear in more various forms structural and textural features. Most significant deposits are situated in Mariovo, along the rout v.Caniste - v.Krusevica - v.Kalen. This zone is actually most perspective zone for further exploration and has highest probability to detect good quality granitoide deposits. At this zone most often appear gray and reddish coarse grained granodiorites. These deposits usually have high percent of block compactivity which goes above 15%. As typical sample for high quality quarry for gray granodiorites is considered "Popov Nos" quarry near v.Caniste (Figure 9).

Fig. 9 *Gray granodiorites in Popov Nos dep.*

Only potentially unfavorable condition for this deposit and others near it, is low morphology gradient which limits quantity of the deposit. Its quality according to performed laboratory examinations of Physical - mechanic properties is very favorable (Table 7).

Table 7. Physical-mechanic properties of Granodiorite

Type of test	Measur.	Average
		Popov Nos
Uniax. strength (dry)	MPa	120.3
Uniax. strength (water satur.)	MPa	103.30
Uniax. strength (25 cycles)	MPa	106.10
Resistance of abrasion	cm/50cm^3	9.85
Water saturation	%	0.15
Bulk density	kg/m^3	2720
Spesific density	kg/m^3	2650
Porosity	%	0,6

Along previously noted rout, several locations with positive surface appearing indications for potentially promising deposits are registered. Water bearing occurrence is one of most significant signs which usually indicates good quality stone deposit. Such indication is established near v.Krusevica in granodioritic rocks with attractive structure and textural features (Figure 10).

Fig 10. *Water bearing occurrence in granodiorites*

Also there are numerous other locations in southern Mariovo that are promising as potential for dimensional stone quarries. Generally at the moment they are basically explored as result of low level of communication in this zone. Also other limiting factor for the granitites is the level of radioactivity which in already known deposits is in generally low.

CONCLUSION

According to previously noted, western Macedonia has very good potential for appearance of deposits for exploitation of dimension stone. This generally concerns exploitation of marble, travertine, onyx, gneiss and granitoides. According to the tectonic territorial division of R.Macedonia, Pelagonian Province (horst anticlynorum) has by far the best conditions for appearance of high quality dimensional stone deposits. As most attractive areas for exploitation are considered Prilep district, Pletvar, Matka, Svilare, an especially Mariovo. Besides the qualitative and quantitative features of the rock masses, good communication capabilities of separate zones are taken in consideration during defining the deposits. In that term, as most suitable areas for exploitation in Mariovo district are the central and northern parts. Southern part has also favorable primary structural - tectonic indications, but as result of poor road communication coverage of terrain, this zone is temporary not economically interesting.

REFERENCES

Б.Боев, С.Лепиткова (2008) АРХИТЕКТОНСКО – ГРАДЕЖЕН КАМЕН, Факултет за Рударство, Геологија и Политехника, Штип.

Н.Думурџанов, Г.Петров (1995) ГЕОЛОШКО-ТЕКТОНСКА ГРАДБА НА ПОДРАЧЈЕТО НА МЕРМЕРНИТЕ МАСИ КОЗЈАК-ПЛЕТВАР-СИВЕЦ-НЕБРЕГОВО, Рударско – Геолошки Факултет Штип.

М.Арсовски (1997) ТЕКТОНИКА НА МАКЕДОНИЈА, Рударско – Геолошки Факултет Штип.

Р.Стојанов, Б.Боев (1996) ПЕТРОЛОГИЈА НА МЕТАМОРФНИ КАРПИ, Рударско-Геолошки Факултет Штип.

Р.Томослав, Р.Стојанов, М.Арсовски (1965) Толкувач за лист Прилеп К 34-92, Геолошки Завод Скопје.

Н.Думурџанов, С.Христов (1976) Толкувач за лист Витолиште и Кајмакчалан К 34-104 и К34-116, Геолошки Завод Скопје.

Ј.Јанчевски, В.Поповски (1982) Толкувач за лист Скопје К 34-79 и К34-116, Геолошки Завод Скопје.

М.Далановиќ (2011) Лабораторски Извештај АГК 07/2011-439/2, Градежен Институт МАКЕДОНИЈА А.Д. Скопје.

М.Далановиќ (2011) Лабораторски Извештај АГК 07/2011-439/2, Градежен Институт МАКЕДОНИЈА А.Д. Скопје.

М.Далановиќ (2013) Лабораторски Извештај АГК 06/2013-353, Градежен Институт МАКЕДОНИЈА А.Д. Скопје.

В.Прокопиева (2008) Лабораториски Извештај АГК 12/08-827/1, Градежен Институт МАКЕДОНИЈА А.Д. Скопје.

З.Илијовски (2009) Геолошки и геотехнички доситражувања на Јагленовото наоѓалиште Мариово, Градежен Институт МАКЕДОНИЈА А.Д. Скопје.

Љ.Кулаков (2012) Елаборат за извршените геотехнички истражувања за трасата на гасовод Скопје – Кичево, Градежен Институт МАКЕДОНИЈА А.Д. Скопје.

С.Клинчаров (1988) Извештај од детални геолошки истраги на пробниот истражен коп на Оникс "Галица" 2-2, Градежен Институт МАКЕДОНИЈА А.Д. Скопје.

С.Клинчаров (1988) Елаборат за рудни резерви на Оникс Мариово – Бешиште, Градежен Институт МАКЕДОНИЈА А.Д. Скопје.

Трет Конгрес на Геолозите на Република Македонија
Third Congress of Geologists of Republic of Macedonia

МОЖНОСТИ ЗА КОРИСТЕЊЕ НА ОНИКСОТ И ТРАВЕРТИНОТ ОД ЛОКАЛИТЕТОТ ДЕКОВА ДАБИЦА КАКО АРХИТЕКТОНСКИ КАМЕН

Орце Спасовски, Даниел Спасовски

Факултет за природни и технички науки, Институт за геологија, Универзитет "Гоце Делчев",Штип, Република Македонија, orce.spasovski@ugd.edu.mk, sdaniel506@yahoo.com

Абстракт
Травертинот и ониксот од Декова Дабица с. Бешиште Западна Македонија се испитувани со цел да се утврди можноста за користење како архитектонски камен. Самите анализирања како и лабораториските испитувања беа извршени на примероци од травертин и оникс. Примероците се земени од површинските делови. Резултатите од нивните физичко механички испитувања покажаа дека самата карпеста маса ги исполнува сите барања за употреба како архитектонски камен според државните стандарди на Македонија. Исто така, квалитетот на каменот е повисок во подлабоките делови на теренот, каде што надворешните влијанија имаат многу мал ефект. Овој камен има високи декоративни својства, но и ситно зрнеста структура која претставува позитивен ефект за техничките карактеристики и подложноста на обработка.

Клучни зборови: травертин, оникс, Декова Дабица, архитектонски камен, минералошко – петрографски состав, физичко – механички карактеристики.

Abstract
The travertine and onyx from Dekova Dabica, Besiste village, in western Macedonia have been examined in order to determine the possibility to use them as architectural stone. The analyses and the laboratory research were performed on samples of travertine and onyx. The samples were taken from the surface parts. The results from their physical mechanical examinations have shown that the rock mass itself satisfies the requirements to be used as an architectural stone according to the state standards of Macedonia. The quality of the stone is higher in the deeper parts of the field where the external influences have a very small effect. This stone has highly decorative features but it also has fine grained structure which is a positive effect for the technical characteristics and the subjection for processing and production.

Key words: travertine, onyx, Dekova Dabica, architectural stone, mineral-petrographic content, physical-mechanical characteristics.

ВОВЕД

Просторот за истражување на травертин и оникс "Декова Дабица" с. Бешиште се наоѓа на југозападните падини на планината Козјак во Мариово. Самата локација е оддалечена на околу 3 км северозападно од селото Бешиште, на околу 40 км од градот Прилеп.

Теренот на наоѓалиштето на травертин и оникс е дел од неогеното плато окружено со изразени ридско - планински форми од кои најизразени се Св. Пантелеј (1344 м), Перун (1730 м), Ѓуров камен (1566 м), Цуцул (1220 м), Балтава Чука и др.

Главен воден тек на регионот е Црна Река, која е и најголема десна притока на реката Вардар. Црна Река ги дренира водите на најголем дел од регионот, а поголеми притоки се: Елешка Река, Граешка Река, Коњарка, Трновчица, Градешка, Блашница, Белица, Бешишка Река, Старавинска Река, Сатока, Бутурица и др.

Првите геолошки информации за теренот се поврзани со првите геолошки истражувања на пределите на Пелагонот, извршени во почетокот на минатиот век. Така Цвијиќ (1906) пишува за кристалести карпи со гранитско јадро од прекамбриска старост. Космат (1924) извршил прво расчленување на теренот на Македонија во единици. Мариќ (1949) ги испитувал карпите меѓу Бакарно Гумно - Алинци и Веслец. Илиќ (1953) извршил испитувања на пегамтитите и со нив поврзаните корисни минерали, на пределите на Бабуна и северниот дел на Селечка планина. Колман (1951) и Измајлов (1951) извршиле геолошко картирање на теренот меѓу селата Мрзен и Галиште во долината на Црна Река.

Бариќ (1956) извршил најдетални минералошки испитувања на дистенот од Селечка планина. Стојанов вршел истражувања (1958 и 1974) на дистените на Селечка планина. Мајер (1960) од

подрачјето јужно од селото Бонче, опишува појави на метагабро. Протиќ (1963), во југозападниот дел од Селечка планина издвоил шкрилци со понизок кристалинитет. Теофиловиќ (1966) вршел испитувања во јужниот дел од Пелагонот.

Со изработка на основната геолошка карта на СФРЈ, авторите на листовите Витолиште и Кајмакчалан во размер 1:100 000 (Думурџанов, Христов, Павловски и Иванова, 1976), во Толкувачот детално го обработуваат литолошкиот состав на карпите од листовите Витолиште и Кајмакчалан, каде го опишуваат составот на карпите со што се опфатени и појавите на оникс во кровните делови на травертинските карпи.

Најнови податоци по однос на геолошката градба, петрографско-минералошките и физичко-механичките карактеристики на ониксот можат да се најдат во стручната документација на фирмата "Максоникс".

ПРИМЕНЕТИ МЕТОДИ НА ИСТРАЖУВАЊЕ

Минералошко – петрографските испитувања се направени на Факултетот за природни и технички науки во Штип од страна на авторите на трудот, додека хемискиот состав на ониксот и травертинот се одредува во хемиската лабораторија на Градежниот Институт на Македонија во Скопје.

Испитувањето на физичко – механичките карактеристики е извршено во лабораторијата на Градежниот Институт на Македонија во Скопје. Самите испитувања беа извршени во текот на 2014. Бидејќи карпестите маси не се добро откриени, пробите се земени од површината на теренот. Како последица на тоа, во самите примероци се застапени пукнатини како резултат на зголеменото атмосферско влијание. Сепак, испитувањата на примероците покажаа веродостојни вредности на физичко – механички карактеристики. Несомнено е дека примероците од поголемите длабочини би дале далеку подобри резултати.

ГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ

Во геолошката градна на локалитетот Декова Дабица, с. Бешиште главно учествуваат тракасти мусковит - биотитски и тракасти мусковитски гнајсеви, масивни средно до крупнозрнести гранодиорити, вулканогено – седиментни творевини, кварцлатитски агломерати и туфови и карбонатно – бигорливи творевини.

Најголемо распространување имаат вулканогено – седиментни творевини и карбонатно – бигорливите творевини (Слика 1).

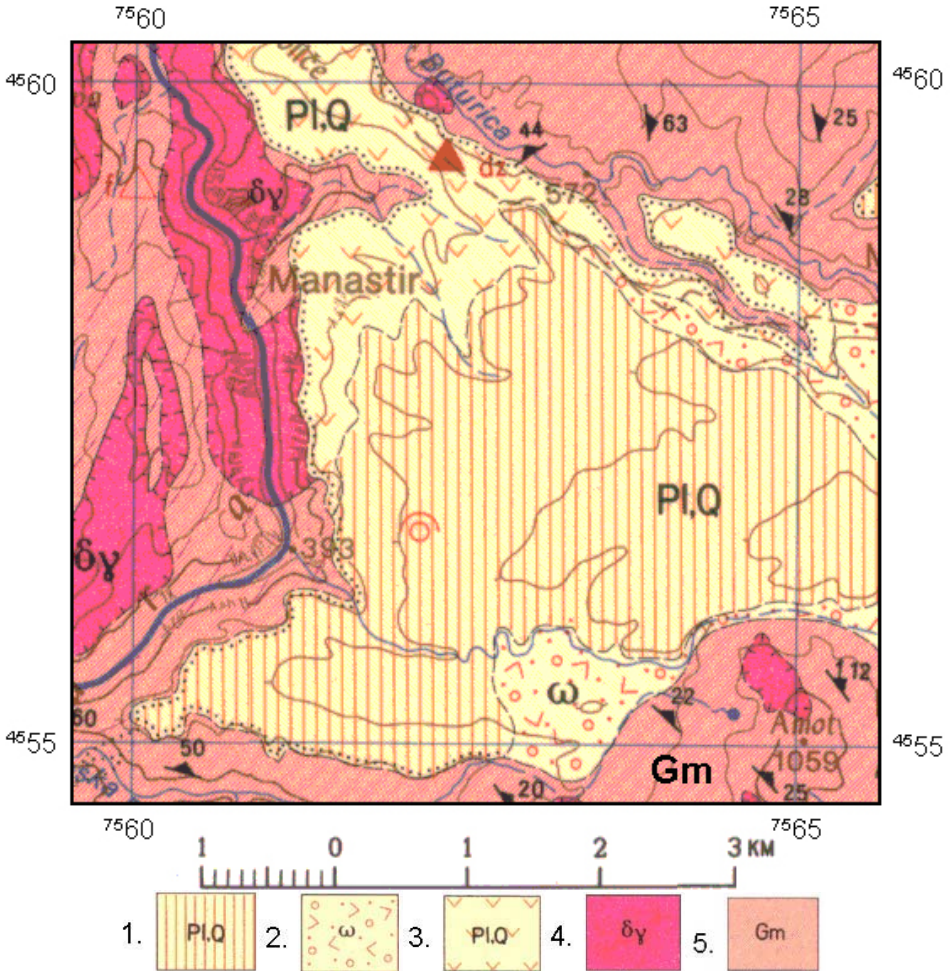
ВУЛКАНОГЕНО - СЕДИМЕНТНИТЕ ТВОРЕВИНИ

Вулканогено - седиментните творевини во помали маси се застапени кон Бешиште (слика 1). При интензивната вулканска активност на Кожувскиот вулканизам во овој дел од теренот исфрлени се големи количини на вулкански материјал (вулкански песок, прашина, пепел, како и вулкански лапили, бомби и блокови од вулкански карпи - кварцлатити, андезити, туфови). Од овој вулкански материјал во плиоцен - квартерниот езерски басен формирани се претежно слоевити тела на вулкански агломерати, бречи, пирокластити, туфови, туфити и др. во кои се интрудирани услоени тела со различни дебелини од прашинести слабоврзани песоци, глини и песочници. Често во овие слоеви има присуство на фрагменти и блокови од вулкански карпи.

КАРБОНАТНО – БИГОРЛИВИ ТВОРЕВИНИ

Карбонатно – бигорливите творевини се констатирана во централниот дел на истражуваното подрачје (слика 1). Овие творевини се претставени од слоевити и плочести бигори, бигорливи варовници, травертини и оникси. Овие творби претежно се раслоени со интерстратификувани песочници, прашинести песоци и бигорлива дробина. Бигорот, бигорливиот варовник, травертинот и мермерниот оникс обично се кафеави и сивкасто - жолтеникави масивни и доста цврсти, а во одредени интервали и шупликави и кавернозни. Травертинот се одликува со ситнозрнест состав, цврста, масивна и слабо шупликава текстура. Ретко се јавуваат шуплини, мали со должина до 2 мм.

Калциум карбонатна карпа е изградена од калцит, кој во основа се јавува во криптокристалеста форма. Често калцитската маса прави неправилни оолитски форми, округли и елипсовидни со зонарна градба на калцитската маса. Самите оолитски форми по ободот, односно по рабните делови се опточени со појака лимонитизација. Шуплините не се чести и се мали. Дополнително, по шуплините, како и во неправилните форми, карпата е заполнета со рекристализиран калцит - микрокристалест и чист.



Слика 1. Геолошка карта на локалитетот Декова дабица с. Бешиште (ОГК на СФРЈ 1:100 000 лист Витолиште).1. Карбонатно бигорливи творевини, 2. Кварцлатитски агломерати и туфови, 3. Вулканогено – седиметнтни творевини, 4. гранодиорити, 5. гнајсеви.

Ониксот е медно жолт во разни нијанси и се јавува во поплитките нивоа (до 30-тина метри), додека бигорливиот варовник е доста компактен и цврст и се јавува во подлабоките делови на оваа серија. Се одликува со цврста, масивна и малку изразена траказта текстура. Калцитските кристали од кои е изграден ониксот се тенки долги стапчести форми, кристализирани попречно на слоевитоста. Можно е да калцитот е претставен и со арагонит, како полиморфна модификација на калцит. Во повеќе истражни дупнатини констатирано е присуство на вулканити во самата бигорлива серија што укажува на истовремено таложење и на карбонатна и на вулканска маса.

ПЕТРОЛОШКО – МИНЕРАЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ

За минералошко - петрографски испитувања одбрани се репрезентативни примероци од локалноста Декова Дабица. Изработени се петрографски препарати, кои микроскопски се прегледани со поларизационен микроскоп во пропуштена светлина марка Leitz, Wetzlar Germani. Минералошко - петрографските испитувања се извршени на Факултетот за природни и технички науки на Институтот за геологија од страна на авторот на трудот.

Травертинот има светлокремкаста боја, и ретки неправилни форми светло сиво обоени. Се одликува со ситнозрнест состав, цврста, масивна и слабо шупликава текстура. Ретко се јавуваат шуплини, мали со должина до 2 мм.

Карпата е изградена од калцит, кој во основа се јавува во криптокристалеста форма, структура. Често, калцитската маса прави неправилни оолитски форми, округли и елипсовидни со зонарна градба на калцитската маса.

Дополнително, по шуплините, како и во неправилни форми, карпата е заполнета со рекристализиран калцит - микрокристалест и чист. Гранулацијата на калцитот во овие форми е околу 50μ. Поретко се гледаат неправилни форми, кафенкасто заматени, односно појако пигментирани со лимонитски оксиди. Како споредни минерали се јавуваат зрна на кварц и ретки лиски на мусковит и може да се рече да се јавуваат во трагови.

Мермеренит оникс се карактеризира со крупнокристалеста структура, цврста масивна и малку изразена траказа текстура. Калцитските кристали се тенки долги стапчести форми, кристализирани попречно на слоевитоста. Има светло кафенкаста, светло медна боја, нијансиран од посветли и потемни партии, што на каменот му дава убав изглед. Се состои од калцит, кој има крупнокристаласта структура. Тоа се долги стапчести кристали на калцит со радијално зракасто потемнување. Поедини делови на калцитот се појако пигментирани со лимонитски оксиди, така што ја нагласуваат тракавоста на карпата. Ова е резултат на генетското потекло на ониксот, односно прилив на раствори побогати со лимонитски оксиди. Ретко се видливи попречни пресеци на калцитот во делумно ромбични кристали. Можно е да калцитот е претставен и со арагонит, како полиморфна модификација на калцит. Сосема ретки се кристали кои личат на доломит-анкерит.

ХЕМИСКИ ИСПИТУВАЊА

Хемиските карактеристики на травертинот и ониксот од локалитетот Декова Дабица претставуваат прилог за продлабочување на сознанијата за овој тип на карпи територијата на Република Македонија. Овие карпи по составот, структурно-тектонските особености, бојата и начинот на појавувањето јасно се разликува од околните карпи.

Примероците ДД-1, ДД-2 претсавуваат травертин, кој има доста чист калцитски состав. Учеството на MgO спрема хемиската анализа на примероците се движи од 1,64 - 2,70 % (Табела 1). Исто така и анализираниот примерок на ониксот се одликува со доста чист калцитски состав во кој содржините на нализираните елементи се многу ниски со исклучок на CaO.

Табела 1. Хемиски состав на травертинот (ДД-1 и ДД-2) и ониксот (ДД-3 и ДД-4) во %

Елемент	ДД -1	ДД -2	ДД -3	ДД-4
SiO_2	0.11	0,09	0,10	0.10
Al_2O_3	0.11	0,15	0,32	0.30
Fe_2O_3	0.16	0,50	0,11	0.13
MnO	0.096	0,064	0,33	0.30
MgO	1.60	2,05	2,70	0.73
CaO	51.14	51,50	49,83	49.83
Na_2O	0.08	0,037	0,04	0.04
K_2O	0.02	0,06	0,01	0.01
P_2O_5	0.032	0,051	0,071	0.70
Влага (110°)	0.035	0,038	0.033	0.34
Губ. жар.	45.89	45,02	45,05	45.07
Вкупно	**99.283**	99,56	99,60	99.65

Напомена: Анализите ДД-1 и ДД-2 се травертин, додека анализата ДД-3 и ДД-4 е оникс.

ФИЗИЧКО – МЕХАНИЧКИ КАРАКТЕРИСТИКИ

При испитувањето применета е соодветна методологија на лабораториски испитувања согласно на постојни стандарди за ваков вид на раобти. Главно се користени постојните државни (**МКС**) стандарди, но исто така се земени предвид и препораките за испитување на меѓународното друштво за механика на карпи (ISRM-**I**nternational **S**ociety for **R**ock **M**echanics).

Врз основа на извршените пресметки, анализи и статистичка обработка, подолу е даден приказ на добиените вредности за испитуваните примероци.

Мермерен оникс

- средната вредност на јакоста на притисок во сува состојба е β_{sred}=67,50MPa
- средната вредност на јакоста на притисок во водозаситена состојба е β_{pared}=63,80 MPa
- средната вредност на јакоста на притисок после 25 циклуси на мрзнење и одмрзнување е β_{pared}=64,10 MPa
- запреминска маса γ_v=2.53 t/m^3
- специфична маса γ_s =2.56 t/m^3
- степен на густина SG= 98.15 %
- порозност p=1.86 %
- водовпивање U=0.09%
- отпорност на абење со стружење Ab=34.10sm^3/50sm^2

Травертин

- средната вредност на јакоста на притисок во сува состојба е β_{sred}=105,10MPa

- средната вредност на јакоста на притисок во водозаситена состојба е β_{pared}=91,50 MPa
- средната вредност на јакоста на притисок после 25 циклуси на мрзнење и одмрзнување е β_{pared}=106,66 MPa
- запреминска маса $\gamma_{v=}$2.66 t/m^3
- специфична маса γ_s =2.56 t/m^3
- степен на густина SG= 98.82 %
- порозност p=1.18 %
- водовпивање U=0.9%
- отпорност на абење со стружење Ab=20.80sm^3/50sm^2

ЗАКЛУЧОК

Травертинот се јавува компактен и доста цврст со нејасно изразена тракаста текстура, се сменуваат неуедначени траки со светло кафенкаста пигментација и потенки слоеви и млазеви со посветла, односно светло сивкаста боја. Бојата му е светло кафенкаста - кремкаста до посветли сиво - стакласти партии кои неправилно се сменуваат. Во поедини делови во рамките на травертинот се присутни шуплини, најчесто исполнети со рекристализиран калцит.

Мермерениот оникс се карактеризира со крупнокристаласт состав - структура, а цврста масивна и малку изразена тракаста текстура. Калцитските кристали се тенки долги стапчести форми, кристализирани попречно на слоевитоста. Ониксот има светло кафенкаста, светло медна боја, нијансиран од посветли и потемни партии, што на каменот му дава убав изглед.

Спрема минералошко - петрографските карактеристики, како и хемискиот состав травертинот и ониксот можат да најдат широка примена. Првенствено травертинот може да се применува како архитектонски камен, односно за сечење на плочки за поплочување. Посебно погодни се за внатрешно и надворешно обложување на вертикални површини. За надворешни поплочувања погодни се партиите кои се помалку шупликави. Остатоците при сечењето може да се користат како дробен камен за бетонски мешавини, како полнител за бехатон плочки и сл.

За мермерниот оникс се утврди дека е умерено цврста карпа со многу мало впивање на вода и волуменска тежина според која спаѓа во групата на тешки украсни камења, коефициентот на отпорност на мраз е во дозволените граници.

За травертинот се утврди дека е умерено цврста карпа со многу осетно впивање на вода и волуменска тежина според која спаѓа во групата на средно тешки украсни камења, коефициентот на отпорност на мраз е во дозволените граници.

Според физичко - механичките карактеристики станува збор за **квалитетен украсен камен** за внатрешна, надворешна декорација и за градежништво.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бариќ Љ. (1956): Дистен, андалузит и силиманит на подрачјето на Југославија. Трудови на геолошки завод на СРМ, 8, Скопје.
2. Dumurdzanov, N., Hristov, S., Pavlovski, B., Ivanov, V., 1976: Explanation for the page Vitoliste - Kajmakcalan, BGM SFRY 1 : 100 000, Geological Institute, Skopje.
3. Dumurdzanov, N., Hristov, S., 1976, Basic geological map 1 : 100 000 for the page Prilep, Geological Institute, Skopje.
4. Колман К. (1951): Предходни извештај за резултатите од геолошкото картирање на областа на долниот дел на Црна Река во просторот помеѓу Мрзен и Галиште. Трудови на геолошки завод на СРМ, 2, Скопје.
5. Kassmat F. (1924): Geologie der zentralen balkanhalbinsel. Mit einer ubersicht des dinarischen gebirgsbaues. Berlin.
6. Мајер В. (1960): Метагабро из Селечке планине. Трудови на геолошки завод на СРМ, 7, Скопје.
7. Мариќ Л. (1949): Метаморфне камнине бакарног гумна ин Веслеца Ј ин ЈЗ од Прилепа. Расправе Акад. Знаности ин уметности IV. Љубљана.
8. Протиќ М. (1963): О метаморфизму и алкалној метасоматози у области Селечке планине у Македонији. Гео. анали Балк. полуострва. XXX, Београд.
9. Rakicevic, T., Stojanov, R., Arsovski, M., 1965: Explanation for the page Prilep, BGM SFRY 1 : 100 000, Geological Institute, Skopje.
10. Rakicevic, T., Stojanov, R., Arsovski, M., 1965: Explanation for the page Vitoliste, BGM SFRY 1 : 100 000, Geological Institute, Skopje.
11. Spasovski, O., i dr 2011: Elaborat za detalni geoloski istrazuvanja na mineralna surovina

travertin i oniks na lokalitetot Gulabova Pestera Opstina Prilep. Strucen fond na"Maksoniks"., pp. 60.
12. Стојанов Р. (1968): Фенгити на палеогонскиот масив. Трудови на геолошки завод на СРМ, 13, Скопје.
13. Стојанов Р. (1974): Петролошки карактеристики на магматските и метаморфните стени од поширокатa околина на Прилеп. Докторска дисертација, РГФ, Београд.
14. Теофиловиќ М. (1966): Геолошки састав и тектонски склоп планинског комплекса Козјак – Ниџе и Селечке планине. Посебно издање И.Г.Р.Н.М.С., књ. I, Београд.
15. Цвијиќ Ј. (1906): Основи за геологију и географију Македоније и старе Србије. СКАН, књ. I, Београд

ТЕКТОНСКАТА ПОВРЗАНОСТ НА РАСЕДНАТА ЗОНА ЖИВОЈНО -БРОД ГНЕОТИНО- СУВОДОЛ

[1]Љупчо Петрески, [1]Марија Манева, [1]Анита Мартиновиќ

[1] АД ЕЛЕМ - Подружница РЕК Битола,Новачки пат бб, Битола, Р.Македонија
e-mail : lj_petreski@yahoo.com, marijamaneva01@yahoo.com, anitamartinovik@yahoo.com

Апстракт
Тектонските движења кои се одвивале после седиментацијата на јагленовите слоеви и кластичните седименти многу често влијаат на морфологијата, дебелината и длабината на јагленовите слоеви. Пострудните движења и денивелацијата на продуктивната серија и нејагленосните седименти негативно влијаат на континуитетот , просторната положба и дебелината на јагленовите слоеви и кровинските седименти.Негативното влијание на пострудната тектоника се одразува при експлоатацијата на јагленот , како и при пресметката на рудните резерви на јаглен. Целта на овој труд е да покаже дека постоењето на раседната зона заслужува детално стручно проучување, истражување со што ќе се доближиме на реална теренска состојба, како што е примерот со отворените профили во ПК Брод-Гнеотино.

Клучни зборови: тектоника, раседи, јаглен

ВОВЕД

Пелагонискиот јагленосен басен го зафаќа ЈЗ дел на Р. Македонија и е распространет на две крупни геотектонски единици од 1-ви ред во Р. Македонија: Пелагониски хорст-антиклинориум и Западно-Македонска зона. Пелагонискиот басен е ограничен со два главни системи на гравитациони раседи со ориентација С-Ј до ССЗ-ЈЈИ. Источниот рабен дел на басенот е дефиниран со Селечкиот и Прилепскиот расед, односно со морфоструктурите на издигање на Селечка Планина и Бабуна, додека на запад, басенот е ограничен со Поречко-Крушевскиот и Битолскиот расед. На јужната страна басенот е отворен кон Р. Грција. Пелагонискиот тектонски ров поделен е на два дела со Тополчанската греда и тоа на Битолски и Прилепски дел. Во поглед на јагленосноста двата дела се карактеризират со свои специфичности.

Во Прилепскиот дел со регионалните истражувања и поедини дупнатини изведени во атарот на селата Славеј-Врбјани се потврдени два хоризонта на јаглен со повеќе јагленосни слоеви. Слоевите на јаглен се потврдени и при изработка на ОГК на Р.Македонија .

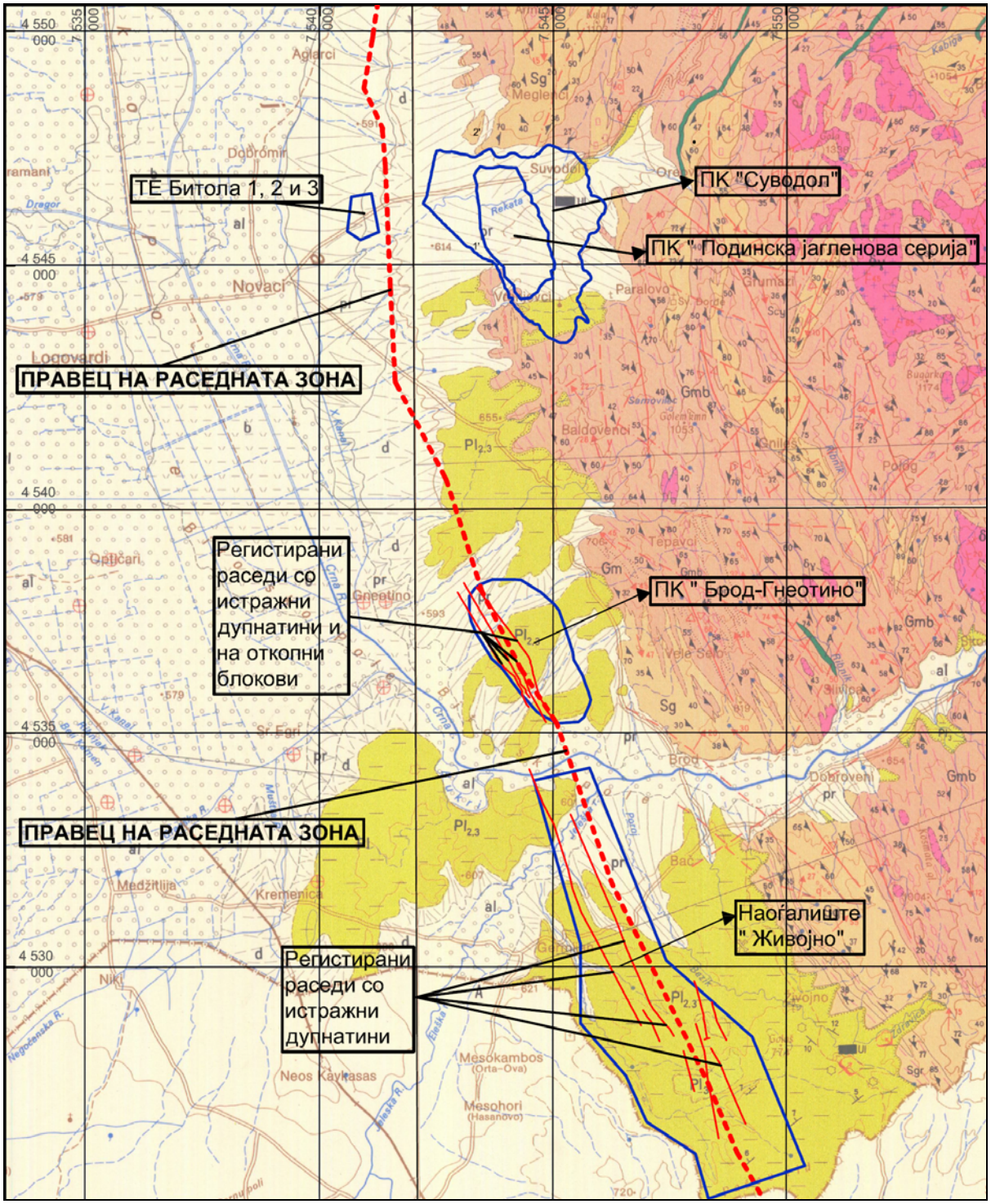
Во источниот дел на Битолскиот дел се докажани значителни резерви на јаглен врз која основа денес работат рудникот Суводол и рудникот Брод Гнеотино, а во фаза на проектирање е рудникот Живојно и детално се истражува западниот дел на Брод Гнеотино.

Со интензивните пострудни тектонски движења во источниот дел на Пелагониската котлина, во текот на алпската орогенеза се формираат дисконтинуитети и денивелација на јагленовите слоеви на кратки растојанија кои го отежнуваат процесот на истражување, а понатаму и нивната експлоатација. На Слика 1 прикажана е местоположбата на јагленовите наоѓалишта и правецот на раседната зона. Во наоѓалиштето Живојно раседната зона е дефинирана врз основа на истражните работи, додека во ПК Брод - Гнеотино истата е потврдена и на отворените етажи од откопните блокови.

СТРУКТУРНО-ТЕКТОНСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА НАОЃАЛИШТЕТО ЖИВОЈНО

Наоѓалиштето „Живојно" го зафаќа ЈИ дел на Пелагонската котлина, до самата Македонско-Грчка граница и е со површина од преку 20км^2. Од досегашните истражувања докажано е дека јагленовото наоѓалиште „Живојно" има мошне сложена структурно-тектонска градба. Тоа се должи

на фактот што просторот на наоѓалиштето се наоѓа на самата граница помеѓу споменатите две крупни геотектонски единици- Пелагонски хорст антиклинориум и Западно-македонска зона.



Слика 1. Геолошка карта на рагледуваното подрачје со означена местоположба на рудниците и наоѓалиштасо прикажан правец на раседната зона

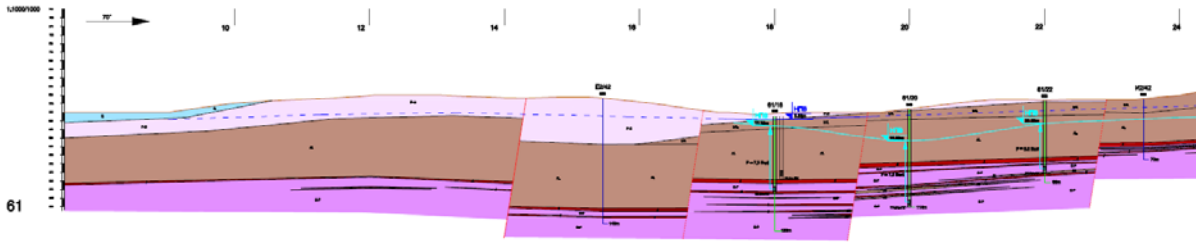
На просторот помеѓу селата Живојно, Бач и Гермијан каде е сместено наоѓалиштето развиени се пликативните и дисјунктивните структурни форми. Заклучоците поврзани за тектониката на ова наоѓалиште се изведени врз основа на резултатите добиени со истражното дупчење, бидејќи истите не се манифестираат на површината

на теренот. Причина за ова претставува препокриеноста со квартерните седименти и присуството на ораници во најголем дел од просторот на наоѓалиштето Живојно.

Во минатото јагленот од ова наоѓалиште се експлоатирал површински на деловите од теренот каде јагленот исклинува на самата површина и со јамска експлоатација во подлабоките делови.

Слика 2. Површински појави на јаглен во наоѓалиштето Живојно

Неогените седименти заедно со јагленовиот слој претставуваат моноклинала благо разбранувана по протегањето со присуство на неколку помали или поголеми синклинални и антиклинални форми. Од структурно - тектонски аспект за наоѓалиштето позначајни се дисјунктивните форми кои интензивно се развиени на овој простор. Најинтензивно се развиени раседите со протегање ССЗ-ЈЈИ кои се совпаѓаат со протегањето на контактот помеѓу Западно-македонската зона и Пелагонскиот хорст антиклинориум. На овој простор генерално можат да се издвојат две покрупни раседни структури со правец на протегање ССЗ-ЈЈИ кои се паралелни помеѓу себе и речиси по целата должина се пропратени со други помали паралелно распоредени раседи. Споменативе раседни структури според нивната ориентација, најверојатно претставуваат пострудно обновување на старите структури, по кои дошло до спуштање на поедини блокови, чии што скокови на места достигнуваат и до 30м. Раседнувањето е изразено во вид на спуштање или издигање на дисконтинуирани блокови при што дошло до создавање на тектонски грабени и ровови. Со раседнувањето се зафатени сите литолошки членови, што укажува дека тектониката се одвивала долг временски период односно до крајот на таложење на горноплиоценските седименти (Слика 3).
Освен овие раседи можно е присуство и на раседи кои се помлади од предходно опишаните и се со правец на протегање ИСИ-ЗЈЗ.

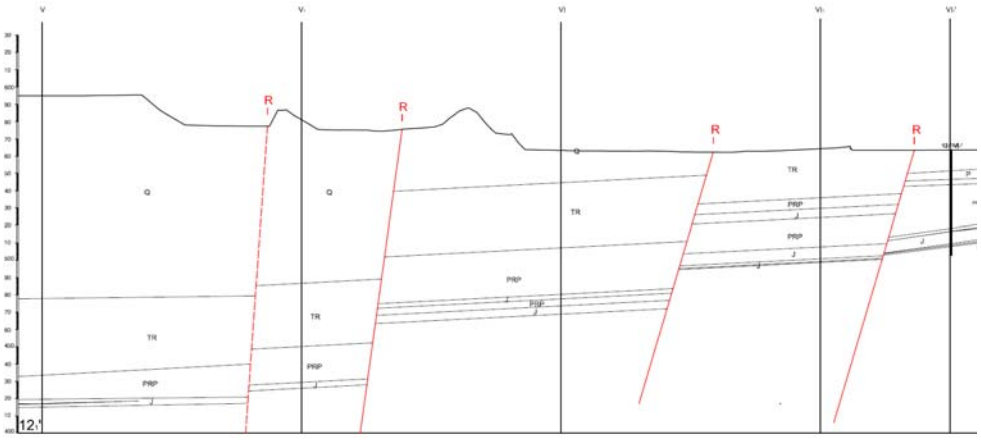


Слика 3. Дел од попречен геолошки профил 61 од наоѓалиштето Живојно

При геолошкото картирање на изведените истражни дупнатини забележана е појава на два система на пукнатини и тоа еден со субвертикален правец со паден агол од 80^0 до 90^0 кој е почест и еден дијагонален правец со паден агол од 40^0-55^0.
Овие пукнатински системи се среќаваат како во јагленовите така и во другите седиментни наслаги, а се последица на тектонските движења и дијагенетските процеси во литолошките седиментни единици.

СТРУКТУРНО-ТЕКТОНСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ПК БРОД-ГНЕОТИНО

Наоѓалиштето Брод Гнеотино претставува продолжение на наоѓалиштето Живојно кон север и се карактеризира со сложена геолошка градба. Во наоѓалиштето Брод-Гнеотино постои продуктивна јагленова серија претставена со повеќе јагленови слоеви помеѓу кои се среќава серија на сивозеленкасти песоци .
Врз основа на докажаните геолошки резерви отворен е површинскиот коп каде стратиграфијата и геологијата на ова наоѓалиште се пратат на отворените работни етажи од откопните блокови и тоа од кварторот до последниот јагленов слој. Врз основа на резултатите добиени со истражното дупчење и интерпретацијата на стратиграфските нивоа на поединечните седиментни комплекси, може да се заклучи дека плиоценските и миоценските седименти во наоѓалиштето претставуваат една моноклинала благо наклонета кон запад-југозапад, со паден агол од 5-15^0.
Карактеристично за седиментиниот комплекс од структурно тектонски аспект претставуваат настанатите руптурни структури (раседи) кои се последица на радијалната неотектоника. Раседните структури се наоѓаат во западниот дел на површинскиот коп Брод-Гнеотино и опфаќаат зона со ширина од 400 m и должина од 3,5 km. Во рамките на раседната зона забележани се четири раседни структури кои меѓу себе се паралени, со правец на протегање северозапад-југоисток и пад кон југозапад. На изработените попречни и надолжни геолошки профили се забележува каскадно спуштање на западното крило. (Слика 4).



Слика 4. Дел од попречен геолошки профил 12_1' од ПК Брод-Гнеотино

Четирите раседни струкури можат да се забележат на откопните блокови на јаловиниските системи во ПК Брод-Гнеотино, а најисточната раседна струкура се забележува и во рамките на откопните блокови на јаглен (Слика 5).

Слика 5. Фотографии од појавените раседи на откопните блокови во ПК Брод-Гнеотино

На отворена етажа од откопните блокови, појавените раседни структури се со елементи 234/70, 250/62, 247/70 и 228/80 за првиот расед, 238/80, 250/80 и 234/80 за вториот, 230/78, 240/80 за третиот и 228/85, 245/82 за четвртиот расед. Раседниот скок се карактеризира со многу променливи вредности, дури и во рамките на еден ист расед. Врз основа на изработените геолошки профили и теренската оскултација можеме да констатираме дека вредностите на раседниот скок се движат во широки граници од 1-50 m при што во квартерните седименти се помали, а во длабина постепено се зголемуваат.

Врз основа на заедничките карактеристики овие раседи може да се вбројат во следните класификации на раседни структури

- Врз основа на *геометриската класификација* овие раседи според падниот агол припаѓаат на групата на стрмни раседи со паден агол од 60^0-80^0, потоа според ориентацијата на раседната површина кон регионалните структури овие раседи се трансверзалени односно се напречни на моноклиналната структура на наоѓалиштето со пад кон југозапад;
- Според *припадноста на одреден систем* се паралени раседи;
- Според рамномерноста на движењето на раседните блокови овие раседи припаѓаат на групата на транслаторни раседи односно движењето се одвивало релативно рамномерно со праволиниско поместување на блоковите.
- Според *кинематската класификација* на раседите, овие раседи припаѓаат на групата на раседи на смолкнување бидејќи движењето на масите се одвива по раседната површина што се означува како појава на смолкнување. Од групата на раседи на смолкнување, овие раседи припаѓаат на гравитациони односно нормални раседи, со спуштен југозападен блок, но бидејќи кај некои од раседите се забележува остра раседна линија и влечење на слоевите можеме да ги

наречеме гравитациони раседи со влечење.
- Заради забележителното зголемување на висинската амплитуда односно зголемувањето на раседниот скок како што се оди во длабина, овие раседи можеме да ги вброиме во групата на *контемпорани раседи*.
- Поради постоењето на повеќе паралени раседи кои се со ист правец и со иста ориентација на спуштениот блок, би можеле да претпоставиме дека станува збор за систем на *каскадни (скалести) раседни структури* со генерален правец на протегање- северозапад-југоисток и спуштени југозападни блокови.

Западно од западната граница на ПК Брод-Гнеотино постојат и други раседни структури кои и припаѓаат на оваа раседна зона, а нивниот опис и деталните карактеристики ќе бидат додефинирани врз основа на новоизведните детални геолошки истраги во овој дел од наоѓалиштето.

КАРАКТЕРИСТИКИ НА РАСЕДНАТА ЗОНА ВО БЛИЗИНАТА НА НАОЃАЛИШТЕТО СУВОДОЛ

Наоѓалиштето Суводол врз основа на докажаните резерви на јаглен е најголемо наоѓалиште од овој тип во Р.Македонија и врз основа на тоа изградени се електо-енергетските капацитети (ТЕ Битола 1, 2 и 3). Наоѓалиштето е со сложена геолошка градба каде е развиена подинска јагленова серија и главен јагленов слој.

Подинската јагленова серија се карактеризира со сложена геолошка градба со големи промени каде се појавуваат повеќе слоеви т.е 1-18 m со променлива дебелина (0,5m-21m) и променлив квалитет.

Главниот јагленов слој кој се наоѓа во највисоките делови на седиментниот комплекс се карактеризира со дебелина од 2-30m и е во завршна фаза на експлоатација. Наоѓалиштето е изолиран залив во однос на Пелагониската котлина и не е зафатено со раседната зона. При експлотација и континурано картирање на етажните косини во ГЈС не се регистрирани раседи кои се поврзани со разгледуваната раседна зона. Исто така и со истражните дупнатини во Подинската јагленова серија не се регистрирани раседи.

Раседната зона која е предмет на разгледување во овој труд се наоѓа западно од експоатационото поле на ПК Суводол т.е. помеѓу рудникот Суводол и термоелектрани Битола.(слика 1).Во прилог на ова се податоците од мал број на истражни дупнатини каде што истите јагленови слоеви се регистрирани на различни длабини што укажува на постоење на раседни структури.Со истражните работи во северниот дел од ПК Суводол до Тополчанската греда каде завршува Битолскиот дел на Пелагониската котлина констатирани се слоеви на јаглен – јагленова серија. Врз основа на појавата на јагленовата серија на различни коти на кратки растојанија се претпоставува дека раседната зона продолжува према север.

ЗАКЛУЧОК

Раседната зона која е предмет на разгледување во Трудот се наоѓа во источниот дел на Пелагониската котлина, има регионален карактер и ги зафаќа гореспоменатите наоѓалиштата на јаглен.

Во рудник Брод-Гнеотино раседната зона е докажана со истражни работи и на отворените етажи, а во наоѓалиштето Живојно и западно од ПК Рудник Брод-Гнеотино раседната зона е докажана со истражни дупнатини .

Со овој труд се наметнува потреба истражните работи што ќе се превземат во наредниот период детално да ја опфатат раседната зона, што ќе придонесе за правилен пристап при изработување на проектна документација за откопување на значителни резерви на јаглен.

ЛИТЕРАТУРА

Елаборат за класификација и категоризација на резервите на јаглен во наоѓалиштето “Брод-Гнеотино” (состојба, јуни 2001) – Книга 1, Градежен институт “Македонија”, Скопје, 2001 година;

Елаборат за класификација, категоризација и пресметка на резервите на јаглен во јагленовото наоѓалиште “Живојно”, Книга 1, Градежен институт “Македонија”, Скопје, октомври 2012 година;

Думурџанов Н., 1999:Структурна геологија(основен учебник), Рударско-геолошки факултет- Штип.

ГЕОЛОШКИ РЕЗЕРВИ НА ЈАГЛЕН ВО ПЕ "РУДНИЦИ"- РЕК БИТОЛА

[1]Љупчо Петрески, [1]Елизабета Митревска, [1]Марија Манева

[1] АД ЕЛЕМ - Подружница РЕК Битола,Новачки пат бб, Битола, Р.Македонија
e-mail : lj_petreski@yahoo.com, elizabeta.m@hotmail.com, marijamaneva01@yahoo.com

Апстракт
Резервите на јаглен се основа на секое наоѓалиште, а нивните квалитативни и квантитативни параметри се основа за отворање и економски оправдано работење на секој рудник. Во трудот прикажани се резервите на јаглен во површинскиот коп Суводол кој е во фаза на дооткопување, прикажани се неговите резерви на почеток на отворање со неговите експлоатациони загуби и резерви кои преостануваат. Резервите во ПК Суводол се прикажани во првиот елаборат кој е основа за одлука за отварање на рудникот и последователно во елаборати за прекатегоризација за на крај да се изведе заклучок за нивен висок степен на доверливост. Прикажани се резервите на јаглен во површинскиот коп Брод Гнеотино кој е во фаза на експлоатација и резервите на јаглен во површинскиот коп Подинска јагленова серија-Суводол во фаза на отворање. Имајќи го во предвид годишното производство и потрошувачката на јаглен споредено со вкупните преостанати резерви за експлоатација се наметнува потребата за отворање на нови рудници.

Клучни зборови: јаглен, геолошки резерви, јаловина, квалитативни параметри

ВОВЕД:

Главен енергетски ресурс во Р.Македонија претставува јагленот кој според својата енергетска вредност припаѓа на нискокалорични јаглени - лигнит. Во Р.Македонија 70-75 % од електричната енергија се произведува во ТЕ Битола, а снабдувањето со јаглен е од ПЕ Рудници. Во рамките на ПЕ Рудници припаѓаат површинските копови ПК Суводол, ПК ПЈС (Подинската јагленова серија во откопното поле на ПК Суводол) и ПК Брод-Гнеотино.

Непреченото снабдување на термоелектраната со јаглен на подолг временски период, директно е поврзано со резервите на јаглен од споменатите површински копови.

Имајќи ја во предвид годишната потреба на ТЕ Битола од јаглен од цца $6x10^6$ тони јаглен од една страна и експлоатационите резерви од цца $80x10^6$ тони јаглен, се наметнува потреба од прецизно и детално планирање на натамошните активности и истражувања со цел обезбедување на потребните количини на јаглен.

Целта на овој труд е прикажување на досегашното годишно производство на јаглен од ПЕ Рудници како и преостанатите резерви на јаглен за секој од рудниците според досегашното ниво на истраженост заклучно со 2015 година.

Резервите на јаглен претставуваат вредности кои се од променлив карактер, во зависност од степенот на истраженост т.е прекатегоризацијата на рудните резерви и поради тоа, во текот на експлоатацијата на јаглен, истите претрпуваат промени. Истото се однесува за сите наоѓалишта кои ќе бидат разгледувани во овој труд.

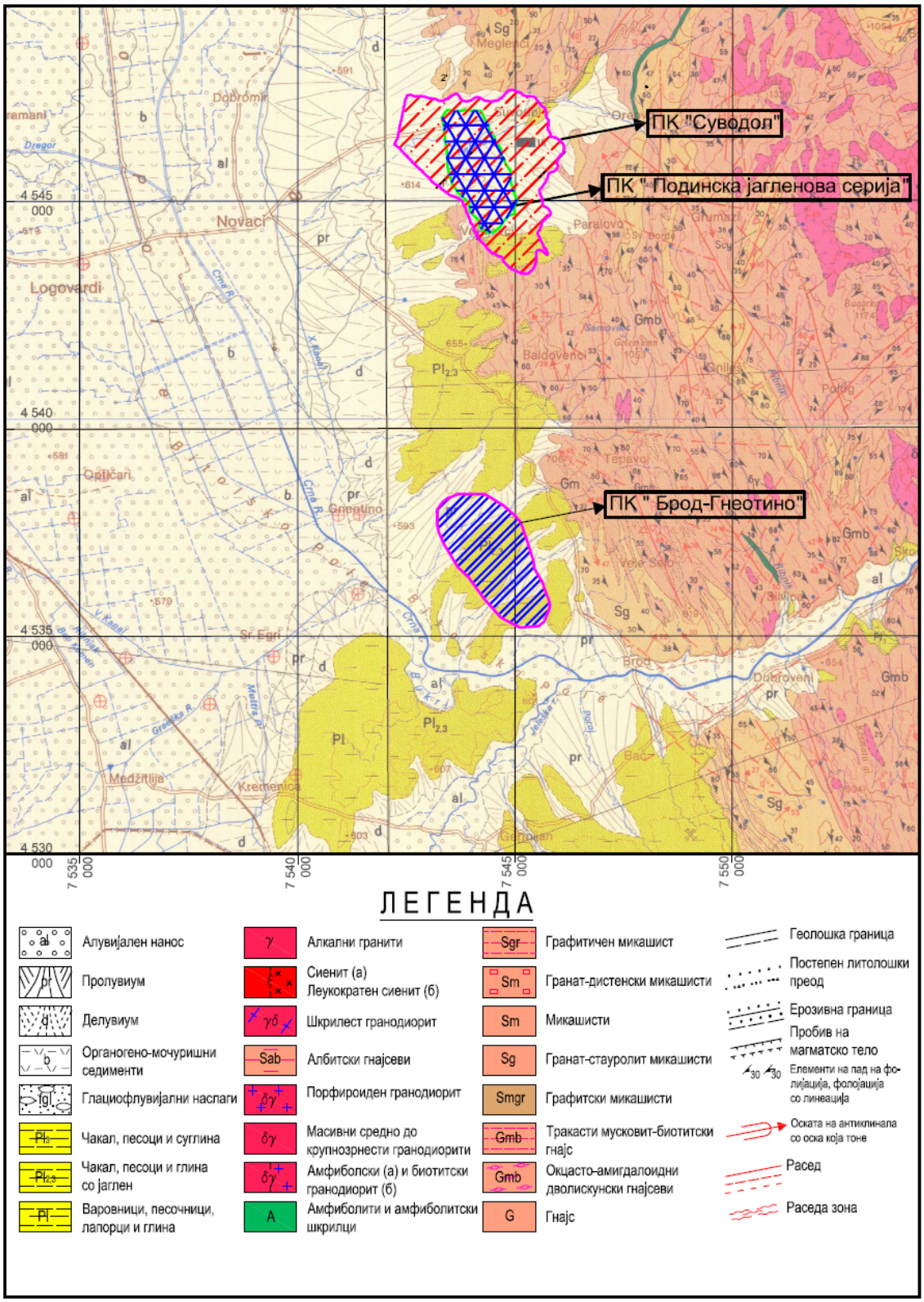
ГЕОЛОШКА ГРАДБА НА ПОШИРОКОТО ПОДРАЧЈЕ

Наоѓалиштата чии што резерви ќе бидат предмет на разгледување му припаѓаат на Пелагонискиот јагленосен басен кој го зафаќа ЈЗ дел на Р. Македонија и зафаќа површина од 1500 km^2. Овој јагленосен басен е распространет на две крупни геотектонски единици од I-ви ред во Р. Македонија: Пелагониски хорст–антиклинориум и Западно-македонска зона. Припадноста на Пелагонискиот јагленосен басен во овие геотектонски единици, резултира со појава на разновидни карпести маси, како по старост, така и по генеза и минералошко – петрографскиот состав (Слика 1).

Геолошките карактеристики на теренот се рефлексија на геолошките процеси кои се одвивале во рамките на Пелагонискиот седиментен басен и метаморфниот комплекс на Пелагонскиот хорст антиклинориум .

Геолошки единици кои се издвојуваат се:

Палеорељеф или метаморфен комплекс кој е изграден од тракасти мусковит биотитски гнајсеви, од гранат стауролитски и дистенски микашисти и кварц графитични шкрилци. Во зоната на источниот рабен дел на Пелагонискит басен, трансгресивно и дискордантно над метаморфниот комплекс лежат миоценско - плиоценски езерски седиментни и квартерни творби.



Слика 1. Геолошка градба на поширокото подрачје

Базална –подинска серија која лежи непосредно на палеорељефот и со неа започнува таложењето на миоценските седименти. Хетерогена е и во непосредниот базален дел е преставена со парчиња од околните карпи и конгломератични материјали, преставени во литолошка целина, како грусифициран материјал од палеорељефот. Низ неа во вертикален и хоризонтален правец се појавуваат разногранулирани песоци, песокливи прашини, прашинести песоци, заглинети прашини и песоци, чија дефинираност е условена од доминација на одделни членови.

Продуктивна јагленова серија која лежи над базалната серија претставува хетероген седиментен комплекс составен од повеќе јагленови слоеви и јагленова глина кои во различните делови од Пелагонискиот јагленосен басен т.е во различните наоѓалишта се карактеризираат со различен број слоеви и различна моќност. Помеѓу јагленовите слоеви се среќава серија на сивозеленкасти разногранулирани прашинести песоци и заглинета прашина.

Кровински седиментен комплекс кој лежи директно на кровината на јагленовата серија, а се состои од миоценско-плиоценски фации на прашинести, ситно до среднозрни песоци, сиви глинци-трепели и квартерни седименти (алувијални, делувијални и пролувијани седименти).

РЕЗЕРВИ НА ЈАГЛЕН ВО ПК "СУВОДОЛ"

Наоѓалиштето на јаглен Суводол се наоѓа во рамките на посебен залив од ободот на југосточниот дел на јагленосниот Пелагониски басен, кој длабоко завлегува во западните огранци на Селечка планина. Суводолскиот залив од трите страни север, исток, југ-југозапад е ограничен со западните огранци на Селечка планина, а отворен е само од неговата западна страна према Пелагонискиот басен од каде комуниицира со неогеното Пелагониско езеро.

Резервите на јаглен се менлива категорија и се во зависност од повеќе фактори помеѓу кои:

- ✓ Степен на истраженост според категоризација
- ✓ Применета технологија на откопување

Имено, граничната економски дозволена дебелина на јагленовиот слој придонесува за намалување на резервите на јаглен, додека пак пристапноста на чиста кровина или подина на јагленовиот слој влијае врз разблажувањето на јагленот и придонесува за промените врз квалитативните параметри на резервите на јаглен.

Главниот продуктивен јагленов слој (ГЈС) од површинскиот коп Суводол кој се експлоатира е претставен од еден јагленов слој со дебелината на јагленот од 2,00 m во дупнатина 53/94 до 52,50 m во дупнатина Б-121.

Рудникот Суводол е отворен во 1975 г., а експлоатацијата на јаглен од ПК-Суводол ГЈС (Главен јагленов слој) е започната во 1982 година врз основа на геолошкиот Елаборат во кој се дефинирани геолошки резерви на јаглен од 195 015 790 t. Според ГРП (Главен рударски проект) предвидени за експлоатација се 187 534 110 t. Разликата на резервите помеѓу Елаборатот и Проектот се должи на изборот на методата на откопување и просторната ограниченост на површинскиот коп.

Со текот на работата на рудник Суводол, а во согласност со законската регулатива и правилникот за класификација и категоризација на рудните резерви, изработени се повеќе Елаборати за прекатегоризација и класификација на рудните резерви и проекти за откопување.

Со Елаборатот 1986 г. изработен врз основа на програма за прекотагоризација на резеви докажани се резерви од 174 630 986 t на јаглен од ГЈС и 58 812 060 t јаглен од $Ц_1$ категорија во ПЈС.

Со Главниот Рударски Проект - II фаза опфатени се 169 139 000 t на јаглен.

Во периодот 1991 година изработен е Своден Елаборат со кој се ревидирани 149 072 450 t на јаглен.

Во 1998 година потврдени се резерви од 95 906 399 t на јаглен.

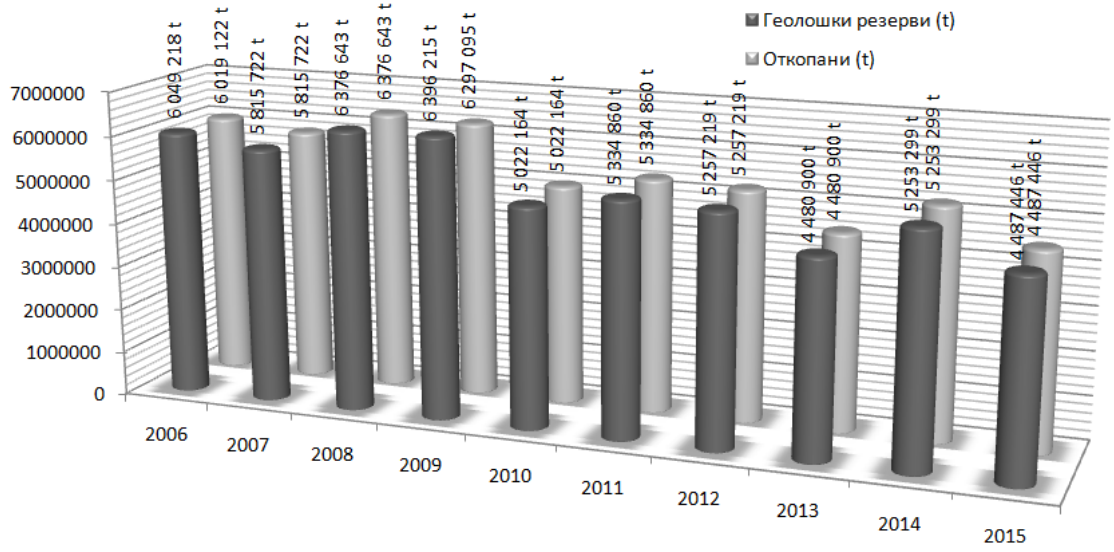
Со последната прекатегоризација на резервите јаглен од ГЈС во Елаборатот од 2005 година се потврдени 54 151 458 t резерви на јаглен.

Вкупните ископани количини на јаглен од ПК Суводол-ГЈС во периодот од 1982 заклучно со 2005 г. изнесуваат 122 751 061 t

Ископаните количини на јаглен од 2006-2015 година во ПК Суводол се прикажани во табела 1 и Слика 2.

Табела 1. Ископани количини на јаглен од 2006-2015 година во ПК Суводол

Ред. Број	Год.	С У В О Д О Л – ГЈС					
		Количини (t)		**Квалитативни параметри**			
		Геолошки Резерви	**Откопани**	**Влага (%)**	**Пепел (%)**	**Сог. Мат. (%)**	**ДТВ (KJ/kg)**
0	1	2	3	4	5	6	7
1	2006	6 049 218	6 019 122	51.30	10.04	38.66	8277
2	2007	5 815 722	5 815 722	50.26	11.75	37.99	8177
3	2008	6 376 643	6 376 643	50.03	13.76	36.21	7653
4	2009	6 396 215	6 297 095	50.61	13.72	35.67	7441
5	2010	5 022 164	5 022 164	53.31	10.14	36.55	7620
6	2011	5 334 860	5 334 860	51.49	12.47	36.04	7524
7	2012	5 257 219	5 257 219	51.02	13.79	35.19	7374
8	2013	4 480 900	4 480 900	50.14	16.41	33.45	6938
9	2014	5 253 299	5 253 299	50.42	16.80	32.78	6836
10	2015	4 487 446	4 487 446	49.70	18.57	3.74	6552
Вкупно :		**54 473 686**	**54 344 470**				



Слика 2. Диајграм на ископани количини на јаглен од 2006-2015 година во ПК Суводол

Врз основа на претходно прикажаните податоци може да се заклучи дека вкупно ископаните количини на јаглен ПК Суводол од 1982 заклучно со 2015 година изнесуваат 177 095 511 t.

Во ПК Суводол се издвоени неколку микролокации при што секоја микролокација има различни структурно- геолошки карактерстики.

Преостанатите резерви од површинскиот коп Суводол припаѓаат на Микролокација 7, а во многу мал дел и на Микролокација 6. ПК Суводол е во завршна фаза на негова експлоатација и неговите резерви на јаглен изнесуваат 4 771 640t. Кои се поделени во ограничени полиња и прикажани во Табела 2. Ако се земи во предвид збирот на откопаните резерви од 177095511t јаглен,

загубите при експоатацијата кои според Евиденцијата за водење на резервите изнесуваат од 4581326 t јаглен, и преостанатите резерви од 4771640 t јаглен може да се заклучи дека постои совпаѓање на количините на претходно дефинираните геолошки резерви на јаглен од 187534110 t јаглен со збирната количина од 186448477 t јаглен на ископаните, преостанатите резерви и загубите.

Табела 2. Преостанати геолошки резерви на јаглен во ПК Суводол и квлитативните параметри на јагленот со состојба 02.01.2016 г.

Ограничено поле од ПК Суводол	Количини		Квалитативни параметри			
	m^3	t	влага (%)	пепел (%)	сог.мат (%)	ДТВ KJ/kg
1	2	3	4	5	6	7
Блок 3-2 -Микролокација 7	2 543 000	3 005 240	51.74	12.28	35.98	7501
Блок 3-1 -Микролокација 7	1 213 700	1 456 440	47.16	16.33	36.51	7719
Блок 2- Микролокација 6	258 300	309 960	49.93	12.90	37.17	7945
ВКУПНО :	**4 015 000**	**4 771 640**	**50.30**	**13.50**	**36.20**	**7598**

РЕЗЕРВИ НА ЈАГЛЕН ВО ПК ПЈС (ПОДИНСКА ЈАГЛЕНОВА СЕРИЈА)

Подинската јагленова серија лежи под главниот продуктивен јагленов слој на наоѓалиштето Суводол и во неа се издвоени од 1–18 слоеви на јаглен со вкупна дебелина од 0,40 m во дупнатината 27/22 до 39,20 m во дупнатината 51/70. Просечната дебелина на јагленовиот слој во ПК ПЈС изнесува 14,97 m.

Јагленовите слоеви во ободните делови од наоѓалиштето, конкретно северниот, јужниот и источниот дел се протегаат до самиот метаморфен комплекс на кој директно лежат и залегаат према централниот дел под агол 10-15^0. Во југоисточниот дел, јагленовиот слој се спојува со главниот продуктивен слој, кој е во фаза на експлатација.

Подинската јагленова серија генерално е составена од два јагленови слоеви од кои првиот слој се карактеризира со релативно мала дебелина од 0,80-4,50 m, со неконтинуирано распространување и лежи непосредно под главниот продуктивен слој од ПК Суводол. Вториот јагленов слој се наоѓа на поголема длабина и од првиот слој е одвоен со серија на прашинести песоци. За разлика од првиот слој, овој слој има континуирано распростанување, променлива дебелина и карактеристично раслојување на повеќе слоеви одејќи од исток кон запад кое достигнува до 17 слоеви.

Меѓуслојната јаловина е составена од разногранулирани прашинести песоци со дебелина од 11 - 47 m. Експлоатација на јаглен од ПК ПЈС не е започната. Геолошките и експлоатационите резерви според прифатената варијантата ОП4 од Главниот рударски проект се прикажанив табела 3.

Табела 3. Резерви на јаглен во ПК ПЈС според прифатената варијантата ОП-4 од Главниот рударски преокт

Количини (t)			**Квалитативни параметри**		
Геолошки резерви	`Експлоатациони резерви	влага (%)	пепел (%)	Сог.мат (%)	ДТВ KJ/kg
1	3	4	5	6	7
53 577 440	49 998 467	44.49	19.72	35.79	7524

РЕЗЕРВИ НА ЈАГЛЕН ВО ПК БРОД-ГНЕОТИНО

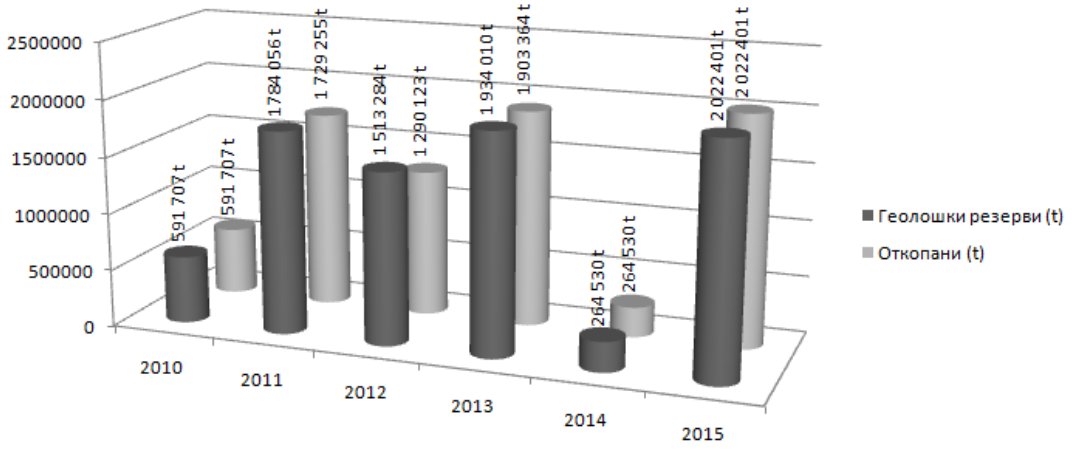
Наоѓалиштето Брод-Гнеотино се наоѓа 10 km јужно од наоѓалиштето Суводол и претставува негова северна граница, додека од јужната страна се наоѓа наоѓалиштето Живојно. На источната страна, граница претставува рабниот дел на Пелагонскиот басен, а кон запад границата на наоѓалиштето е отворена и недефинирана, поради големата длабина на залегање на јагленовите слоеви (> од 250 m).

Продуктивната јагленова серија, претставува хетероген седиментен комплекс, кој што е составен од јагленова серија претставена со 5 јагленови слоеви, јагленова глина и сивозеленкасти разногранулирани песоци како и нивни заглинети вариатети. Првиот јагленов слој се карактеризира со моќност 3-6 m, со присуство на еден до два јаловински прослојци со моќност од 0,1 до 0,2 m, вториот јагленов слој е со моќност од 1-2 m, третиот јагленов слој се карактеризира со моќност од 2-9 m, со појава на еден до два јаловински прослоци со моќност од 0.3-0.5 m, четвртиот јагленов слој има моќност од 1.5-3 m, а петтиот јагленов слој е со мала моќност до 1m кој има ограничено распространување. Кумулативната дебелина на серија на сивозеленкасти разногранулирани песоци која претставува меѓуслојна јаловина се движи во граници од 0,5 m до 30,70 m.

Ископот на јаглен во ПК Брод-Гнеотино започна во 2010 година. Количините на ископан јаглен по години се прикажани во табела 4 и Слика 3.

Табела 4. Ископани количини на јаглен од 2010-2015 година во ПК Брод-Гнеотино

Ред. број	Год.	БРОД-ГНЕОТИНО					
		Количини (t)		**Квалитет**			
		Геолошки резерви	**Откопани**	**Влага (%)**	**Пепел (%)**	**Сог. Мат. (%)**	**ДТВ (KJ/kg)**
0	1	2	3	4	5	6	7
1	2010	591 707	591 707	49.75	16.82	33.43	7296
2	2011	1 784 056	1 729 255	49.53	19.02	31.45	6447
3	2012	1 513 284	1 290 123	48.55	22.19	29.26	6119
4	2013	1 934 010	1 903 364	49.94	19.95	30.11	6289
5	2014	264 530	264 530	49.61	20.79	29.60	6173
6	2015	2 022 401	2 022 401	50.46	18.40	31.14	6447
Вкупно :		**8 109 988**	**7 801 380**				



Слика 3. Дијаграм на ископани количини на јаглен од 2010-2015 година во ПК Брод-Гнеотино

Врз основа на претходно прикажаните податоци може да се заклучи дека вкупно ископаните количини на јаглен од ПК Брод-Гнеотино од 2010 г.заклучно со 2015 година изнесуваат 8 109 988 t.

Преостанатите резерви на јаглен во истоимениот површински коп заедно со квалитативните параметри на јагленот се прикажани во табела 5.

Наскоро планирана е прекатегоризација на резервите на јаглен во ПК Брод-Гнеотино и долуприкажаните вредности за количините на јаглен, ќе претрпат корекции.

Табела 5. Преостанати геолошки резерви на јаглен во ПК Брод-Гнеотино и квалитативните параметри на јагленот со состојба 24.12.2015 г.

Количини (t)		**Квалитативни параметри**			
Геолошки резерви	Експлоатациони резерви	влага (%)	пепел (%)	Сог.мат (%)	ДТВ (KJ/kg)
1	3	4	5	6	7
25 926 984	23 334 286	50.64	15.50	33.86	7155

ВКУПНО ПРЕОСТАНАТИ РЕЗЕРВИ НА ЈАГЛЕН ВО ПЕ РУДНИЦИ

Врз основа на презентираните податоци за резервите на јаглен за секој од рудниците во склоп на ПЕ Рудници - РЕК Битола, направена е рекапитулација на вкупно преостанати резерви на јаглен во ПЕРудници и прикажана е во табела 6 и Слика 4.

Табела 6. Рекапитулација на вкупно преостанати резерви на јаглен во ПЕ Рудници

ПЕ Рудници	**Количини (t)**		**Квалитативни параметри**			
	Геолошки резерви	Експлоатациони резерви	влага (%)	пепел (%)	Сог. мат (%)	ДТВ KJ/kg
0	1	2	3	4	5	6
ПК Суводол-ГЈС	4 771 640	4 771 640	50.30	13.50	36.20	7598
ПК ПЈС	53 577 440	49 998 467	44.49	19.72	35.79	7524
ПК Брод-Гнеотино	25 926 984	23 334 286	50.64	15.50	33.86	7155
ВКУПНО :	**84 276 064**	**78 104 393**				

Слика 4. Диајграми за рекапитулацијата на геолошките и експлоатационите резерви на јаглен во ПЕ Рудник

ЗАКЛУЧОК

Ако се направи паралела помеѓу потребните годишни количини на јаглен за работа на ТЕ Битола и горе прикажаните преостанати резерви на јаглен од ПЕ Рудници, имајќи ја во предвид доминантната енергетска позиција на РЕК Битола во Р. Македонија, се наметнува потребата од согледување на расположливиот потенцијал на резервите на јаглен во битолскиот дел на Пелагонија и можноста за отворање на нови рудници.

ЛИТЕРАТУРА

Елаборат за геолошки рудни резерви на јагленосниот басен "Суводол", Геобиро, Битола, 1975

Своден Елаборат за прекатогоризација на геолошките рудни резерви на јаглен во лежиштето "Суводол"- Битола (состојба од 31.12.1991 година), Завод за експлоатација на минерални суровини, Скопје, 1991

Главен Рударски Проект за ископ во ПК "Суводол" – II фаза

Елаборат од извршени геолошки, инженерско-геолошки и хидрогеолошки истражувања и испитувања во зоната на Микролокација 7 од ПК "Суводол"(Книга 1), Градежен Факултет, Скопје, 2005

Елаборат за класификација и категоризација и пресметка на резервите на јаглен за ПЈС во ПК Суводол (Книга 1), ГИМ Скопје, 2005 година

Главен рударски проект за отварање и експлоатација на ПК ПЈС, Рудпроект Скопје, 2009 година

Елаборат за класификација и категоризација на резервите на јаглен во наоѓалиштето "Брод-Гнеотино" (состојба, јуни 2001) – Книга 1, Градежен институт "Македонија", Скопје, 2001 година

Главен рударски проект за отварање и експлоатација на ПК Брод-Гнеотино, РИ-ПОВЕ и ГЕИНГ, Скопје, јули 2006 година

Интерни извештаи од Геолошката Служба на РЕК Битола

ЕНЕРГЕТСКА ПОТЕНЦИЈАЛНОСТ НА БИТОЛСКИОТ ДЕЛ ОД ПЕЛАГОНИСКАТА КОТЛИНА НА ПРОСТОРОТ ПОМЕЃУ СЕЛАТА ЛОЗНАНИ И КАНАТЛАРЦИ НА СЕВЕР И ОРИЗАРИ И НОВАЦИ НА ЈУГ

[1]Никола Богатиновски, [2]Стојанче Николов, [3]Петре Пасков

[1]ГеохидроинженерингДООЕЛ – Скопје, nbogatinovski@ghi.com.mk
[2]ГеохидроинженерингДООЕЛ – Скопје, s.nikolov@ghi.com.mk
[3]ГеохидроинженерингДООЕЛ – Скопје, petre.paskov@ghi.com.mk

Абстракт
Во овој труд е извршена анализа на енергетската потенцијалност на битолскиот дел од Пелагониската котлина на просторот помеѓу селата Лознани и Канатларци на север и Оризари и Новаци на југ, врз база на досега извршените истражувања и испитувања за утврдување на квантитативните и квалитативните карактеристики на јагленот.
Користењето на необновливи извори на енергија , како што е јагленот кој се користи за производство на електрична енергија во термоелектраната "Суводол" – Битола, ја наметнува потребата од истражување и докажување на нови количини на јаглен, заради продолжување на векот на термоелектраната. Во својата развојна политика за навремено обезбедување на експлоатациони рудни резерви на јаглен за непречена работа на термоелектраната "Суводол", АД ЕЛЕМ-Скопје во последните неколку години превзема интензивни активности и сериозни вложувања за доистражување на Пелагониската котлина, поточно на битолскиот дел од котлината, кој и во изминатиот период бил предмет на истражување.

Клучни зборови: енергетска потенцијалност, енергија, необновливи извори, јаглен, истражување, квалитативни, квантитативни, термоелектрана, производство.

ВОВЕД

Користењето на необновливи извори на енергија, како што е јагленот, ја наметнува потребата од перманентни истражувања на нови количини заради континуитет во експлоатацијата и производството на енергија. За потребите на термоелектраната во Битола, веќе неколку децении се врши експлоатација на утврдените рудни резерви на јаглен од наоѓалиштето "Суводол" кои се во завршна фаза на експлоатација, па неминовна е потребата од истражување на нови количини на експлоатациони резерви и продолжување на векот на термоелектраната. За таа цел во изминатиот период се интензивирани истражувањата за јаглен во битолскиот дел од Пелагониската котлина со доистражување на наоѓалиштето "Живојно" кое е истражено и "Брод–Гнеотино" кој е во завршна фаза на истражување. Со најновите истражувања на наоѓалиштето "Живојно" се утврдени нови количини на биланси резерви од "А", "В" и "C_1" категорија со чија експлоатација ќе се продолжи векот на термоелектраната во Битола,а со самото тоа и производството на електрична енергија. Со најновите истражувања кои се во завршна фаза и во наоѓалиштето "Брод–Гнеотино" ќе се утврдат биланси резерви кои исто така ќе придонесат за продолжување на егзистирањето на термоелек–траната "Суводол".
Просторот кој е предмет на анализа во овој труд, на кој во изминатитот период во неколку наврати се вршени истражувања зафаќа површина од 150 km^2. Комуникациските врски со него се добри, бидејќи во непосредна близина поминува главната сообраќајна артерија т.е.меѓународниот асфалтен пат Битола – Меџитлија – Р. Грција, потоа патот Битола – Прилеп, Битола – Суводол и Новаци – Дедебалци. Од овие патишта до сите села има асфалтирани патишта кои ги поврзуваат битолските села. Низ истражниот простор кој е цел на анализа поминува и железничката линија Прилеп – Битола и повеќе селски патишта, кои локалното население ги користи за обавување на секојдневните земјоделски активности.Просторната позиција на анализираниот истражен простор е дадена на сл. 1. Со интензивирање на рударството, особено отпочнување со работа на истражениот

рудник за јаглен „Живојно“, на актуелниот кој е во фаза на истражување "Брод–Гнеотино" и на сега анализираниот битолски дел од Пелагониската котлина кој во иднина ќе се доистражува за утврдување на билансни резерви, реално е да се очекува добра перспектива за развој на овој регион.

Слика 1. Анализиран истражен простор од битолскиот дел на Пелагониската котлина

ПРЕГЛЕД И АНАЛИЗА НА ДОСЕГАШ–НИТЕ ИСТРАЖУВАЊА

Во изминатиот период во делот на Пелагонискиот басен вршени се геолошки истражувања со цел утврдување на количини на јаглен атрактивни за експлоатација. Покрај во прилепскиот дел истражувања се вршени и во битолскиот дел на Пелагониската котлина и тоа на неколку локалитети: "Суводол" кој е во фаза на експлоатација, "Живојно" кое е истражено и се утврдени билансни резерви, "Брод–Гнеотино" е во завршна фаза на истражување и утврдување на билансни резерви и анализираниот простор во трудот е делумно истражен и врз база на спроведените истражувања утврдени се потенцијални резерви од "C_2" категорија. Останува да се опфати со истражување просторот јужно од линијата Оризари–Новаци до државната граница со Р. Грција, надвор од границите на напред споменатите наоѓалишта.

Првично истражувања на анализираниот простор се вршини од хидрогеолошки аспект за водоснабдевање на населените места, кои истражувања биле со помала длабочина за да навлезат во јагленосниот слој. Истражувањата за јаглен се вршени подоцна и се состоеле во истражно дупчење со картирање на јадрото и земање на примероци за лабораториски испитувања и геофизички каротаж на некои од истражните дупнатини.

Истражувањата за јаглен започнуваат во далечната 1974/1975 год. од страна на Бирото за геолошки и рударски истражу–вања–Битола, на анализираниот простор биле изведени 9 (девет) дупнатини со најразлична длабина од 32 m најплитката, до 117,50 m најдлабоката или вкупно биле издупчени 733,20 m.

Со истражувањето било продолжено и во периодот 1977/1978 година кога од страна на Рударско-Енергетскиот комбинат–Битола биле изведени 30 истражни дупнатини со најразлична длабочина на изведба и тоа најплитката 47,00 m и најдлабоката 317,00 m или вкупно биле издупчени 3695,50 m.

Во периодот од 1987 до 1989 година, продолжено е со истражувањата и од страна на Геолошкиот завод–Скопје биле изведени 33 истражни дупнатини со длабина од 25,00 m до 460,00 m. Истражното дупчење било изведено по квадратна истражна мрежа од по 2 400 x 2 400 m. Во тој период биле издупчени вкупно 9938,00 m.

Со истражувањата е продолжено и во 1991 год. кога од страна на геолошки завод – Скопје и "Битола Сил" – Битола биле изведени и најдлабоките дупнатини, вкупно 3(три) на истражниот простор со длабини 281 m најплитката и 500 m најдлабоката или вкупно биле издупчени 1277 m. На анализираниот простор во изминатиот период биле изведени околу 80 истражни дупнатини, а од наша страна анализирани се 75 т.е. оние дупнатини за кои имавме податоци.

ГЕОЛОШКА ГРАДБА НА ИСТРАЖНИОТ ПРОСТОР

Во геолошката градба на истражниот простор влегуваат различни видови на карпести маси од различна старост, со различен начин на постанок, различни по минералошкиот состав и генетската припадност. Во склопот на самиот басен се застапени езерските седименти од миоцен-плиоценската старост кои лежат трансгресивно и дискордантно преку гнајс-микашистната, висококристалеста метаморфна серија. Литофацијална и стратиграфска анализа е вршена на просторот зафатен со поранешните истражувања, и се однесува на повисокитеделови на неогените седименти. Со извршените истражувања дефинирана е длабина од 500 m, колку што изнесува длабината на најдлабоко изведената истражна дупнатина Д-535.

Врз база на анализираните профили на истражните дупнатини во геосклопот на битолскиот басен можат да се издвојат седименти од горно миоценска старост кои лежат врз палеорељефот и ја сочинуваат *подинската фација*, изнад неа доаѓа *продуктивниот хоризонт*, а над него *повлатната фација*.

Подинска серија. Вонајниските делови на неогениот басен испод продуктивната јагле–нова серија, констатирани се дијагенизирани глинции песочници, чакалесто-прашинести пескови, слабо врзани и неврзани песоци, заглинети прашини и глиновито-прашинести пескови со варијабилна сива и сиво-бела. Сите литолошки членови се добростратификувани со чести исклинувања и наизменични сменувања како по хоризонтала така и по вертикала. Песочниците се обично со мала дебелина до неколку метри, поретко и преку 10 m и повеќе. Цврстината кај песочниците доаѓа од ситнозрната структура и од цементното врзиво кое е или силициско или карбонатно.

Продуктивна јагленова серија (J)го зазема највисокото ниво на предходно опишаната сива, сиво-бела и жолтеникава подинска серија. Во склопот на оваа серија покрај јагленовите слоеви се констатирани и глинци и песочници, локално варовници, ситнозрни песоци, наместа глиновито-прашинести. Јагленот е доста раслоен и на одредени места како кај истражната дупнатина Д-559 регистрирани се 11 слоја на јаглен со дебелина од 0,9 m до 9,5 m, во кои често се јавуваат интерстратификувани прослојки од глина, јагленова глина и глиновит јаглен. Дебелината на продуктивната серија е доста варијабилна од неколку десетина метри до околу 170 m кај дупнатините Д-585 и Д-586.

Главниот јагленов слој е со променлива дебелина на јагленот од една до друга дупнатина.

Јагленовите слоеви со исклучок на главниот јагленов слој, често исклинуваат и немаат континуирано распространување. Јагленовите слоеви и прослојки од продуктивната серија се раслоени со сиви и сиво-бели и жолтеникави песоци, прашинести песоци, наместа заглинети, глинци и песочници, апоретко варовници. Во највисокиот дел на продуктивната серија се наоѓа слојот со најголема дебелина, како главен јагленов слој, кој е од типот на меките кафеави јаглени – **лигнит.** Овој јагленов слој има континуирано распространување речиси по целата површина со дебелина од 2-6 m, наместа помалку од 2.0 m, а наместа и над 6,0 m до максимални 12.5 m или средна вредност од 4.5 m. Воглавно има континуирана распростране–тост на површина од околу 70-80 km^2.Главниот јагленов слој исклинува во правецот И – З во попречен правец, а исто на одреден дел и во надолжен правец, а во останатиот дел тоне во правец на југ.

Повлата на јагленот има максималната вредност со апсолутна кота од 100.4 m во ободниот ЈЗ-дел, со постепено намалување кон ЈИ до апсолутна кота од 543 m.

Дебелината на јаловинскиот материјал над јагленовиот слој има максимална вредност од 250-337 m во јужниот дел на наоѓалиштето околу дупнатините Д-522, Д-535 Д-590, а нај–мала во источниот обод со вредност од 103 m. На делот каде јагленот е зафатен со тектонско издигање е најблиску до површината на теренот т.е. на длабина од 40 m. Може да се воочи дека најголем дел од јагленот во наоѓалиштето е покриено со јаловински материјал од 200-330m.

Тука треба да се спомене и коефициентот на раскривка над јагленовиот слој табела бр. 1,овој коефициент е одреден од односот на дебелината на јаловинскиот материјал и вкупната дебелина на јагленовите слоеви.

Табела 1. Приказ на коефициентот на раскривка над јагленовиот слој

Табела на коефициент на раскривка над јагленов слој			
	Дупнатини 1974	Дупнатини 1977/78	Дупнатини 1987/1991
средна вредност на кофициентна раскривка	7,50	15,69	16,50
максимална вредност на коефициент на раскривка	42,18	53,75	178,57
минимална вредност на коефициент на раскривка	2,91	8,32	6,71

Табела 2. Приказ на дебелина на јаглен

Табела на дебелина на јаглен		
	дебелина на главен јагленов слој	на останати слоеви
средна дебелина на јаглен	4,53	1,62
максимална вредност на дебелина на јаглен	12,50	4,0
минимална вредност на дебелина на јаглен	0,50	0,50

Како главниот така и останатите јагленови слоеви се со хоризонтална слоевитост со паден агол од 1-3°, а наместа и до 5°.

Повлатна серија над продуктивната јагленова серија изградена од средно до добро дијагенизирани глинци, прослоени со слоеви од прашинести пескови, чакалесто-песокливи прашини и песокливи чакали. Таложењето на овие седименти е завршна фаза на горно миоценските седименти, врз кои се таложат плиоценските седименти. Некоја остра граница помеѓу миоценските и плиоценските седименти не е издвоена, освен на делот каде миоценските седименти завршуваат со сиви глинци, а над нив лежат жолтеникави плиоценски седименти. Во делот каде и за време на миоценот и за време на плиоценот се вршело таложење на ситна прашинеста фракција со изразита сива и сиво-бела до слабо жолтеникава боја, имаме постепен преод на миоценските во плиоценски седименти кај кои до израз доаѓа жолтеникавата боја.

Плиоценските седименти во најдолниот дел на поедини места се претставени со покрупна песокливо-чакалеста фракција, наместа со содржај на валутоци, а наместа со поситна песокливо-прашинеста или глиновита со содржај на чакалеста фракција. Честа е промената на поситна прашинесто-песоклива и глиновито песоклива компонента со покрупна песокливо-чакалеста фракција и нивни мешавини во најразличен сооднос, кои често се сменуваат во вертикален и хоризонтален правец. Бојата на овие литолошки членови е различна од сива до жолтеникава.

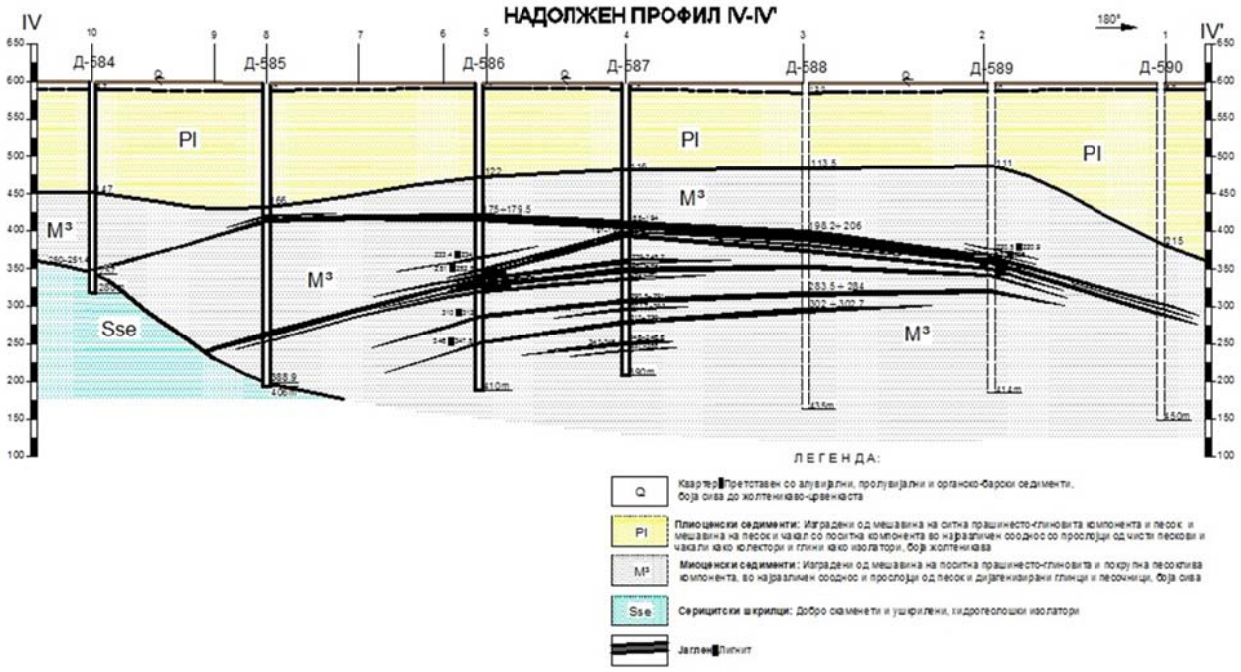
Квартерните наслаги имаат најмала дебелина од неколку метри до максимални 30 m и истите се претставени со: органогено-мочуришни седименти, пролувијални и алувијални наноси.

СТРУКТУРНО-ТЕКТОНСКИ КАРАКТЕРИСТИКИ

Со истражувањата на овој простор докажано е дека јагленовото наоѓалиште од битолскиот дел на Пелагонскиот басен има едноставна структурно-тектонска градба. Тоа се должи на фактот што просторот на наоѓалиштето бил слабо изложен на тектонски влијанија иако околните наоѓалишта кои се во близина на овој дел од битолскиот јагленосен басен имаатмногу посложена градба, поради двете крупни геотектонски единици Пелагонискиот хорстантиклинориум и Западно-македонската зона. При самото креирање на геолошките профили на неколку профили воочена е поголема висинска

разлика помеѓу јагленосните слоеви во две соседни дупнатини, поради што е констатирано дека се работи за раседнување. Наоѓалиштето обично е со мало синклинално повивање на одредени делови и благо антиклинално повивање во правец C-J (сл 2).

Слика 2 . Надолжен геолошки профил на јагленосните слоеви



ХИДРОГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ

Врз база на хидрогеолошките карактеристики, карпестите маси застапени во склопот на анализираниот простор можат да бидат групирани во следните групи:

- *Хидрогеолошки колектори*
- *Хидрогеолошки излатор*
-*Релативни хидрогеолошки колектори и*
-*Релативни хидрогеолошки изолатори*

Во хидрогеолошки колектори групирани се членовите изградени од покрупна песокливо-чакалеста фракција и дробински материјал со валутоци, чакалите, песоците и нивните мешани преставници.

Во хидрогеолошки изолатори групирани се членовите изградени од ситна прашинесто-глиновита компонента, јагленот, глинците и песочниците.

Во релативни хидрогеолошки колектори групирани се песокливите и песокливо-чакалестите фракции дозирани со поситна глиновито-прашинеста компонента.

Во релативни хидрогеолошки изолатори групирани се членовите изградени од ситна прашинесто-глиновита компонента, дозирани со покрупна песокливо-чакалеста фракција.

Класификација на седиментите на горенаведениот начин извршена е врз основа на нивниот гранулометриски состав т.е. дали доминира ситна или крупна фракција. Хидрогеолошките карактеристики на карпес–тите маси со дополнителните хидрогеолошки истражувања кои треба да следат треба да бидат детално проучени со утврдување на нивните филтрациони карактеристики.

ИНЖЕНЕРСКОГЕОЛОШКИ КАРАКТЕРИСТИКИ

Врз база на инженерскогеолошките карактеристики, карпестите маси застапени во склопот на анализираниот простор се групирани во следните групи:

- *Неврзани карпести маси*
- *Врзани нескаменети карпести маси*
- *Врзани слабо скаменети карпести маси*
- *Врзани скаменети карпести маси*

Во неврзани карпести маси се класифицираат оние партии од составот на алувијалните, пролувијалните и плиоценските седименти кои се изградени од чисти пескови, песокливи чакали и песокливи чакали со валутоци.

Во врзани нескаменети карпести маси се класифицираат литолошките членови кои се од различна генетска припадност и старост, а кои се изградени од ситна прашинесто-глиновита компонента или од покрупна песокливо-чакалеста фракција дозирани со поситна глиновито-прашинеста компонента која е врзно средство.

Во врзани слабоскаменети карпести маси се класифицираат глинците и песочниците кај кои врзивото е глиновито, карбонатно или силициско.

Во врзани скаменети карпести маси се класифицирани карпите кој ја градата поглогата на пелагонискиот басен, преставени се од: гнајсеви, микашисти, гранодиорити и др.

Инженерскогеолошките карактеристики на литолошките единици со наредните истражувања треба детално да бидат проучени со спроведување на геомеханички истражувања и испитувања за одредување на јакостно-деформабилните карактеристики на карпес–тите маси. 5,0 m, опробувањето било вршено во 2-3 интервали со по 3-5 m секој интервал. Во пробите била влезена и јаловината до 0,2 m. Пооделно се разгледувани вредностите на: влага, пепел, сулфур, кокс, Ц-фикс, согорливи материи, испарливи материи, горна и долна топлотна вредност.

Вкупно се испитани 147 проби од јаглен. Како критериум за позитивна проба земена е калорична вредност од 1000ccal/kg, односно 4170 KJ/kg. Од добиените вредности извршена е пресметка на пондерисаните вредности за процентуалните содржини на влага, пепел, сулфур, кокс, Ц-фикс, испарливи материи, согорливи материи, горна и долна топлотна вредност. Добиените вредности од пресметката се дадени во табела бр. 3.

КВАЛИТАТИВНО-КВАНТИТАТИВНИ КАРАКТЕРИСТИКИ НА ЈАГЛЕНОТ

Со досегашните фази на геолошките истражувања, квалитетот на јагленот од анализираниот простор бил определуван преку изработка на лабораториски испитувања и анализи и тоа: комплетни технички анализи, елементарни анализи, анализи за хемискиот состав и топливост на пепелта, изработка на петрографски анализи и др. За 29 дупнатини имавме податоци за земени примероци и за извршени лабораториски испитувања на јагленот.

Квалитетот на јагленот е испитуван на сите слоеви на јаглен подебели од 0,50 m. Пробите биле земени според ЈУС стандарди во интервали до 5,0 m. Кај подебелите слоеви од

Табела 3.Вкупна обработка на квалитетот за јагленовите слоеви

Влага (%)	Пепел (%)	Сулфур			Кокс (%)	Ц-фикс (%)	Испар. материи (%)	Согор. матери (%)	Топлотна вредност	
		Вкупно S (%)	S во пепел (%)	Согор S (%)					Горна т.в. (kJ/kg)	Долна т.в (kJ/kg)
43,11	**20,15**	**0,89**	**0,17**	**0,88**	**40,10**	**16,52**	**21,55**	**38,06**	**9781**	**8315**

Од извршените елементарни анализи одреден е составот на органската материја преку процентот на јаглерод(C), водород(H), азот (N) исогорлив сулфур (S). Просечните вредности за параметрите на поедините елементи во сите дупнатини изнесуваат: за (C) 0,66 %, за (H)4,03 %, за (N)1,81 %и за (S)средната вредност

изнесува 0,69 %. Во лабораториски услови одреден е и составот на пепелта како остаток при согорувањето на јагленот. Анализа на составот на пепелта претставува емпириско одредување на одредени компоненти, како SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, TiO_2, CaO,MgO,MnO,Na_2O,K_2O и др. Од извршените лабораториски испитување од 1989 година добиени се следните вредности за одредени компоненти и тоа: за SiO_2добиена е средна вредност 59,55 %, за Fe_2O_3 6,40 %, за Al_2O_3 16,70 %, за TiO_2 0,81 %, за CaO 6,95 %, MgO 4,01 %, MnO 0,05 %, за Na_2O 1,65 %, за K_2O 1,95 %, за P_2O_5 0,24 %, за SO_3 2.22 %.

КЛАСИФИКАЦИЈА И КАТЕГОРИЗАЦИ-ЈА НА РЕЗЕРВИТЕ НА ЈАГЛЕН

Споредспроведените истражувања и испиту–вања и добиените сознанија за сло-женоста на геолошката градба, степенот на тектонската растроеност како и променливоста на јагленовиот слој, наоѓалиштето од истражниот простор кој е цел на анализа е групирано во прва група и втора подгрупа. Врз основа на ова класификација,а во склад со прописите од Правилникот за класификација и категори–зација на резервите на цврсти минерални суровини и водење на евиденција за нив (Сл. лист на СФРЈ од 1979 год.), според кој правилник растојанијата помеѓу истражните работи за одделните категории изнесуваат: 175 m за резерви од "А" категорија по пад и по протегање на слоевите, 350 m за резерви од "В" категорија и 750 m за резервите од "C_1" категорија. Поради напред кажаното пресметаните резерви за анализираниот истражен простор се категоризирани во "C_2" категорија на геолошки резерви.

Пресметката на резервите е извршена по две методи: метода на блокови и на паралелни профили. Резервите се пресметани како вкупни за сите јагленови слоеви и резерви за главниот јагленов слој.

Првични резултати за извршена пресметка на рудни резерви на јаглен во овој дел од Битолскиот басен се дадени во Годишниот извештај за регионалните истражувања на јаглен во Пелагониска котлина од 1989 год,кога врз база на анализирани 26 истражни дупнатини по метода на блокови се пресметани прогнозни резерви на јаглен од "C_2" категорија од 1.189.633.800 m^3 односно 1.427.561.000 t геолошки прогнозни резерви на јаглен. Врз база на нашите пресметки за истиот истражен простор по истата метода се пресметани резерви на јаглен од "C_2" категорија вкупно 1.201.380.953 m^3односно 1.441.657.144 t.

Покрај вкупни геолошки резерви, извршивме пресметка и за главниот јагленов слој при што се добиени геолошки резерви од "C_2" категорија вкупно 292.174.056 m^3или 350.608.867 t.

Како што претходно споменавме пресметка извршивме и по метода на паралелни профили, при што се користени креираните надолжни профили (вкупно 9). Со пресметката по метод на паралелнипрофили за сите слоеви на јаглен се пресметани резерви од "C_2" категорија вкупно 1.294.078.110 m^3односно 1.552.893.732 t, а за главниот јагленов слој 308.522.013 m^3или 370.226.416 t. Треба да се нагласи дека при пресметката на резервите за главниот јагленов слој во предвид е земен само делот каде дебелината на јагленовиот слој е поголема од 3.0 m, заради исплатливост при идната јамска експлоатација на јагленот. Поради големата длабина на залегање на јагленовите слоеви и големиот коефициент на раскривка кој е во интервалот од 5 до 90, за овој истражен простор начинот на експлоатација би бил јамски.

ВРЕМЕ НА ЕКСПЛОАТАЦИЈА

Векот на експлоатација претставува сооднос помеѓу рудните резерви и годишниот капацитет на производство на минералната суровина, или изразено по формулата:

$$н = \frac{P}{K}$$

каде:

н-време на експлоатација (години),

P-рудни резерви (t),

K-годишен капацитет (t).

За да се одреди векот на експлоатација најнапред е потребно од вкупно пресмета-ните рудни резерви на јаглен да се утврдат

можните експлоатациони резерви и годишниот капацитет, па по горната формула ќе се пресмета векот на експлоатација. Поради раслоеноста на јагленот и малата дебелина на јагленовите слоеви, а значително поголемото вертикално растојание помеѓу нив, во предвид може да дојде само јамската експлоатација за која е потребна минимална дебелина на јагленовиот слој од 3.0 m. Поради ова единствено исплатливо би било експлоатирањето на главниот јагленов слој. При пресметани резерви за главниот јагленов слој од 350 608 867 t,минусирани губитоците од 15 % и со планиран годишен капацитет од 2 500 000 t, времето (рокот) на експлоатација на рудникот би изнесувал 125 год.

ЕКОНОМСКА (ВРЕДНОСНА) ОЦЕНА НА ИСТРАЖНИОТ ПРОСТОР

Како држава со слободно пазарно стопанство, како формула за пресметка на економската вредност на истражниот простор може да се примени Хосколдовата формула.

Према Хосколд (1905), вредноста на наоѓалиштето се менува со степенот на неговото исцрпување, и во моментот на потполно исцрпување на наоѓалиштето целиот вложен капитал заедно со каматите треба да бидат потполно вратени.

Формулата по која се пресметува вредноста на едно наоѓалиштето, (по Хосколд) го има следниот облик:

$$V_P = \frac{A}{\frac{r}{(1+r)^n - 1} + r_1}$$

каде:

V_P - вредноста на наоѓалиштето т.е. големината на идниот профит на наоѓалиштето, сведено во сегашни услови (во евра),

A - очекуван годишен чист приход при работа на рудникот (во евра),

r - нормална акумулативна стапка (стапка на загарантиран профит),%

r_1 - спекулативна стапка, зависна од големината на ризикот во соодветната индустриска дејност,%

n - време (рок) во кој ќе се оствари вкупниот приход, т.е. време на експлоатација на наоѓалиштето кое зависи од експлоатационите рудни резерви и годишниот производствен капацитет.

Ако за анализираниот истражен простор се усвои годишен капацитет од 2 500 000 t јаглен и приход од 2.4 EUR/t, во тој случај очекуваниот годишен приход(A) би бил 6 000 000 EUR. Со замена на оваа вредност во формулатаи со усвоени нормална акумулативна стапка(r) од 3% (по Хосколд најчесто изнесува (3-5%); спекулативната стапка (r_1) усвоене 8% и време на експлоатација(n) усвоено30 години, ќе ја добиеме сегашната вредносна(економска) оцена која ја отсликува големината на идниот профит на анализираниот простор за усвоените години. Во сегашни услови вредносната оцена ќе изнесува **59 405 940**евра.

Добиената вредносна оцена е прогнозна бидејќи е пресметана врз база на прогнозни резерви кои во иднина треба да бидат доистражени и прекатегоризирани во повисока категорија на "A", "B" и "C_1" резерви, за кои истражувања е потребно време, а со времето можат да настанат промени во вредностите на параметрите од Хосколдовата формула, па сегашно направената вредносна (економска) оцена да е невалидна за некое друго време.

ЗАКЛУЧОК

- Во трудот е извршена анализа на енергетската потенцијалност на битолскиот дел од Пелагониската котлина на просторот помеѓу селата Лознани и Канатларци на север и Оризари и Новаци на југ, врз база на порано извршените истражувања и испитувања за утврдување на квантитативните и квалитативните карактеристики на јагленот на истражниот простор.
- Користењето на необновливи извори на енергија, бара перманентно истра–жување и докажување на нови коли–чини на резерви, со цел одржување на континуитет во производството и дистрибуција на електрична енергија до потрошувачите.

- Во својата развојна политика за навремено обезбедување на експлоата–циони рудни резерви на јаглен за непречена работа на термоелектраната "Суводол", АД ЕЛЕМ-Скопје во последните неколку години превзема интензивни активности и сериозни вложувања за доистражување на Пелагониската котлина, поточно на битолскиот дел од котлината, кој и во изминатиот период бил предмет на истражување.
- Со утврдување на нови количини на рудни резерви во наоѓалиштето "Живојно", "Брод–Гнеотино" и во анализираниот простор опфатен во трудот, повеќекратно се зголемува досегашниот период на егзистирање на термоелектраната "Суводол"– Битола.
- Според квалитативно-квантитатив–ните карактеристики јагленот од битолскиот дел на Пелагониската котлина ги задоволува стандардите за да биде искористен како суровина за потребите на термоелектраната "Суводол" во производството на електрична енергија.

ЛИТЕРАТУРА

Андреевски. Б., Јаглени во Македонија;

Арсовски М., Петковски Р. 1975: Неотектоника на Социјалистичка Република Македонија;

Арсовски М. 1997: Тектоника на Македонија;

Думирџанов Н., Христов С., Павловски Б. и Иванова В., 1976: Толкувач за Основна Геолошка Карта 1:100 0000, лист Витолиште и Кајмакчалан;

Карајовановиќ М., Ивановски Т., 1972: Толкувач за Основна Геолошка Карта 1:100 0000, лист Битола и Лерин;

Dumurdzanov N., Serafimovski T., Burchfiel C.B., 2004: Evolution of the Neogene-Pleistocene Basins of Macedonia. Geological Soc.of America, DMC001, p.1-XX;

Dumurdzanov N., Serafimovski T., B.C. Burchfiel, 2005: Cenozoic tectonics of Macedonia and its relation to the South Balkan extensional regime. Geosphere, August 2005, v.1.no.1, p.1-22. Geol. Society of America;

Јанковиќ С., 1960 Белград -Економска Геологија;

Огњанова-Руменова Х., Думурџанов Н., 2008: Биостратиграфија и палеоекологија на слатководните наслаги во Македонија врз основа на Неогените дијатомеи. Прв Конгрес на геолозите на Р. Македонија 2008 год.

Паскалев В. 1985 год.: Јаглени во СР Македонија-геолошко-економска оцена - "Електростопанство на Македонија" – Скопје, РО Рударско-Енергетски Комбинат "Битола" ООЗТ Рудник "Суводол" – Битола;

Извештај за резултатите од регионалните истражувања на лигнит во источниот и северниот ободен дел на Битолската котлина, 1975 год. – Биро за геолошки и рударски истражувања и експлоатација на минерални суровини - Битола

Годишен извештај за регионални истражувања на јаглен во Пелагониска котлина во 1987 год. – Геолошки завод Скопје, ООЗТ Институт за истражување на минерални суровини;

Проект за регионални истражувања на јаглен во Пелагониската котлина, 1988 год. – Геолошки завод - Скопје, ООЗТ Институт за истражување на минерални суровини;

Годишен извештај од извршените истражувања на јаглен во Пелагониска котлина во 1988 год. – Геолошки завод Скопје, ООЗТ Институт за истражување на минерални суровини;

Годишен извештај за регионални истражувања на јаглен во Пелагониска котлина во 1989 год. – Геолошки завод Скопје, ООЗТ Институт за истражување на минерални суровини;

Годишен извештај за продолжение на регионалните истражувања на јаглен во Пелагониска котлина во 1989 год. – Геолошки завод Скопје, ООЗТ Институт за истражување на минерални суровини;

Извештај за геофизички каротаж на дупнатина Б-535 на јаглени Пелагонија, 1991 год. – Општествено претпријатие за истражување на минерални суровини "Геоинститут" – Скопје

Извештај за регионалните истражувања на јаглен во Пелагонија 1987-1990/91 год. – Ј.П. "Електростопанство на Македонија" погон "Рек-Битола" – Битола.

MINING / MINERAL SUPPORT SERVICES PROJECT

Duška Rokavec and Tina Benda

Geological Survey of Slovenia
duska.rokavec@geo-zs.si; *tina.zajc-benda@geo-zs.si*

Abstract

In order to boost the innovation and entrepreneurship in the raw materials sector, expand mineral resources (MR) supply and to increase investments into the MR extractive industry, the knowledge of existent primary and secondary mineral raw materials (mining waste) is of high importance. The preliminary condition in this process is sufficient networking of existing Mineral Support Services (MSS) and the transfer of their knowledge into broader European area, where more mineral resources could be expected. The new amounts of mineral commodities would significantly contribute to meet the requirement and demand of EU industry and should increase the sustainability of European MR Supply. As adviser to government the MSS is organized as an expert service to support authorities (on national, regional or local level) at the decision-making process and on the other hand to facilitate industry to enter into new markets. Moreover, one of the goals of MSS activities is to achieve a balance between ensuring sustainable MR extraction, harmonizing with spatial planning and environmental protection.

Key words: Raw material, Mineral Resource policy, Mineral Support Service, EIT Raw Materials KIC

INTRODUCTION / PROJECT BACKGROUND

The majority of EU countries with developed Mineral Resource policy and management have a wide range of Mineral Support Service (MSS) which main purpose is to provide an organized support to various stakeholders and thus ensure a balanced and sustainable Raw Material management according to their countries' legislative framework, ownership of mineral resources, as well as difference amongst their jurisdictions. Supply and demand for mineral raw materials has been increased significantly in the last decades and this trend is expected to continue in the future. In order to meet the EU's short and long-term demand, its industry is expected to expand the exploration and investment activities to the Balkan region. To facilitate this process the MR extractive industry needs an easy access to relevant MR data and information on permitting procedures in the Balkans.

The project is based on the **Raw Materials Initiative** - meeting our critical needs for growth and jobs in Europe (Brussels, COM(2008)699) and its 3 pillars: (1) Ensure access to raw materials, (2) Foster sustainability supply of raw materials from European sources, (3) Boost resources efficiency. The project's objectives are aligned with the **Europe 2020 Flagship Initiative** on resource Efficiency and the Roadmap to a Resource Efficient Europe adopted in September 2011 and the **Inspire Directive** (2007/2/EC) – establishing an infrastructure for spatial information.

Fig. 1 *The official logo of the EIT RawMaterials KIC.*

Within the frame of the 2nd EIT RawMaterials KIC's KAVA Call for projects Geological Survey of Slovenia was granted the **MineService project** together with a consortium of 6 partners – including two partners from the Republic of Macedonia.
EIT RawMaterials was designated as an EIT Knowledge and Innovation Community (KIC) by the EIT Governing Board on 9th December 2014. EIT RawMaterials will be the strongest consortium ever created in the world in the raw materials field. Novel service offerings will be implemented to empower the EIT Raw Materials community and other stakeholders. EIT Raw Materials will generate significant impact on European competitiveness and employment. This will be realised through the introduction of innovative and sustainable products, processes and services and well-educated people that will deliver increased economic, environmental and social sustainability to European society.

PROJECT OBJECTIVES

The Balkan region is considered to be one of potential mineral resources supply areas, in Europe. Due to this fact, the region is becoming more interesting for European investors, especially the candidate countries for EU(Macedonia, Albania, Montenegro, and Serbia). Among them, Republic of Macedonia has been selected as a test site country in the project. To provide all relevant data and encourage the possible investments in the region it is necessary to transfer a good practice in the field of MR management and development.
The lead partner (GeoZS) would serve as a link between the Balkan region and the EU in this project. Advantage of taking the leadership could be understood from the fact that we were once in a common country and have had a common MR policy. However, Slovenia already passed the process of integration, harmonized its laws with the EU laws and also become a part of EU MR Inventory aligned with the INSPIRE directive. Due to knowledge transfer the partners will assimilate the good practices and experience on MR management as well as bring good practices of Mining/Mineral data management to the test site country.

The project consortium is composed of the following partners:

- the Lead Partner - Geological Survey of Slovenia (GeoZS),
-DMT,
- Geological Survey of Romania (IGR),
-BRGM,
- Geological Survey of the Republic of Macedonia,
- Buchim Mine and
- Slovenian surface Mining Association (DTV PO).

MineService is a 3-year project and was started on 1st April 2016.

Fig. 2 *The MineService project logo.*

The Geological Survey of Slovenia has been performing Public Mining Service (PMS) on national level more than 15 years. Its main role is to support national mining and mineral resource governmental department in the area of mineral policy, sustainable mineral resource management (including the fully operational digital Mining Register and Mining Cadastre of all active exploration areas and already explored mineral areas in the country) and indicators on national level. All EU consortium partners have developed similar services.

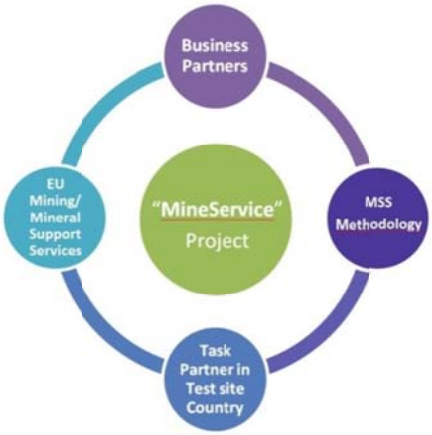


Fig.3 *The MineService project scheme.*

The principal idea of the project is to create a network of partners to determine good practices of MSS in partner countries and transfer the knowledge to the test site. The Consortium intends to create a common basis for the future MSS in the test site country. Such a support service would represent a good basis for a fully operational service, which would facilitate MR management to the authorities and access of relevant data to European investors. The knowledge transfer could continue in a uniform way to the entire Balkan region. A better flow of information between the EU and Balkan countries will facilitate EU's industrial investors.

EXPECTED IMPACT AND BENEFITS

The resulting benefit for the partners that would share best practices in existing MSS is that in the next stages the project partners could supply the service with exploration and surveying data. That would bring the opportunity to provide the data and improve the data density on behalf of the mineral service or its customers. Main data suppliers are national Mineral/mining services. But also a lot of European SMEs dealing with exploration, surveying, data mining, modelling and management of geo-data and suppliers of modelling software will benefit as well from the MSS by providing their services.
A resulting benefit ofMR technology for SMEs and junior companies is the opportunity to develop raw materials projects based on the provided exploration data. In the end the major impact is enabling of new raw materials projects and therefore fostering the whole scene. In this perspective the project will show future benefits for a variety of activities and users: raw materials production, technology applications, markets, users and partners inside and outside the KIC.
The Balkan region countries often suffer from anthropogenic pollution by low-level technologies from former mining activities. In a long-term perspective they can expect new investments, based on future available MR data. The development and integration of modern technologies will follow.

PROJECT IMPLEMENTATION PLAN

Thematic work packages are interrelated (regarding time and activities) and complementary to each other.
WP 0 (**Feasibility Study**)
WP 1 (**Project Management**)
WP 2 (**Present state of MSS in partner countries**)
WP 3 (**Evaluation of applicability of the MSS for use within resource assessment following international reporting standards and best-industry practice**)
WP 4 (**European Guidance on Good Practices in MSS**– How to potentially incorporate the concept/methodology of MSS into candidate countries)
WP 5 (**Demonstration and testing of MSS Methodology at the test site country** (Republic of Macedonia) with Recommendations for MSS incorporation based on feedback).

All work packagesare led by the Geological Survey of Slovenia except for WP3 that will be coordinated by DMT.

CONCLUSIONS

The network of partners in this project would increase the institutional capacity in executing technical and administrative tasks for mining and spatial planning in involved partner countries. The good practices and knowledge should be transferred and supplied to candidate countries for theEU in order to improve the relationship between the EU and the candidate countries and potentially widen the European MRsupply area. This should reduce MR supply shortage and consequently diminish vulnerability of EU MR Sector. Effective MSS is therefore needed for Europe to remain competitive in minerals and products market and to provide MR to meet its society needs.

Within the frame of the project the following activities will be performed:

(1) To create a network of existing MSS and supporting institutions (research, education and business) to share the skills and experience of MR management;
(2) To create a compendium of good practices of MSS amongst partners and improve technical tools for MR management;
(3) To transfer the knowledge and increase the capacity building on mineral management in the test site country (Republic of Macedonia) by preparing background for MSS, and exchange best practices with candidate countries which should rely on MSS for their economic development;
(4) The feedback effect from the activities stated above would be facilitation of the MR extraction industry to increase and expand the investments in the test site country.

Fig. 4 *Slovenian and Macedonian project partners in Buchim Mine.*

List of used abbreviations:

MR - Mineral Resources
MineService - the acronym of the Mining / Mineral Support services project
GeoZS - Geological Survey of Slovenia
MSS - Mineral Support Service
WP - Work Package