

UDRUŽENJE/UDRUGA GEOLOGA U BOSNI I HERCEGOVINI
УДРУЖЕЊЕ ГЕОЛОГА У БОСНИ И ХЕРЦЕГОВИНИ

ZBORNİK RADOVA
KNJIGA SAŽETAKA I RADOVA

ЗБОРНИК РАДОВА
КЊИГА САЖЕТАКА И РАДОВА



II KONGRES GEOLOGA BOSNE I HERCEGOVINE
SA MEĐUNARODNIM UČEŠĆEM

II КОНГРЕС ГЕОЛОГА БОСНЕ И ХЕРЦЕГОВИНЕ
СА МЕЂУНАРОДНИМ УЧЕШЋЕМ

ЛАКТАШИ, 2 – 4 ОКТОБАР/ LISTOPAD 2019. GODINE
ЛАКТАШИ, 2 – 4 ОКТОБАР 2019. ГОДИНЕ

IZDAVAČ:

Udruženje/udruga geologa
u Bosni i Hercegovini

Glavni i odgovorni urednik:
Branko Ivanković dipl. inž. geol.

Urednici:

Prof. dr. sc. Ferid Skopljak
Prof. dr. sc. Aleksej Milošević
Doc. dr. sc. Elvir Babajić
Mr. sc. Alojz Filipović

Tehnički urednik:

Dalibor Grubor

Štampa:

Štamparija Grafix, Banja Luka

Tiraž:

200 primjeraka na CD

**Za podatke i način prezentovanja
odgovorni su autori**

Pokrovitelji

GIM GEOTEHNIKA d.o.o. Banja luka
GEOAVAS d.o.o Sarajevo

Donatori

Z.P. RUDNIK I TERMOELEKTRANA
UGLJEVIK, a.d. Ugljevik
IBIS-INŽENJERING d.o.o. Banja Luka
ZAGREBINSPEKT d.o.o. Mostar
VODOVOD I KANALIZACIJA
BIJELJINA a.d. Bijeljina
GEOCON d.o.o. Čitluk
GEO-MARIĆ d.o.o. Mostar
KRIPTOS d.o.o. Milići
ARCELORMITTAL d.o.o. Prijedor
RUDNICI ŽELJEZNE RUDE LJUBIJA
a.d. Prijedor
RUDNICI BOKSITA JAJCE, Jajce
ZAVOD ZA VODOPRIVREDU d.d.
Sarajevo
VERANO MOTORS d.o.o. Banja Luka
BH BUŠENJE d.o.o. Tuzla
STU-IPKIN d.o.o. Bijeljina
GEOTEHNOS d.o.o. Sarajevo

ИЗДАВАЧ:

Удружење геолога
у Босни и Херцеговини

Главни и одговорни уредник:
Бранко Иванковић дипл. инж. геол.

Уредници:

Проф. др Ферид Скопљак
Проф. др Алексеј Милошевић
Доц. др Елвир Бабајић
Мр Алојз Филиповић

Технички уредник:

Далибор Грубор

Штампа:

Штампарија Grafix, Бања Лука

Тираж:

200 примјерака на CD

**За податке и начин презентовања
одговорни су аутори**

Покровитељи

ГИМ ГЕОТЕХНИКА д.о.о. Бања лука
ГЕОАВАС д.о.о Сарајево

Донатори

З.П. РУДНИК И ТЕРМОЕЛЕКТРАНА
УГЉЕВИК, а.д. Угљевик
ИБИС-ИНЖЕЊЕРИНГ д.о.о. Бања Лука
ЗАГРЕБИНСПЕКТ д.о.о. Мостар
ВОДОВОД И КАНАЛИЗАЦИЈА
БИЈЕЉИНА а.д. Бијељина
ГЕОКОН д.о.о. Читлук
ГЕО-МАРИЋ д.о.о. Мостар
КРИПТОС д.о.о. Милићи
АРЦЕЛОРМИТТАЛ д.о.о. Приједор
РУДНИЦИ ЖЕЉЕЗНЕ РУДЕ ЉУБИЈА
а.д. Приједор
РУДНИЦИ БОКСИТА ЈАЈЦЕ, Јајце
ЗАВОД ЗА ВОДОПРИВРЕДУ д.д.
Сарајево
ВЕРАНО МОТОРС д.о.о. Бања Лука
БХ БУШЕЊЕ д.о.о. Тузла
ЦТУ-ИПКИН д.о.о. Бијељина
ГЕОТЕХНОС д.о.о. Сарајево

ORGANIZACIONI ODBOR

Branko Ivanković, dipl.inž.geol.

Prof. dr.sc. Ferid Skopljak

Mr. sc. Alojz Filipović

Prof. dr. sc. Zehra Salkić

Prof. dr.sc.Kenan Mandžić

Prof. dr. sc. Aleksej Milošević

Doc. dr. sc. Elvir Babajić

Mr. sc. Ćazim Šarić

Mr. sc. Sabit Begić

Svetlana Renovica, dipl.inž.geol.

Dragan Mitrović, dipl.inž.geol.

Evica Golić-Divković, dipl.inž.geol.

Željko Zubac, dipl.inž.geol.

Cvjetko Sandić, dipl.inž.geol.

Pero Jokanović, dipl.inž.geol.

Silvana Radulović, dipl.inž.geol.

Josip Marinčić, dipl.inž.geol.

Dragan Marjanović, dipl.inž.geol.

ОРГАНИЗАЦИОНИ ОДБОР

Бранко Иванковић, дипл.инж.геол.

Проф. др Ферид Скопљак

Мр Алојз Филиповић

Проф. др Зехра Салкић

Проф. др Кенан Манџић

Проф. др Алексеј Милошевић

Доц. др Елвир Бабајић

Мр Ћазим Шарић

Мр Сабит Бегич

Светлана Реновица, дипл.инж.геол.

Драган Митровић, дипл.инж.геол.

Евица Голић-Дивковић,
дипл.инж.геол.

Жељко Зубац, дипл.инж.геол.

Џвјетко Сандић, дипл.инж.геол.

Перо Јокановић, дипл.инж.геол.

Силвана Радуловић, дипл.инж.геол.

Јосип Маринчић, дипл.инж.геол.

Драган Марјановић, дипл.инж.геол.

NAUČNI ODBOR

Akademik Neđo Đurić,
ANURS – predsjednik naučnog
odbora

Prof. dr.sc. Enver Mandžić,
redovni član ANUBiH

Prof.dr.sc. Hazim Hrvatović,
dopisni član ANUBiH

Prof. dr. sc. Tea Kolarov-Jurkovšek

Prof. dr. sc. Sejfudin Vrabac

Prof. dr.sc. Zoran Stevanović

Prof. dr.sc. Ranko Cvijić

Prof. dr. sc. Zoran Nakić

Prof. dr. sc. Blažo Bovev

Dr. sc. Slobodan Miko

Prof. dr. sc. Dragoman Rabrenović

Prof. dr. sc. Izet Žigić

Prof. dr. sc. Ljupko Rundić

Dr .sc. Slobodan Radusinović

Dr.sc. Stjepan Čorić

Dr. sc. Miloš Bavec

НАУЧНИ ОДБОР

Академик Неђо Ђурић,
АНУРС – председник научног
одбора

Проф. др Енвер Манџић,
редовни члан АНУБИХ

Проф.др Хазим Хрватовић,
дописни члан АНУБИХ

Проф. др Теа Коларов-Јурковшек

Проф. др Сејфудин Врабац

Проф. др Зоран Стевановић

Проф. др Ранко Цвијић

Проф. др Зоран Накић

Проф. др Блажо Боев

Др Слободан Мико

Проф. др Драгоман Рабреновић

Проф. др Изет Жигић

Проф. др Љупко Рундић

Др Слободан Радусиновић

Др Стјепан Ћорић

Др Милош Бавец

SADRŽAJ
САДРЖАЈ

Table of Contents

PLENARNI RADOVI / ПЛЕНАРНИ РАДОВИ	1
KONODONTI PROFILA TEOČAK: GRANICA PERM-TRIJAS	2
Tea Kolar-Jurkovšek¹, Hazim Hrvatović², Dunja Aljinović³, Galina P. Nestell⁴, Bogdan Jurkovšek¹, Ferid Skopljak²	2
RIFT RELATED ORE-FORMING PROCESSES IN THE EARLY HISTORY OF NEOTETHYS	5
Hrvatović, H.¹ & Palinkaš, A.L.²	5
ТРЕНУТНО СТАЊЕ И ПЕРСПЕКТИВЕ ГЕОЛОШКИХ ИСТРАЖВАЊА У РЕПУБЛИЦИ СРПСКОЈ	10
Бобан Јоловић	10
FUNDAMENTALNA GEOLOGIJA / ФУНДАМЕНТАЛНА ГЕОЛОГИЈА	17
ŽELJEZOVITI KONGLOMERATI LAŠVANSKE FORMACIJE (SARAJEVSKO-ZENIČKI BAZEN)	18
Hrvatović, H.¹, Šarić, Ć.¹, Filipović, A.¹, Demir, V.¹, Mujkić F.¹, Jaganjac, N.¹ i Nikolić, T.¹.....	18
ANDEZITI ČELEBIĆA-OKOLORUDNE IZMENE I POJAVLJIVANJE GRANATA	23
dr Danica Srećković-Batočanin^{1*}, dr Suzana Erić¹, dipl.inž Dragan Djordjević², dipl.inž Dragana Stojanović² i MSc Rajko Kondžulović²	23
BADENSKA FAUNA IZ VELIKOG IZVORA KOD ZAJEČARA (ISTOČNA SRBIJA, DAKIJSKI BAZEN)	34
Dr Meri Ganić.....	34
ПРИРОДНИ ЗЕЛОТИ, НАЧИН ПОЈАВЉИВАЊА И МОГУЋНОСТ ПОЈАВА НА ТЕРЕНИМА СЈЕВЕРОИСТОЧНЕ БОСНЕ	36
М.Тодоровић¹, Р.Бјелановић², Г.Симић³, Б.Голић⁴	36
MINERALOŠKE I PETROLOŠKE KARAKTERISTIKE BIGRENE AKUMULACIJE „BELI IZVORAC“ KOD MAJDANPEKA (ISTOČNA SRBIJA).....	46

MSc Natalija Batoćanin^{1*}, dr Ivana Carević¹, dr Violeta Gajić²	46
ON FORMATION OF THE IRON GATES: NEW INFERENCES FROM APATITE U-Th/He THERMOCHRONOLOGY	54
Uroš Stojadinović¹, Marinko Toljić¹, Nemanja Krstekanić^{1,2}, Tamara Bogdanović¹	54
PALEOZOJSKA PALEOGEOGRAFSKA I TEKTONSKA EVOLUCIJA APULIJA/ADRIJA MIKROPLOČE – POSTOJI LI UTICAJ VARISCIJSKE KONVERGENCIJE ILI NE?.....	56
Dr D. Spahić^{1*}, Dr B. Glavaš-Trbić¹, Dr T. Gaudenyi², MSc M. Poznanović-Spahić¹	56
VARDAR ZONE: NEW INSIGHTS INTO THE TECTONO-DEPOSITIONAL SUBDIVISION	60
dr Marinko Toljić^{1*}, dr Uroš Stojadinović¹, Nemanja Krstekanić^{1,2}	60
RAZUMJEVANJE MEHANIZMA POST-SREDNJIJEMOCENSKE INVERZIJE U CENTRALNIM DINARIDIMA NA PRIMJERU SARAJEVSKO-ZENIČKOG I KONJIČKOG BASENA	74
Vedad Demir^{1,2}, Liviu Matenco¹, Marianne van Unen¹, Hazim Hrvatović²	74
KEMIZAM I GEOTEKTONSKI SKLOP SREDNJETRIJASKIH VULKANSKIH I VULKANOKLASTIČNIH STIJENA DONJEG PAZARIŠTA U HRVATSKOJ I BOSANSKOG GRAHOVA U BOSNI I HERCEGOVINI.....	78
Smirčić Duje, Garašić Vesnica, Aljinović Dunja, Barudžija Uroš	78
NOVI REZULTATI ISTRAŽIVANJA LEŽIŠTA KOMPLEKSNE RUDE OLOVA, CINKA I BARITA NA PODRUČJU BOROVICE (OPĆINA VAREŠ)	83
Hrvatović¹, H. i Kamberović², E.	83
GENEZA I GEOHEMIJSKA DISTRIBUCIJA BARIJA U TLU OKOLINE MAGLAJA ...	86
Samir Ustalić¹, Elvir Babajić², Alisa Babajić³, Želka Stjepić-Srkalović⁴, Dado Srkalović⁵	86
DONJOMIOCENSKI (OTNANAG-KARPATSKI) KLASTIČNI I KLASTIČNO-KARBONATNI ŠELF JUGOISTOČNOG DELA CENTRALNOG PARATETISA, NAFTNO-GASNO POLJE MALJUREVAC-BUBUŠINAC (DRMLJANSKA DEPRESIJA, STIG, SRBIJA)	97
Dr Radmilo Jovanović, dipl. inž. geologije	97
CONODONTS OF SLOVENIA	99
Tea Kolar-Jurkovšek, Bogdan Jurkovšek	99

ФАЦИЈАЛНА АНАЛИЗА МИОЦЕНСКИХ СЕДИМЕНАТА ШИРЕГ ПОДРУЧЈА СРЕМА (СРБИЈА).....	102
Даница Ашанин, дипл. инж. геологије.....	102
STRATIGRAFSKA REVIZIJA GORNJEG BADENA RAKOVIČKOG POTOKA KOD BEOGRADA (CENTRALNI PARATETIS , SRBIJA)	106
Dr Gordana Jovanović 1, dr Sejfudin Vrabac 2 , dr Stjepan Ćorić 3	106
TRAGOVI PREDACIJA NA SREDNJOMICENSKIM (BADENSKIM) SKAFOPODIMA IZ VIŠNJICE KOD BEOGRADA (SRBIJA).....	109
Dr Gordana Jovanović, Jovica Jovanović.....	109
MIOCEN PROFILA BUŠOTINE DH-1 KOD LUKAVCA (TUZLANSKI BAZEN).....	112
Izudin Đulović¹, Sejfudin Vrabac², Elvir Babajić³, Eldar Jašarević⁴ & Nermin Taletović⁵	112
OD MORA PARATETISA DO JEZERA PANON: BIOSTRATIGRAFIJA, PALEOEKOLOGIJA I PALEOGEOGRAFIJA MIOCENA U BUŠOTINI KC-4, ZAPADNA SRBIJA.....	125
Prof. dr Ljupko Rundić, MSc Jelena Stefanović, MSc Natalija Batoćanin², Doc. dr Violeta Gajić, Prof. dr Nebojša Vasić, Dr Stjepan Ćorić	125
O JEZERSKOJ UGLJENOJ SERIJI I SREDNJOMIOCENSKOJ MORSKOJ TRANSGRESIJI NA PODRUČJU JANJARI-ATMAČIĆI (UGLJEVIK-ISTOK).....	128
Prof. dr Ljupko Rundić, Svetlana Renovica, dipl.inž.geol.,	128
СЛИЧНОСТИ И РАЗЛИКЕ ЛИТОТИПОВА КОЛУБАРСКОГ И КОСТОЛАЧКОГ БАСЕНА.....	132
Драгана Животић^{1*} , Ана Ристић¹, Ксенија Стојановић²	132
GEOLOŠKA I GEOMORFOLOŠKA ANALIZA ŠIREG PODRUČJA VAREŠA	134
A. Begić, Dr.sc. A. Baraković, Dr.sc. D. Baraković, Mr. sc. S. Begić.....	134
GEOMORFOLOŠKI TRAGOVI PLEISTOCENSKE LEDNIČKE EROZIJE NA PLANINI VISOČICI.....	136
Toni Nikolić doc.dr.sc.geologije	136
GEOEKOLOŠKO VREDNOVANJE RELJEFA KANJONA RAKITNICE.....	143
¹ Alen Lepirica, ² Senad Gutić	143

FILITI PLANINE GOLJIJE – OBJEKTI GEONASLEĐA	170
dr Ljiljana Grujičić-Tešić, dr Jovan Kovačević	170
HRVATSKA GEOLOŠKA BAŠTINA VEZANA UZ POVIJESNO RUDARENJE.....	177
Prof. dr.sc. Marta Mileusnić, Doc. dr. sc. Ana Maričić, Dr. sc. Michaela Hruškova Hasan	177
DIVERZITET KARSTNIH POJAVA	180
Milorad Kličković.....	180
METODOLOGIJA VREDNOVANJA I KATEGORIZACIJE OBJEKATA GEONASLEĐA PRIMENJENA NA PODRUČJU GOLJIJE I PEŠTERA	186
dr Ljiljana Grujičić, prof. dr Dragoman Rabrenović, dr Jovan Kovačević, prof. dr Nataša Gerzina Spajić, prof. dr Nevenka Đerić	186
ALTERACIJA TUFA IZ LEŽIŠTA LAPORACA TREŠNJA (POPOVAC, SRBIJA).....	194
B.Sc. Željana Sekulić, Dr Vladimir Simić, Dr Suzana Erić, M.Sc. Nevena Andrić	194
PRIMJENJENA GEOLOGIJA / ПРИМЈЕЊЕНА ГЕОЛОГИЈА	196
3D GEOLOŠKI MODELI: OD 3D PRIKAZA GEOLOŠKE GRAĐE PODZEMLJA DO PROJEKTIRANJA NOVIH ISTRAŽNIH RADOVA I PRONALASKA NOVIH REZERVI MINERALNIH SIROVINA	197
Pavičić, Ivica; Dragičević, Ivan; Deljak, Gordana; Crnoja Filip; Radovac, Tihomir; Bojčetić Željko.....	197
MOGUĆNOSTI UPOTREBE NEMETALIČNIH MINERALNIH SIROVINA U PROCESU ORGANSKE PROIZVODNJE	211
Cvetko Živković, Jelena Kokot	211
KARTA SKLONOSTI TERENA KA KLIJEŃU OPŠTINE VIŠEGRAD.....	218
Цвјетко Сандић, дип. инж. геол., Ковиљка Лека, дипл. инж. геол.....	218
UPOREDNA ANALIZA REZULTATA PRETHODNIH ISTRAŽIVANJA I ISTRAŽIVANJA IZVEDENIH 2019. g. NA LEŽIŠTU OSTRUŽNJA, STANARI.....	235
Jovana Ječmenica¹, Slobodanka Lazarev¹, Dušan Simić¹, Stevan Lončar²	235
EIT RAWMATERIALS KIC, GEOERA AND OTHER OPPORTUNITIES FOR COLLABORATION FOR GEOSCIENCE INSTITUTIONS IN CENTRAL AND SE EUROPE	243

Bavec Miloš¹, Šolar V. Slavko, ², Vidović Jelena², Zajc Benda Tina¹, Šolc Urša¹ & Simić Barbara¹	243
UTICAJ CIRKULARNE EKONOMIJE NA MINERALNU EKONOMIJU I FUNKCIONISANJE MINERALNOG SEKTORA.....	247
Prof. dr Radule Tošović, dipl. inž. geol., dipl. ecc.,.....	247
NEKI ASPEKTI UTICAJA DIGITALNOG POSLOVANJA NA UPRAVLJANJE MINERALNIM PROJEKTIMA	252
Prof. dr Radule Tošović, dipl. inž. geol., dipl. ecc.,.....	252
FORMACIONA ANALIZA PODGRADAČKO-JOGUNOVAČKOG OFIOLITSKOG BLOKA NA SJEVERU KOZARE ZA POTREBE ISTRAŽIVANJA GRAĐEVINSKOG KAMENA	255
Aleksej Milošević ¹, Ranko Cvijić ²	255
SHALLOW GEOTHERMAL POTENTIAL WITH VERTICAL CLOSED-LOOP SYSTEMS: THREE CASE STUDIES FROM THE ALPINE SPACE	266
Dušan Rajver MSc¹, Alessandro Casasso², Pietro Capodaglio³, Joerg Prestor¹, Charles Cartannaz⁴, Charles Maragna⁴, and Jernej Jež¹	266
INŽENJERSKOGEOLOŠKI I GEOMEHANČKI USLOVI IZGRADNJE TUNELA „BRADINA“ NA KORIDORU VC.....	283
Safet Mutapčija¹, Selma Gosto², Mevludin Karzić³, Belmin Bektić⁴, Elvir Babajić⁵	283
PHASE TRANSITIONS OF SILICA IN DIATOMITE FROM BESISTE (NORTH MACEDONIA) DURING THERMAL TREATMENT	296
Arianit Reka¹, Blagoj Pavlovsk², Blazo Boev³, Ivan Boev³, Petre Makreski⁴.....	296
KORELACIJA GORNJOMIOCENSKIH LITOSTRATIGRAFSKIH JEDINICA JUŽNOG DELA PANONSKOG BASENA.....	299
Filip Anđelković¹, Dejan Radivojević²	299
STRATIGRAFSKI I PALEOEKOLOŠKI ZNAČAJ ŠKOLJAKA RODA CORBICULA U KVARTARNIM NASLAGAMA SRBIJE	302
Dr. Draženko Nenadić¹, Dr. Slobodan Knežević¹, Dr. Katarina Bogičević², Dr. Barbara Radulović²	302
GRANATI U ALUVIONU LEŠNICE, PLANINA CER	306
Dr Milošević Maja¹, MSc Kostić Bojan¹, Dr Vulić Predrag¹, MSc Jelić Ivana²	306

PERMANENTNO GNSS OSMATRANJE U MULTIDISCIPLINARNIM ISTRAŽIVANJIMA.....	312
Prof. dr Biljana Stamatović¹, Prof. dr Vladimir Bulatović², Doc. dr Zoran Sučić², Prof. dr Ivan Aleksić³, Prof. dr Gojko Nikolić^{3*}, Doc. dr Kruna Ratković¹, Doc. dr Marko Simeunović¹, Doc. dr Tomo Popović¹, Prof. dr Milica Vukotić¹, Prof. dr Veselin Vukotić¹.....	312
GREŠKA INKLINACIJE KOD DEPOZICIONE REMANENTNE MAGNETIZACIJE....	314
Mast. inž. geol. Mirko Petković, Prof. dr Vesna Cvetkov.....	314
ОПЕРАЦИОНА ГЕОЛОШКА ИСТРАЖИВАЊА КВАЛИТАТА БОКСИТА НА ПОДРУЧЈУ МИЛИЋИ-СРЕБРЕНИЦА	326
М.Тодоровић¹, Р.Бјелановић², Г.Симић³, Б.Голић⁴	326
MINERAL POTENTIAL OF MINING AND PROCESING TAILINGS IN THE ESEE REGION.....	327
Robert Šajn, Ph.D., Aleksandra Trenchovska, M.Sc.....	327
DOLOMITI PLJEŠEVCA (KISELJAK, BiH): KVALITATIVNO-KVANTITATIVNE ODLIKE I DOMEN PRIMJENE.....	329
Viktorija Musa¹, Adi Redžić², Armin Hasić³, Elvir Babajić⁴	329
UČEŠĆE SRBIJE NA PROJEKTU RESEERVE.....	341
Dr Vladimir Simić, Dr Ivica Ristović, Dr Rade Jelenković, Dr Dragana Životić, Mr Zoran Draško	341
PLANIRANJE SNABDEVANJA AGREGATIMA – PRIMER SRBIJE.....	345
Dr Vladimir Simić, Dr Dragana Životić, Dr Zoran Miladinović, Nevena Andrić.....	345
ДОКУМЕНТАЦИОНИ ГЕОЛОШКИ РЕЗУЛТАТИ – НИВО ПРЕЛИМИНАРНЕ ГЕОЛОШКЕ ПРОГНОЗЕ ПАРАМЕТАРА КВАЛИТЕТА УГЉА У ПРОЦЕСУ ХОМОГЕНИЗАЦИЈЕ	349
Гојак Зорица, дипл.инж.геол.,.....	349
GEOTERMALNI POTENCIJALI FEDERACIJE BOSNE I HERCEGOVINE, SADAŠNJE KORIŠTENJE I REGULATORNI OKVIR.....	360
Prof.dr. Ferid Skopljak, Mr. Natalija Samardžić, Prof.dr. Hazim Hrvatović, Mr. Ćazim Šarić.....	360
HIPERALKALNE TERMOMINERALNE VODE LJEŠLJANA, BOSNA I HERCEGOVINA	366

**Neven Miošić, dipl. ing. geol., znanstveni savjetnik¹, M. Sc. Natalija Samardžić, dipl. ing. geol.²,
akademik prof. dr. Hazim Hrvatović, dipl. ing. geol.², prof. dr. Ferid Skopljak, dipl.ing. geol.²**
..... 366

**ISTRAŽIVANJE DUBOKOG I PLITKOG GEOTERMALNOG POTENCIJALA NA
ZAGREBAČKOM PODRUČJU 375**
dr. sc. Staša Borović¹, dr. sc. Kosta Urumović¹, dr. sc. Josip Terzić¹ 375

**STANJE I MJERE ZAŠTITE IZVORIŠTA NA PODRUČJU TUZLANSKOG KANTONA
..... 380**
Dr.sc.Dinka Pašić-Škripić, red. prof., Dr.sc.Izet Žigić, red.prof..... 380

**HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE VODONOSNIKA VODNIH TIJELA
STUDEŠNICA I KRABAŠNICA LOCIRANIH U ZAŠTIĆENOM PEJZAŽU PLANINE
KONJUH..... 389**
Dr.sc.Izet Žigić,red.prof., Dr.sc.Dinka Pašić-Škripić,red. Prof..... 389

**RANJIVOST I RIZIK OD ZAGAĐENJA PODZEMNIH VODA U BUNARSKOM
SISTEMU „NEREZI – LEPENAC”, GRAD SKOPJE 401**
Zlatko Ilijovski¹, Stojan Mihailovski², Marija Makeshoska³, 401

HIDROHEMIJSKE ODLIKE TERMALNIH VODA U SLIVU RIJEKE KRIVAJE 414
**¹Mr. Ćazim Šarić, dipl.ing.geol., ¹Dr.sc.Ferid Skopljak, vand.prof., ²Dr.sc.Izet Žigić, red. prof.,
²Dr.sc.Dinka Pašić-Škripić, red. prof..... 414**

**GEOLOŠKE I HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE SJEVEROISTOČNOG OBODA
ZENIČKO-SARAJEVSKOG BASENA..... 426**
¹Mr. Ćazim Šarić, dipl.ing.geol., ¹Dr.sc.Ferid Skopljak, vand.prof..... 426

**DETERMINATION OF THE PRESENCE OF NANO-PLASTIC IN BOTTLED DRINKING
WATER IN THE REPUBLIC OF MACEDONIA BY APPLYING THE SEM-EDX
METHOD..... 441**
Ivan, B¹, Mirakovski, D¹, Lazarova, M. ¹, Arianit, R.,² Blazo, B¹..... 441

**TRANSBOUNDARY CONTAMINATION RISK ASSESSMENT AND MODELLING IN
THE DRAVA RIVER FLOODPLAIN 444**
Robert Šajn, Jasminka Alijagić, Győző Jordán, Josip Halamić 444

**SEDIMENT-QUALITY INFORMATION, MONITORING AND ASSESSMENT SYSTEM
TO SUPPORT TRANSNATIONAL COOPERATION FOR JOINT DANUBE BASIN
WATER MANAGEMENT – SIMONA PROJECT 445**

Jasminka Alijagić*	445
THE CONDITIONS OF THE WATER INFLOW IN THE PIT „ŠUTA RASOVAČA“, THE LEAD/ZINC ORE deposit „LECE“, AND APPLIED SYSTEM OF DEWATERING	446
Vaso Kitanović¹ Bsc geol., Zoran Popović, dipl.ing.geol., Ljiljana Popović² dipl.ing.geol.	446
ZNAČAJ IZBORA GEOMEHANIČKIH PARAMETARA ZA GEOTEHNIČKE PRORAČUNE.....	456
Dr sc. Kenan MANDŽIĆ, vanr. prof., Dr sc. Adnan IBRAHIMOVIĆ, vanr. prof., Dr sc. Enver MANDŽIĆ, prof. emeritus	456
INŽENJERSKOGEOLOŠKE I GEOTEHNIČKE KARAKTERISTIKE KLIZIŠTA U NASELJU LIPOVICE, OPĆINA KALESIJA	466
Jasenko Čomić¹, Aida Hrustić²	466
GEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA KAO PREDSTUDIJA ZA IZRADU URBANISTIČKIH PLANOVA NEKAD I SAD	478
Mr Petar Begović,dipl.inž.geol, Branko Ivanković, dipl.inž.geol., Prof. dr Aleksej Milošević, dipl.inž.geol.,	478
REZULTATI GEOLOŠKIH I GEOTEHNIČKIH ISTRAŽIVANJA ZA NIVO GLAVNOG GRAĐEVINSKOG PROJEKTA REGIONALNE DEPONIJE „KALENIĆ” – I FAZA GRADNJE.....	479
Dragana Savic¹, Petar Isaković², Dejan Živković¹ Dejan Nikolic¹,	479
GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE TERENA ZA IZGRADNJU TS LEMUGUR U TANZANIJI	492
Prof.dr.sc. Ermedin Halilbegović, dipl.ing. geol.	492
UTICAJ AKUMULACIJE ZAOVINE NA KLIZIŠTE „MANDIĆI“	494
Danijela Božić, dipl.ing.geologije, Marijana Petrović, master ing.geologije	494
ZNAČAJ PRIMJENE GEOTEHNIČKIH STANDARDARDA (EUROCODE 7 I 8) U RADOVIMA REKONSTRUKCIJE SAVSKOG NASIPA.....	504
Despotović Dragan, dipl. ing. geol.	504
PROJEKT ISSAH – HIDROGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA PRAPORA ISTOČNE HRVATSKE.....	512
dr. sc. Kosta Urumović¹, dr. sc. Marco Pola¹, dr. sc. Ivica Pavičić², dr. sc. Staša Borović¹, doc. dr. sc. Vedran Rubinić³, dr. sc. Jasmina Lukač Reberski¹, Ivan Kosović¹	512

BANJA GATA – NEISKORIŠĆENI POTENCIJAL	517
Mr Petar Begović, dipl.inž.geol., Branko Ivanković, dipl.inž.geol.	517
ГЕОТЕХНИЧКА ИСПИТИВАЊА, УЗРОЦИ НАСТАНКА И МОГУЋНОСТИ САНАЦИЈЕ КЛИЗИШТА НА ПОРУЧЈУ МЗ ГРБАВЦИ, ГРАД ГРАДИШКА	536
Бранко Иванковић, Срђан Рајак, Петар Беговић, Драган Марјановић, Наташа Бајић, Далибор Грубор¹	536
HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE ZAŠTIĆENOG PODUČJA „ TREBEVIĆ“	537
Prof.dr. Ferid Skopljak ⁽¹⁾, Prof.dr. Đenari Ćerimagić ⁽²⁾	537
ПОКРОВИТЕЛЈИ / ПОКРОВИТЕЉИ	542
DONATORI / ДОНАТОРИ	545

PLENARNI RADOVI / ПЛЕНАРНИ РАДОВИ

KONODONTI PROFILA TEOČAK: GRANICA PERM-TRIJAS

CONODONTS OF THE TEOČAK SECTION: PERMIAN-TRIASSIC BOUNDARY

Tea Kolar-Jurkovšek¹, Hazim Hrvatović², Dunja Aljinović³, Galina P. Nestell⁴, Bogdan Jurkovšek¹, Ferid Skopljak²

¹ Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, SI-1000 Ljubljana, Slovenija, tea.kolar@geo-zs.si, bogdan.jurkovsek@geo.zs.si

² Federalni zavod za geologiju, Ilidža, Ustanička 11, 71 210 Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, hharish@bih.net.ba, fskopljak@yahoo.com

³ Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Pierottijeva 6, Zagreb, Hrvatska, dunja.aljinovic@rgn.hr

⁴ Department of Earth and Environmental Sciences, University of Texas at Arlington, Arlington, TX 76019, USA, gnestell@uta.edu

Ključne riječi: perm-trijas, donji trijas, biostratigrafija, petrografija, Dinaridi, Bosna i Hercegovina

Apstrakt

Konodonti su fosfatni, zubićima slični elementi izumrlih vertebrata bez čeljusti koji su u zoološkom sistemu uvršteni u samostalan razred Conodonta. Zbog brze evolucije, široke paleogeografske rasprostranjenost i velike otpornosti konodonti su jedni od najznačajnijih mikrofosilnih grupa u biostratigrafiji paleozoika i trijasa. Životinje sa konodontima bile su bilateralno simetrični, isključivo morski organizmi, gdje su nastavali različite okoliše. Među njima su i vrste koje su bile prilagodjene plitkomorskim uvjetima u međuplmskoj zoni.

U bazenskim, a naročito u plitkomorskim sedimentima, konodonti su zamijenili ulogu ortokronostratigrafskih fosila (npr. amonita), koji su zbog veličine osjetljiviji na eroziju ili njihova očuvanost ne dozvoljava determinaciju na razini vrste. Zbog svoje otpornosti, konodonti su se često sačuvali i tamo, gdje nije bilo pogodnih uslova za fosilizaciju drugih organizama. Primjenom hemijske preparacije pomoću octene ili mravlje kiseline možemo ih naći u mnogim morskim sedimentima paleozojske i trijasko starosti, uglavnom karbonata.

Konodonti su pokazali svoju vrijednost za biostratigrafiju paleozoika i trijasa, gdje je njihov doprinos široko prepoznat zbog velike preciznosti za relativnu dataciju starosti stijena. Na osnovu različitih vrsta ili zajednica bilo je biostatigrafima po svijetu omogućeno da razdijele morske sedimente od gornjeg kambrija do kraja trijasa na više od 200 konodontskih biozona. Konodonti su dokazali svoju praktičku vrijednost kao parastratigrafski fosili naročito u trijaskoj periodu. Na osnovu njihovih zajednica bile su revidirane i preciznije definirane granice mnogih geoloških doba. Sistemska granica perm-trijas je na osnovu međunarodnih kriterija definirana sa prvom pojavom konodontne vrste *Hindeodus parvus* (Kozur & Pjatakova).

Najveće izumiranje u historiji Zemlje dogodilo se prije oko 252 milijun godina, na granici perm-trijas. Tom prilikom izumrlo je do 95% svih morskih vrsta i oko 70% kopnenih vrsta kičmenjaka. Stoga su uzroci, efekti i vrijeme ovog masovnog izumiranja predmet studija

mnogih istraživačkih grupa širom svijeta. U Dinaridima je sačuvano nekoliko profila sa permsko-trijaskom granicom. U Bosni i Hercegovini istražene su stijene profila Teočak, a rezultati doprinose našem znanju o masovnom izumiranju i oporavku biote na permsko-trijaskoj granici. Glavni cilj multidisciplinarnog studija (regionalna geologija, sedimentologija, biostatigrafija, paleontologija beskičmenjaka) je biostratigrafska definicija i interpretacija paleookoliša.

Profil Teočak obuhvata sedimentne stijene gornjeg perma i donjeg trijasa koji u geotektonskom smislu pripadaju Savsko-vargarskoj zoni.

Slijed čine četiri intervala, od kojih najstarije stijene predstavlja Bellerophonska formacija (gornji perm, changshingij). U njoj se javljaju krečnjaci vapnenači tipa wackestone/packstone u čijem sastavu dominira fosilno kršje uglavnom dimenzija < 2 mm. U sastavu bioklasta (fosila) dominantni su ostaci alge *Gymnocodium*, dok podređeno ima fragmenata ježinaca i školjki. Vezivo između bioklasta je gusti mikrit. Od foraminifera, determinirane su *Hemigordius* aff. *H. komiricensis* Nestell, Sudar, Jovanović & Kolar-Jurkovšek, *Hemigordius* sp., *Midiella?* sp. i *Polarisella sagitta* (K. Miklukho-Maklay), holoturije i konodonti roda *Hindeodus* sa vrstom *H. typicalis* (Sweet). Ovakav tip krečnjaka taložen je u uslovima niske energije okoliša, što odgovara plitkome moru, vjerojatno laguni.

Nakon prethodnog intervala u kratkom vremenskom periodu taložili su se dolomiti i evaporiti. Zatim slijedi taloženje „prijelaznih slojeva“ vremenskog raspona od najvišeg changhsingija do donjeg griesbachija i uključuje P-T granicu. U stijenama tog intervala može se uočiti nagla promjena sastava u smislu da gotovo potpuno izostaju skeletni fragmenti organizama. Stijene se sastoje dominantno od najsitnijeg vapnenačkog materijala - mikrita (ili mikrosparita), uz rijetku pojavu ljušturica ostrakoda. Prisutni su i krečnjaci izgrađeni od okruglih čestica koji odgovaraju jednostavnim ooidima, tzv. mikrosferama. To su dobro sortirane čestice, a njihovu građu karakterizira mikritna ovojnica i makrokristalasta unutrašnjost, a njihov nastanak pretpostavlja se posredstvom mikroorganizama - bakterija. U vrijeme prelaska iz perma u trijas došlo je do naglog izumiranja organizama, a u stresnim uvjetima toga razdoblja mogli su preživjeti samo najjednostavniji mikroorganizmi (bakterije). Na izumiranje biote vezane uz perm-trijas granicu ukazuje nagli izostanak fosila u stijenama što se nastavlja kroz čitavi interval „prijelaznih slojeva“. Konodontnu zajednicu sastavlja populacija *Hindeodus-Isarcicella*, među kojim su determinirane vrste *Hindeodus parvus* (Kozur & Pjatakova), *Isarcicella isarcica* Huckriede i *I. staeschei* Dai & Zhang. Taloženje i dalje nastavlja u plitkom marinskom okolišu.

Prekid nepoznatog trajanja odjeljuje interval „prijelaznih slojeva“ od slijedećeg intervala u donjem trijasu. Taj interval je kasnodienijske do ranosmithijske starosti, a konodontna vrsta *Eurygnathodus costatus* Staesche ukazuje na blizinu granice indij-olenekij. Mikrofosilnu zajednicu pored rijetkih foraminifera *Ammodiscus* i sitnih gastropoda zastupaju još konodontne vrste *E. hamadai* (Koike) i *Hadrodontina* sp. Između vapnenaca se pojavljuje sve više klastičnog materijala (uglavnom čestica kvarca), čineći proslojke siltita i pješčara. Klastiti se izmjenjuju sa slojevima krečnjaka tipa mudstonea u kojima dominira karbonatni mulj (mikrit), ali je prisutno i sve više bioklasta od ljuštura školjki, puževa i ježinaca. Rjeđe su prisutni krečnjaci tipa grainstone građeni od kompleksnih ooida ili obavijenih bioklasta. Ovakav tip izmjenjene sedimenata ukazuje na pojačani donos klastičnog materijala s kopna. Klastični materijal se taloži u plitkom moru, a smjenjuju se taloženje krečnjaka (mudstonea, grainstonea),

s taloženjem pješčara i silita. Prisutnost skeletnih fragmenata u sastavu krečnjaka, koji dokazuju prisustvo fosila, ukazuje da je već u indiju nastupio oporavak živoga svijeta. Vršni interval slijeda predstavljaju spathijske naslage (kasni olenekij), čija starost je dokazana na osnovu konodontne zajednice sa rodom *Triassospathodus* u asocijaciji sa predstavnicima familije Ellisoniidae. Slojevi odgovaraju karbonatnim madstonima u kojima su prisutni i fosilni fragmenti školjki i ježinaca. Moguće da krupni skeletni materijal predstavlja olujni lag nakupljen u bazi olujnih slojeva pa taloženje u ovom intervalu svjedoči o olujnoj komponenti taloženja u relativno dubljem okolišu (dalje od obale) u odnosu na taloženje prethodnoga intervala.

Na osnovu prisutnih mikrofosilnih zajednica može se utvrditi prisutnost slijedećih konodontnih zona: gornjopermska *praeparvus* (changhsingij) i donjotrijaske *isarcicella* (griesbachij), *costatus* (?gornji dienerij - donji smithij) i *triangularis* (spathij). Stijene profila Teočak pored permsko-trijaske granice obuhvaćaju i granicu indij-olenekij. Pribavljeni podaci su vrijedan izvor paleontoloških podataka i pružaju također važan doprinos za paleobiogeografiju zapadnog Tetisa. Za sada je to jedini lokalitet sa permsko-trijaskim intervalom u Bosni i Hercegovini i zbog relevantnosti se taj geološki profil predlaže za upis u registar prirodnog naslijeđa državnog značaja.

RIFT RELATED ORE-FORMING PROCESSES IN THE EARLY HISTORY OF NEOTETHYS

Hrvatović, H.¹ & Palinkaš, A.L.²

¹ Federalni Zavod za geologiju, Sarajevo,

² Geološki odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu

Key words: Ljubija siderite deposit, Vareš SEDEX polymetallic deposit, early rifting, advanced rifting, Dinarides, Neotethys

Introduction

The Dinarides are a part of the Alpine–Himalayan orogenic system, developed as a result of opening and closure of the Tethys Ocean by convergence of the African and Eurasian plates. The northern boundary of the Dinarides is related to the northern African margin (Adria–Apulia), i.e. Gondwana in a wider sense of meaning (Hrvatović et al., 2015; Hrvatović, 2018; Sassi et al., 2004, Pamić et al., 2004). The Tisia mega-unit, a small continental block, positioned between the Dinarides and the Carpathians, is genetically related to the South Eurasian edge (Schmid et al. 2018) .

The geology and metallogeny of the Dinarides is constrained by the Alpine Wilson cycle. The major stages of the cycle are: (a) Permian early intra-continental rifting; (b) Triassic advanced rifting; (c) Jurassic oceanization; (d) Cretaceous subduction; (e) Paleogene collision; and (f) Neogene post-collision and extension followed by orogenic collapse. Each stage creates characteristic ore deposits related to the specific geological environments (Palinkaš et al. 2008). Early-intracontinental rifting of Pangea was a result of thermal doming in Uppermost Permian time giving rise to the formation of horst-graben structures, followed by slow subsidence, marine transgression and evaporite deposition. The consequence of incipient magmatism and a high heat flow are numerous geothermal fields and subterrestrial hydrothermal siderite-barite-polysulfide deposits, like **Ljubija** deposits as *locus typicus*.

On the other hand, advanced rifting magmatism, as a successive stage in the Middle Triassic brought intensive submarine volcanism, accompanied by coeval sedimentation of chert and siliciclastics, building up volcanogenic-sedimentary formations. Volcanic activity with explosive phases and the generation of large volumes of pyroclastic rocks in the rifts produced concomitant sedimentary exhalative deposits (SEDEX) of Fe-Mn-Ba-polysulfides, exemplified by deposits in the **Vareš** metallogenetic district.

The Ljubija geothermal field

The Ljubija ore deposits are situated within the thick Upper Palaeozoic sequence of the allochthonous Sana-Una Upper Palaeozoic complex of the Inner Dinarides. The primary occurrences are stratabound metasomatic bodies of iron carbonates within Carboniferous limestones and dolostones, and siderite veins within the Carboniferous phylites and meta-sandstones.

Primary mineralization consists of siderite-ankerite-barite-polysulfide cavities, and open space fillings in the veins. The shape of the hydrothermal cell is defined by isotherms based on

mineral formation temperature (Fig.1). The most influential processes in the formation of chemical components of fluids are metasomatic sideritization and ankeritization. The ore forming fluids were dominantly NaCl-CaCl₂-H₂O with highly variable salinity (0.4 to 39 % NaCl equ.) and T_h between 100 and 310 °C. The hydrothermal fluids are a mixture of high-temperature-high-salinity Permian evaporitic sea water diluted by low-temperature-low-salinity sea or meteoric waters. Boiling within near-surface hydrothermal reservoirs contributed to the high variability of temperature and salinity of the fluids. Sulphur isotopes confirm Permian sea water as the major source of sulphates for barite formation ($\delta^{34}\text{S} + 9.2\text{‰}$ V-CDT). Thermal reduction of marine sulphates supplies H₂S for precipitation of sulphides, which were deposited out of equilibria, with the exception of the cogenetic pair galena-sphalerite, formed at 245 °C. The temperature of formation determined by oxygen isotopes on calcite-siderite-quartz cogenetic minerals is in the range between 164-224 °C. Temperature of the cation geothermometer Na/K matches those obtained from fluid inclusion, vitrinite reflectance and isotope thermometry. The Ar/Ar age determination recorded two prominent tectono-thermal events, Variscan (332 ± 3.1 Ma and 342 ± 3.3 Ma) overprinted by thermal post-Variscan event at ca. 265 ± 6.2 Ma and 274.2 ± Ma, interpreted as the maximum age of hydrothermal activity in the Middle Permian. The ages and thermal features coincide well with those in the neighbouring deposits in the Paleozoic of Trgovska gora and the Petrova gora Mts. their counterparts in the space and time, announcing the future break-up of Pangea and the birth of the **Neotethys** (Fig.2, Strmić Palinkaš et al., 2009; Palinkaš et al., 2016).

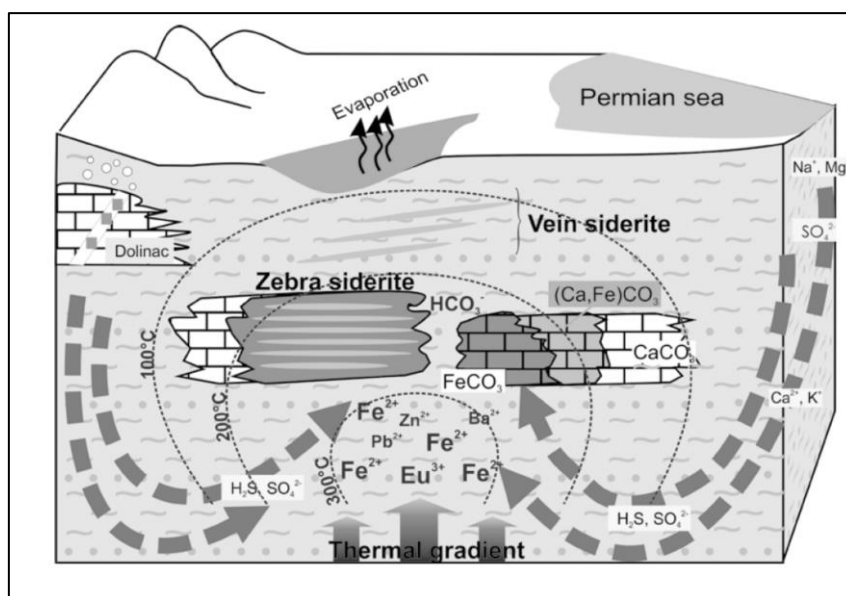


Fig.1 Metasomatic hydrothermal genetic model of the Ljubija mineral deposit based on organic and inorganic geochemical research. Shapes of isotherms depict local heat foci and fluid flow in a geothermal field (Palinkaš et al., 2016).

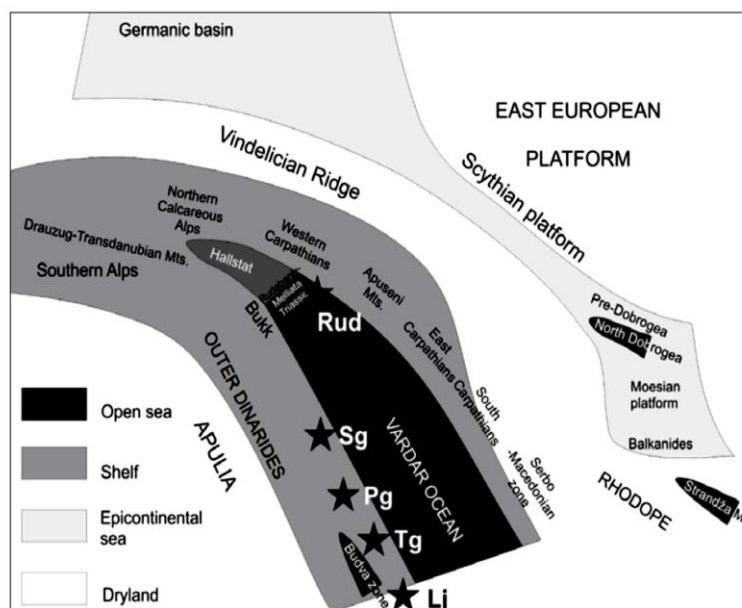


Fig.2 Palinspastic sketch shows the Circum-Pannonian triassic units, with special regards to Ladinian palaeogeography (not to scale, Kovács, 1984). The sketch depicts advanced rifting in progress toward the northwest (present geographical orientation), dissecting Pangea into the Gondwanian and Eurasian continental blocks. Early rifting formations and phenomena, including Permo-Carboniferous geothermal fields, were covered by newly formed Dinaridic and Moesian carbonate platforms. Tectonic evolution, collision, uplift, napping, thrusting and erosion uncovered their mineral load to the present exposed spatial organisation. (Abb.: Lj. Ljubija, Tg. Trgovska gora, Pg. Petrova gora, Sg. Samoborska gora, Rud. Rudabanya).

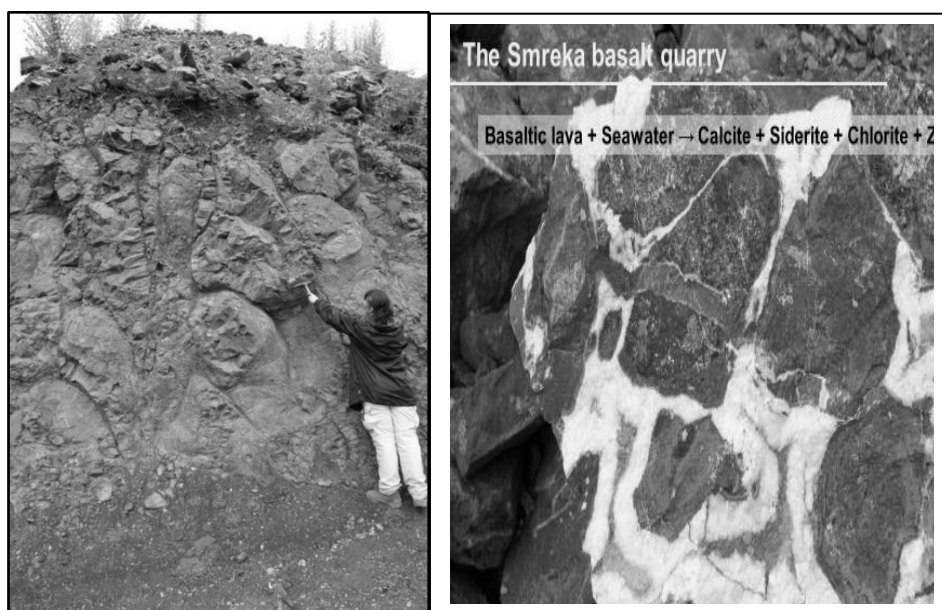
Vareš

Vareš metallogenic province in the Central Bosnia owes its ore load to the processes during the advanced rifting in the evolution of the Neotethys. Coeval magmatism produced spilites, basalts, keratophyres and diabases interbedded with Ladinian sedimentary rocks. The **Vareš** deposits with **Smreka**, **Droškovac** and **Brezik** deposits are taken as the *locus typicus* SEDEX mineralization of the Neotethyan rifting in the Middle Triassic time. The deposits are made of hydrothermal, stratiform siderite-hematite-chert beds. The ore mineralization is interstratified into Anisian and Ladinian sequences and distinctly stratified vertically, reflecting gradual changes of redox conditions in the depositional environment during the basin subsidence. The sequence began with bituminous, thinly bedded black shales with plenty of pyrite and base metal sulphides, overlain by barite and siderite, all of which were deposited under reducing conditions. Clastic rocks and oolitic limestone rest upon this metalliferous series and are succeeded by another metalliferous series with hematitic shale and siliceous hematite beds, which in contrast to the footwall rocks were deposited under oxidizing conditions. The overall mineralization consists of siderite, Mn-enriched hematite, barite, pyrite, marcasite, chalcopryrite, galena, sphalerite, tetrahedrite and Pb-sulphosalts.

The FIs data indicate that modified seawater represents the major constituent of the mineralizing fluids and that magmatic activity in the region had served as principal driving mechanism for fluid convection. The presence of hydrocarbons reflects interaction of

mineralizing fluids with organic rich sediments. The chemical composition of fluid inclusions in sphalerite and barite are described as a $\text{CaCl}_2\text{-NaCl-H}_2\text{O}$ system which evolved under moderately high temperature, (T_H between 110 and 230°C). Salinity ranges from 2 to 4 wt.% NaCl equ. The $\delta^{34}\text{S}$ values of barite vary from +21 to +29 ‰. In context with the Cl/Br ratio the fluids are assumed to had been derived from slightly modified seawater (Strmić Palinkaš et al., 2010).

Peperitic facies; Intensive intrusion of basalt magma into the footwall of the deposits is a thermal *deux ex machina* for ore forming processes. The exposed pillow lava on both flanks of the Stavnja rivulet exceeds several square km. The pillow lava pile is made of m-dm sized pillows rounded, semi-rounde, squeezed, contorted, green, red and gray in colour. The foundation of the pile are lobes, partly disintegrated, turning into hyaloclastite breccias and pink peperitic micritic carbonates, within the inter-pillow space. The carbonate part of peperite contains Triassic index conodont fauna *Paragondollela excelsa*, *Paragondollela foliata foliate*, *Paragondollela foliate inclinata*, *Nurella sp.*, CAI 6 ½, what appropriates to the Langobardian. The basalt was extruded into soft, unconsolidated sediments, of the Triassic rifting basin. Primary fluid inclusions in the hydrothermal minerals within peperits show coexistence of liquid-rich and vapour-rich Fis pointing to boiling effect. Their salinity is 10 wt.% NaCl equ. and $T_H = 275$ to 290°C, what determines the depth of formation at 600-770 m b.s.l. There is still no creation and evidences of the oceanic crust which developed afterwards in uppermost Triassic and Jurassic time (Fig.3, Palinkaš et al., 2016a.)



*Fig.3 Intrusion od basalt lava into Triassic soft sediments, with characteristic peperitic facies, Smreka basalt quarry. The carbonate part of peperite contains Triassic index conodont fauna *Paragondollela excelsa*, *Paragondollela foliata foliate*, *Paragondollela foliate inclinata*, *Nurella sp.*, CAI 6 ½, what appropriates to the Langobardian. Primary fluid inclusions in the hydrothermal minerals within peperite show coexistence of liquid-rich and vapour-rich Fis pointing to boiling effect. Their salinity is 10 wt.% NaCl equ. and $T_H = 275$ to 290°C, what determines the depth of formation at 600-770 m b.s.l.*

References:

1. Hrvatović, H., Dunkl, I., Palinkaš, L.A. (2015): A new research results on metamorphic complex of the Mid-Bosnian Schist Mountains. I Geological Congress of Bosna and Hecegovina, 1-5 Tuzla.
2. Hrvatović, H. (2018): Metamorfní kompleks Srednjobosanskog škriljavog gorja, (Metamorphic complex of the Mid-Bosnian Schist Mts). Federalni Zavod za geologiju Sarajevo, str. 144, Sarajevo.
3. Kovacs, S. (1984): North Hungarian Triassic facies types: a review. Acta Geol. Hungarica, 27, (34), 251-264.
4. Palinkaš, A., Borojević Šoštarić, S., Strmić Palinkaš, S. (2008): Metallogeny of the Northwestern and Central Dinarides and Southern Tisia. Ore Geology Reviews, 14, 501-520.Šorš.
5. Palinkaš, L., Borojević šoštarić, S., Strmić Palinkaš, S., Prochaska, W., Pécskay, Z., Neubauer, F., Spangenberg, J.E. (2016): The Ljubija geothermal field: A herald of the Pangea break-up (NW Bosnia and Herzegovina). Geol. Croatica, 69, No 1, 1-28.
6. Palinkaš, L.A., Damyanov, Z.K., Borojević Šoštarić, S., Strmić Palinkaš, A.L., Marinova, I. (2016a): Divergent drift of Adriatic-Dinaridic and Moesian carbonate platforms during the rifting phase witnessed by triassic MVT Pb-Zn and SEDEX deposits; a metallogenic approach. Geol. Croatica, 69(1), 75-78 ·
7. Pamić, J., Balogh, K., Hrvatović, H., Balen, D., Jurković, I., Palinkaš, L. (2004): K–Ar and Ar–Ar dating of the Palaeozoic metamorphic complex from the Mid-Bosnian Schist Mts., Central Dinarides, Bosnia and Herzegovina. Miner. Petrol. 82(1):65-79
8. Sassi, F.P., Mazzoli, C., Peruzzo, L., Sassi, R., Spiess, R. (2004): The crystalline basements of the Italian eastern Alps: A review of the metamorphic features. Per Mineral., 73,23-42.
9. Schmid, S. , Bernoulli, D., Fügenschuh, B., Matenco, L., Schefer, S., Schuster, R., Tischler, M. & Ustaszewski, K. (2018): The Alpine-Carpathian-Dinaridic orogenic system: correlation and evolution of tectonic units. Swiss J. Geosci. 101 (2008) 139–183.
10. Strmić Palinkaš S., Palinkaš L.A., Kolar-Jurkovšek T., Hrvatović H.(2010): Thermal processes in Triassic SEDEX ore deposit Vareš and adjacent pile of pillow lavas, Central Bosnia and Herzegovina, CBGA, Thessaloniki, Greece.
11. Strmić Palinkaš, S., Spangenberg, J.E., Palinkaš, L.A. (2009): Organic and inorganic geochemistry of Ljubija siderite deposits, NW Bosnia and Herzegovina. Miner. Deposita, 44, 893-913.

ТРЕНУТНО СТАЊЕ И ПЕРСПЕКТИВЕ ГЕОЛОШКИХ ИСТРАЖВАЊА У РЕПУБЛИЦИ СРПСКОЈ

Бобан Јоловић

Републички завод за геолошка истраживања Републике Српске, bjolovic@yahoo.com

Кључне ријечи: геологија, истраживања, основна детаљна, стање, перспективе.

Сажетак

Као основа развоја бројних дјелатности које служе као покретачка снага једног модерног друштва, геолошка истраживања на нашим просторима у посљедњим деценијама значајо заостају за онима у развијеним земљама, па и онима у нашем сусједству. Разлози за то су бројни и комплексни, а углавном се разматрају у свјетлу њихове основе подјеле у складу са актуелним законодавством, као основа и детаљна. Основна истраживања, као истраживања од општег интереса за Републику Српску реализује се у складу са Дугорочним програмом основних геолошких истраживања, односно у складу са макропројектима дефинисаним у овом документу који је усвајила Народна скупштина Републике Српске јула 2014. Без обзира на ову чињеницу и да се поменути програм дефинише и начин финансирања значајнији ефекти овог програма су изостали, углавном као посљедица недостатка адекватних финансија. На овај проблем у наредном периоду треба ставити акценат јер без адекватних финансија од стране државе изостаће неопходни резултати кључни за будући развој струке али и других повезаних области, посебно рударства. Могући начин превазичажења овог проблема анализиран је у овом раду. У складу са важећим геолошким законодавством детаљна геолошка истраживања изводе привредна друштва која посједују лиценцу издату од стране Министарства енергетике и рударства. Данашња привредна друштва која посједују лиценцу углавном се баве доминантно геотехничким, хидрогеолошким и истраживањима неметаличних минералних сировина (доминантно грађевинско-технички камен). Може се рећи да недостају појединачно финансијски значајније инвестиције у ову врсту истраживања, прије свега истраживања металичних минералних сировина, као сигурно најзначајнији и економски најзахтјевнији вид геолошких истраживања. Разлоге лимитираног улагања у област истраживања металичних минералних сировина, као реално дијела детаљних истраживања који повлачи убједљиво највеће инвестиције, треба тражити у неколико чињеница, добрим дијелом анализираним и у овом раду.

Увод

Геолошка истраживања као основа развоја бројних дјелатности које служе као покретачка снага једног модерног друштва у посљедњим деценијама на нашим просторима значајо заостају за онима у развијеним земљама, па и онима у нашем сусједству.

Разлози за то су бројни и веома комплексни, али ће се првенствено анализирати кроз два основна вида геолошких истраживања: основна и детаљна, а како је то дефинисано

чланом 4, став (4) Закона о геолошким истраживањима (Службени гласник РС 110/13) (даље: Закон).

Наредни члан јасно дефинише основна геолошка истраживања и њихов циљ, а члан шест услове за њихово извођење.

Основна геолошка истраживања

Ова истраживања, као истраживања од општег интереса за Републику Српску обавља Геозавод (члан 6, став (9) Закона). Према истом члану овај вид истраживања реализује се у складу са Дугорочним програмом основних геолошких истраживања, односно у складу са макропројектима дефинисаним у овом документу који иначе усваја Народна скупштина Републике Српске. Извјештај о реализацији истог подноси се тијелу које га је усвојило, сваке три године. Дугорочни програм усвојен је 2014. године за период до 2029. године.

Анализом члана пет, посебно става (2), Дугорочног програма и извјештаја усвојеног од стране Народне скупштине РС 2018. године може се заључити да су до сада реализоване сљедеће активности:

- Израда сљедећих прегледних карата Републике Српске (које су по дефиницији оне размјере мање од 1:100.000):
 - Геолошка карта 1:300.000
 - Хидрогеолошка карта 1:300.000
 - Карта термалних, минералних и тероминералних вода 1:300.000
 - Сеизмотектонска карта 1:300.000
 - Карта осјетљивости терена на појаву клизишта 1:300.000
 - Карта рањивости подземних вода 1:300.000
- У погледу израде основних карата (размјере 1:50000 када је у питању геолошка и 1:100.000 када је у питању хидрогеолошка) урађено је сљедеће:
 - Израђен је лист Основне хидрогеолошке карте Бијелејина 1:100.000 (без тумача)
 - Завршена теренска истраживања везана за израду формационе геолошке карте РС, лист Зворник 1:50.000. истраживања су реализована скупа са Геолошким заводом Србије из Београда, који је носилац активности везаних за припрему и штампу карте.
- Проведена су истраживања флиша (раније дефинисане старости горња креда) на простору од Гацка до Тјентишта у сарадњи са Геолошким заводом Аустрије у периоду 2015-2017. и добијени значајно другачији резултати од оних добијених ранијим истраживањима (за потребе израде четири листа ОГК СФРЈ 1:100.000).
- Израда катастара:
 - Подземних вода
 - Клизишта
- Израда модула базе геолошког информацијоног система са оносом података
- Израда монографије Минералне сировине Републике Српске
- Израда Геотермалног атласа Републике Српске
- Монографија „Како живјети са клизиштима“

- Публикација Анализа топлотног тржишта РС – могућа подршка путем геотермалне енергије
- Реализација међународних пројеката:
 - ДАРЛИНГe – могућност повећања коришћења дубоких геотермалних резервоара за потребе топлификације објеката у Панонском басену (2017-2019.)
 - РЕСЕЕРВЕ – минерално сировински потенцијал југисточне Европе (2018-2021.)

Из напријед наведено јасно је да је у неким сегментима реализације Дугорочног програма урађено јако пуно ствари, док поједини макропројекти практично нису ни започети. Овдје прије свега мислимо на област истраживања минералних сировина, односно геохемијска и геофизичка истраживања као основе за добијања резултата за дефинисање подручја перспективних за истраживање минералних сировина.

Напомињемо да је највећи број минералних сировина, посебно металних, које се данас експлоатишу у РС детектован кроз израду ОГЈ СФРЈ 1:100.000:

- Руде гвожђа у Љубији
- Боксити у источном дијелу РС (милићи и Сребреница), западном дијелу (Мркоњић Град) и Херцеговини.
- Руде олова и цинка у подручју сребреничког вулканског комплекса
- Минерализације олова и цинка у подручју Челебића код Фоче
- Антимонске руде у подручју Новог Горажда
- Појаве угља у Гацку, Угљевику, Станарима, Котор Вароши, Љешљанима

Овдје свакако треба поменути и дугачак списак неметалних минералних сировина које се користе у различитим областима индустрије (грађевинске, путарске, индустрије хране, хемијској и сл.).

Све данашње бање у Српској, односно минералне, термалне и термоминералне воде на којима оне заснивају свој рад истражене су првобитно кроз фазу основних геолошких истраживања, а потом тамо гдје су резултати били обећавајући и кроз детаљна истраживања. Овдје наводимо поменуте воде у подручју:

- Бања Луке (Лакташи, Слатина и Шехер)
- Вишеграду (Вишеградска бања)
- Подручју Добој-Теслић-Прњавор (Сочковац, Теслић, Кулаши)
- Крајњи запад Српске (Љешљани)

Напомињемо да су позитивни резултати у Семберији добијени су путем детаљних нафтно-геолошких истраживања крајем 50их и почетком 60их година прошлога вијека (Дворови), а задња потврда перспективности овог подручја у смислу хидротермалних потенцијала 2009. године у Слобомиру.

Уколико се анализирају претходно наведена истраживања долази се до јасног закључка да су истраживања проведена у периоду до 1990. године, а да су у периоду након тога у значајној мјери запостављена. Уколико је разлог за то у период од 1992.-1995. године ратни сукоб, у периоду до 2004. године успостава институционалног оквира за извођење основних геолошких истраживања (те године је Геозавод успостављен као институција одговорна за ову врсту истраживања), а потом и његово стављање у пуни капацитет (преласком на буџетско финансирање 2010., до тада се завод финансирао са тржишта,

кроз детаљна геолошка истраживања), преостали период до данас карактерише углавном недостатак иоле озбиљнијих финансијских средстава за извођење, прије свих, геохемијских и геофизичких истраживања за потребе дефинисања минерално-сировинске потенцијалности у недовољно истраженим подручјима. Она се дефинишу као она у којима је кроз основна геолошка истраживања (прије свега израду листова ОГК СФРЈ 1:100.000) дефинисано присуство одређених, прије свега металичних, минерализација и која указују да су узимајући у обзир све геолошке карактеристике терена перспективна за даља истраживања. Она обично подразумијевају геофизичка истраживања (данас најчешће аир-борн геофизичким методама), као и неизоставна геохемијска истраживања. За указиванај на различитост интензитета ових истраживанај у прошлости и данас наводимо чињеницу да је нпр. крајем 70их на подручју Сребренице рађено 700-800 анализа ријечних седимената (стрем седимент анализис), а да број укупно урађених анализа ове врсте од 2000. године не прелази 50. Слична је ситуација и са металометријским анализама (соил анд роцк). Без резултата оваквих анализа (ријечних седимената за шири простор, и стијена и тла за мање просторе) тешко је или скоро немогуће дефинисати потенцијалност неког простора за детаљна истраживања (првенствено путем бушења), поготову ако се у обзир узме само постојање регионалног геофизичких премјера у (опет само) дијеловима ентитета.

То је један од разлога зашто је данас тешко потенцијалном инвеститору дати јасне приједлоге када је у питању потенцијалност подручја у погледу детаљних истраживања минерално сировинског потенцијала.

Даље, наводимо примјер везан за истраживања термалних вода. Током периода 1970-1990. године избушено је о трошку тадашњег СИЗ-а више од двадесет истражних бушотина, а број укупно избушених термалних бушотина наком 1995. године износи 5 (двје у Слатини, двје у Сочковцу, једна у Слобомиру). Свакако да су друштвене околности у периоду прије 1990. биле свакако другачије (сва истраживања обављао је тадашњи геолошки завод), али треба навести да у посљедње двје деценије практично нема основних истраживања везаних за геотрмални потенцијал (прије свега геофизичких).

Разлоге у претходно наведеном треба тражити у неколико разлога, а основни свакако лежи у недостатку финансија, дијелом узроковано и финансијском кризом насталом управо у моментима преласка Геозавода на државни буџет.

Основна геолошка истраживања се финансирају из буџета Републике Српске и других извора. Ниједан од релевантних докумената (Закон, Дугорочни програм, годишњих план рада и сл.) не предвиђа која су то средства из буџета (њихов минимални годишњи износ, начин на који се та средства у буџету обезбјеђују и сл.) па је логично пошто у годишњем буџету завода таква средства не постоје да је тешко очекивати значајније помаке у области основних истраживања, прије свих минералних сировина.

Треба истаћи да без јасно дефинисаног начина обезбјеђења средстава за основна геолошка истраживања неће бити могуће обезбједити их. Најреалније је да се оваква средства обезбјеђују из буџетских прихода која су повезана са кориштењем минералних сировина, а прије свега мислећи на концесионе накнаде које се прикупе по основу коришћења минералних сировина, а које чине убједљиво највећи дио укупних концесионих накнада (71% од укупних 33.569.720,59 КМ за 2017. годину, извор:

Извјештај о раду и финансијски извјештај Комисије за концесије за 2017.). Од приходованих 23.794.423,31 КМ на име једнократне концесионе накнаде за право коришћења и концесионе накнаде за коришћење природних ресурса или пружање услуга вриједност од свега 3% премашује досадашњи годишњи буџет Геозавода, а представљала би изузетно значајна и углавном константан извор средстава за даља основна истраживања. Овдје такође треба навести и могућност финансирања основних геолошких истраживања из прихода оставрених путем накнада за ревизију елаборате о резервама минералних сировина која су у надлежности Министарства енергетике у рударства РС (тачан податак о приходу не постоји али је реална претпоставка да није мањи од 70.000,00-80.000,00 КМ годишње). Путем међународних пројеката могло би се остварити додатних 30.000,00-40.000,00 КМ/годишње, а значајно мањи дио средстава и по сонову накнада за плаћање стручних испита за кандидате из области рударске и геолошке струке (неких 2.000,00-3.000,00 КМ). Претходно наведеним закључује се да би се по основу набројаних прихода буџета могло прикупити око 700.000,00-800.000,00 КМ за основна геолошка истраживања. Наравно, ово све под условом да се претходно створе адекватне законске претпоставке.

Јасна је чињеница да без промјене у приступу финансирања основних геолошких истраживања неће бити ни напретка у том погледу, односно у будућности неће бити могуће користити бенефите геолошких потенцијал Српске, прије свега у смислу откривања нових значајних лежишта минералних сировина.

Даље, треба бити посебно обазрив и када је ријеч о кадровима који би провели овако захтјевна истраживања. Са садашњим бројем запослених и квалификованошћу, те техничком опремљеношћу, сам Геозавод тешко може самостално извести овако захтјевна истраживања. Намеће се питања модела будућег рада завода. Као једна од опција постоји и то да Геозавод израђује дугорочне програме и годишње планове рада, у складу са њима одговарајуће програме по којима се реализују основна истраживања (члан 6, став (5) Закона). На основу програма јасно би се дефинисал вриједност радова, а самим тим и предвиђала средства за ову врсту истраживања. Тиме би прије завод у одређеном моменту добио форму неке врсте агенције за геологију (слично агенцијама за воде, конкретно Водама Српске), који би на основу теренских програма и резултата истраживања изведених на основу њих (за ова истраживања би се морала ангажовати одговарајућа привредна друштва, нпр. специјализована за геохемијска истраживања).

Са стварањем реланих претпоставки, углавном побројаних изнад, засигурно би се могао покренути „нови истраживачки талас“ у Републици Српској који би скоро сигурно као резултат имао дефинисање нових подручја која су интересантна инвеститорима за даље, детаљна истраживања, минералних сировина, а што у крајњем треба резултовати повећањем резерви и стварања нових вриједности кроз експлоатацију природних богатстава.

Детаљна геолошка истраживања

Члан 7 јасно дефинише ову врсту истраживања. У складу са важећим геолошким законодавством детаљна геолошка истраживања изводе привредна друштва која посједују лиценцу, односно испуњавају услове из члана 11 Закона, а што је даље услов за добијање лиценце од стране Министарства.

Данашња привредна друштва која посједују лиценцу углавном се баве доминантно геотехничким, хидрогеолошким и истраживањима неметаличних минералних сировина (доминантно грађевинско-технички камен). Може се рећи да недостају појединачно финансијски значајније инвестиције у ову врсту истраживања, прије свега истраживања металичних минералних сировина. Једини примјер оваквих истраживања у посљедње вријеме налазимо у подручју Челебића код Фоче (олово и цинк), у граничном појасу према Црној Гори (гдје се практично на истражно поље наставља на постојећи рудник Шупља стијена).

Основна карактеристика детаљних геолошких истраживања, односно одобрених истражних простора (извор: веб страница Министарства енергетике и рударства) јесте њихов доста лимитиран обим, гдје у укупњ структури ових истраживања она проведена за потребе прекатегоризације резерви грађевинско-техничког камена прелазе 50%. Свега 9% одобрених истражних простора отпада на металичне минералне сировине, а од одобрених истражних права резерве су елабориране само у склопу једног (олово и цинк у Челебићима).

Разлоге јако лимитираног улагања у област истраживања металичних минералних сировина, као реално дијела детаљних истраживања који повлачи убједљиво највеће инвестиције, треба тражити у неколико чињеница.

Свакако да је једна и раније поменути недостатак основних геолошких истраживања са циљем повећања степена истраженост регистрованих појава минерализација те изналажења нових. Јако лимитиран обим геохемијских и геофизичких истраживања за последицу има недовољно познавање потенцијалних подручја за детаљна истраживања која би била са одређеним степеном поузданости презентована и привукла потенцијалне инвеститоре.

Даље, постоје и одређена ограничења у законском смислу. Ову проблематику практично је немогуће разматрати појединачно, већ она мора бити анализирано скупа са Законом о рударству (62/18), а посебно Законом о концесијама (59/13 и 16/18) и Документом о политици додјеле концесија (31/06) који је одавно требао бити иновиран. У смислу Закона, чињеница је да површине које се максимално додјељују привредним друштвима за истраживање у складу са Законом о измјенама и допунама закона о геолошким истраживањима (91/17), члан 13, став (2) износи максимално 100 км² по истражном простору. У складу са приједлогом новог Закона ова површина се додатно редукује, на максималних 50 км² по истражном простору, док овакве врсте ограничења у нпр. у Србији, која је данас лидер у региону када су инвестиције у оваква истраживања у питању, не постоје. Даље, рокови за извођење истраживања, законски предвиђени до 3 године (члан 32, став (1)), плус 1.5 година могућег продужења (исти члан и став), што укупно чини максималних 4.5 година, значајно су краћи него ли у Србији, гдје са продужењем износи максималних 10 година (члан 38 Закона о рударству и геолошким истраживањима Републике Србије, Службени гласник 101/2015 и 95/2018, практично више него дупло у односу на максимални период према нашем Закону), што за инвеститоре, поготову стране, игра веома важну улогу код одлуке о инвестирању у истраживање металичних минералних сировина у региону. Додатно, у Србији не постоји уговор о концесији за експлоатацију минералних сировина, што додатно утиче на инвеститоре да се у посљедње вријеме све више одлучују за улагање у ову земљу.

Процедуре и начин добијања концесије додатно обесхрабрују инвеститоре у овај сектор (након елаборирања резерви и њиховог потврђивања од стране МЕиР расписује се јавни позив за додјелу концесије, гдје се додуше условима позива даје предност привредном друштву које је финансирало истраживањ). Наведено свакако значајно утиче на одлуку инвеститора у коју земљу ће уложити новац па би ове ствари свакако требало исцрпно сагледати и законодавство адаптирати да буде привлачније инвеститорима, наравно уз чување јавних интереса РС (а примјер сусједне Србије показује да је то могуће).

Посебна проблематика у области детаљних геошких истраживања јесу геотехничка истраживања. Позната је чињеница да се ова истраживања јако ријетко изводе у складу са Законом. Прије свега овдје мислимо на одобравање извођења оваквих истраживања од стране Министарства, односно да се она углавном изводе без одобрења, чак и без ревидованог пројекта детаљних истраживања. Имајући у виду специфичност ових истраживања, а што се огледа најчешће у реалтивно малој укупној вриједности истраживања (нпр. за појединачне колективне стамбене објекте), неријетко и њиховој хитности (нпр. код санације клизишта) и неким другим специфичностима неопходно је законским рјешењима наћи практична рјешења за ову врсту детаљних геолошких истраживања како би се избјегла досадашња пракса која би се могла описати „у Закону све – у пракси мало тога“. Посебан проблем представља лимитирана могућност контролисања ове врсте истраживања од стране надлежног инспектора (велики број истражних локација, само један инспектор) па се неријетко овим истраживањима баве привредна друштва која за то не посједују одговарајућу лиценцу, што представља озбиљно кршење Закона, а које до сада није санкционисано. У тренутној ситуацији неопходна је значајнија сарадња и упознавање органа локалне управе са одредбама Закона како би били упознати са условима извођења геотехничких истраживања и избјегли склапање уговора са лиценцираним компанијама (нпр. Министарство може направити једну информацију коју би упутило свим локалним заједницама основне одредбе закона везане за ову проблематику). Са практичног становишта, ово је једна од области детаљних истраживања гдје је најтеже контролисати их и обезбједити пуни капацитет Закона.

**FUNDAMENTALNA GEOLOGIJA /
ФУНДАМЕНТАЛНА ГЕОЛОГИЈА**

ŽELJEZOVITI KONGLOMERATI LAŠVANSKE FORMACIJE (SARAJEVSKO-ZENIČKI BAZEN)

FERREOUS CONGLOMERATES LAŠVA FORMATION (SARAJEVO-ZENICA BASIN)

Hrvatović, H¹., Šarić, Č¹., Filipović, A¹., Demir, V¹., Mujkić F¹., Jaganjac, N¹. i Nikolić, T¹.

1. Federalni zavod za geologiju Sarajevo, Ustanička 11 Ilidža, e-mail: 1. Federalni zavod za geologiju Sarajevo, zgeolbih@bih.net.ba

Ključne riječi: željezoviti konglomerati, limonit, getit, Lašvanska formacija, Sarajevsko-zenički bazen, Srednjobosansko škriljavo gorje.

Sažetak

Federalni zavod za geologiju je u sklopu projekta “Geološka karta Federacije Bosne i Hercegovine” razmjere 1:10000, je u periodu od 2008. do 2012. godine vršio geološko kartiranje u Sarajevsko-zeničkom bazenu. Tom prilikom posebna pažnja bila je posvećena litostratigrafskoj jedinici Lašvanska formacija koja je u geološkoj literaturi poznata i kao Lašvanska serija. Glavni razlog usmjeravanja pažnje na ovu litostratigrafsku jedinicu je zbog njenog položaja i rasprostranjenja u bazenu, debljine i porijekla sedimenata, mogućnosti pronalaska ekonomski interesantnih mineralnih sirovina i vodnih tijela podzemne pitke vode. Geološkim kartiranjem je utvrđeno da se unutar formacije, na osnovu litoloških osobina, posebno izdvaja jedinica (član formacije) koju smo nazvali željezoviti konglomerati. Naziv željezoviti konglomerati je proizašao zbog karakteristične crveno-smeđe boje i sadržaja željeza od 18.5 do 34,4%. Na pojavu ovih konglomerata je ukazano još tokom istraživanja urana u pješčarima Lašvanske formacije (Golo i dr 1982). Prilikom geološkog kartiranja uzeti su uzorci za laboratorijska ispitivanja koja su izvedena u laboratoriji Argetest u Turskoj i Mineral laboratories Bureau Veritas u Kanadi.

Sarajevsko-zenički bazen kao jedan od najvećih neogenih bazena u Dinaridima Bosne i Hercegovine, bio predmet različitih istraživanja i studijskih ispitivanja od kojih su najvažnija prikazana u radovima: Soklić 1951, Milojević 1964, Muftić 1965, de Leeuw et al., 2012, Mandić et al., 2012, Andrić, N. et. al., 2017; Karin, S. et-al., 2018, Demir, V.

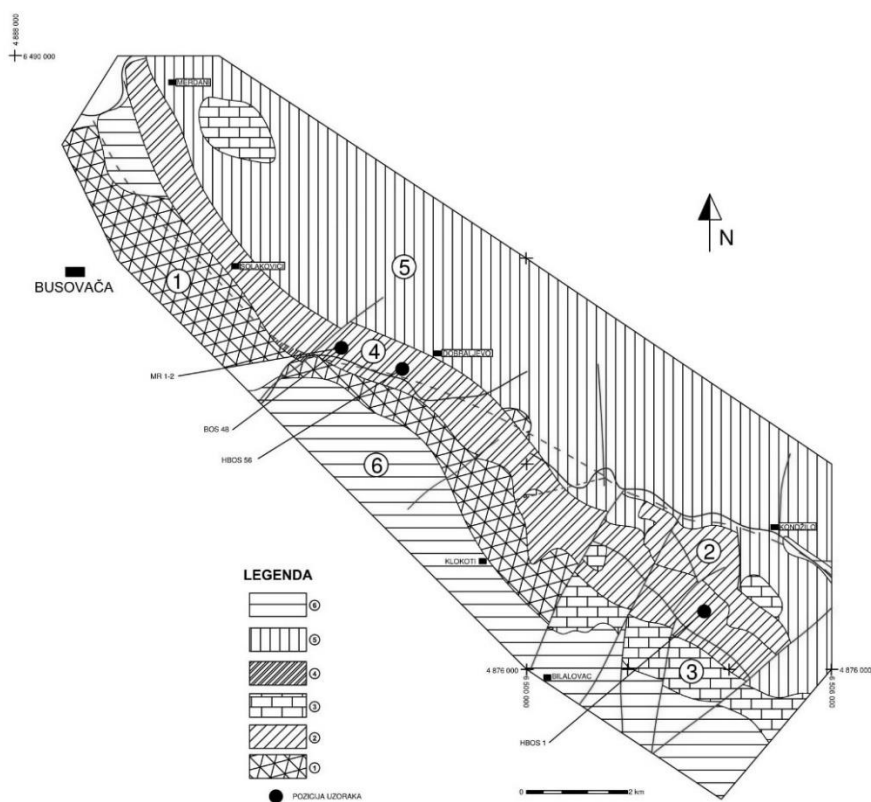
Geološka evolucija bazena je vezana za oligomiocenski i miocenski ciklus sedimentacije te pliocensku seriju aluvijalnih sedimenata. Oligomiocenski ciklus sedimentacije započinje taloženjem transgresivnih fluvijalnih sedimenata koji diskordantno leže preko turbidita zone Bosanskog fliša (na sjeveroistoku bazena) i metamorfnog kompleksa Srednjobosanskog škriljavog gorja (na jugozapadu bazena). U kasnijim fazama, u uslovima jezerske sedimentacije, talože se karbonati i ugalj koji se izmjenjuju sa aluvijalnim sedimentima. Ukupna debljina oligomioenskih sedimenata je oko 800 m.

Oligomioenski sedimenti ciklus je predstavljen: 1) bazalnom zonom sa konglomeratima, pješčarima i krečnjacima; 2) koščanskim ugljenim slojem sa krečnjacima i laporima; 3) crvenom serijom sa konglomeratima, pješčarima i laporcima i 4) šupljikavim bituminoznim krečnjacima.

Miocenski sedimentni ciklus započinje glavnom ugljenom zonom a završava sa konglomeratima gornjeg miocena. Ukupna debljine miocenskog sedimentnog ciklusa je oko 1500 m. Predstavljen je sa: 1) Glavnom ugljenom zonom (donji miocen); 2) Prelaznom zonom (srednji miocen); 3) Lašvanskom formacijom (gornji dio srednjeg miocena i donji dio gornjeg miocena) i 4) Koševskom serijom i Orlačkim konglomeratima (gornji miocen).

Pliocenska aluvijalna serija je predstavljena sa glinama, pijesima i fragmentima stijena različite starosti (od proterozoika do mezozoika).

Željezoviti konglomerati predstavljaju posebno karakterističan član Lašvanske formacije. Ta posebnost se ogleda u crveno-smeđoj boji, sastavu i sadržaju željeza koji varira od 18,5 do 34,5 %. Lašvanska formacija leži konkordantno preko prelazne zone izgrađene od tankoslojevitih lapora sa proslojcima pješčara (srednji miocen) i diskordantno preko metamornog kompleksa Srednjobosanskog škriljavog gorja. Debljina Lašvanske formacije varira od 400 do 800 m. Ona se proteže, na dužini od oko 40 i širini 5-9 km, duž jugozapadnog obodnog i u središnjem dijelu bazena, od Zenice i Kaonika (zona rijeke Lašve) pa do Reljeva kod Sarajeva. Sedimenti Lašvanske formacije su aluvijalno-deltini konglomerati i pješčari (Hrvatović, 2009, Andrić, N. et. al., 2017).

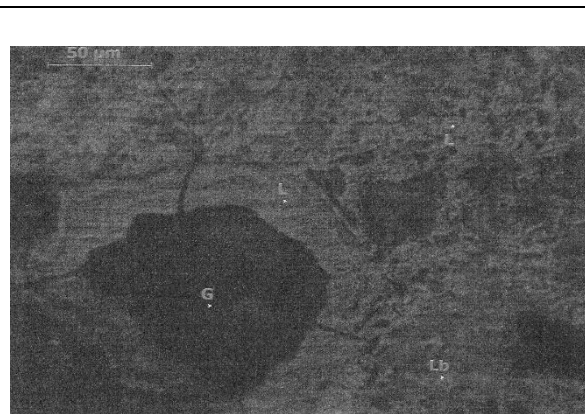


Sl. 1. Pojednostavljena geološka karta jugozapadnog dijela Sarajevsko-zeničkog bazena
Legenda: 1. Metamorfni kompleks Srednjobosanskog škriljavog gorja (prekambrij-kambrij), 2. Crveni klastiti, gips i šupljikavi krečnjaci (gornji perm), 3. Masivni i slojeviti krečnjaci i dolomitični krečnjaci (anizik), 4. Željezoviti konglomerati (srednje-gornji miocen; član Lašvanske formacije), 5. Pješčari i konglomerati (srednje-gornji miocen; član Lašvanske formacije), 6. Gline, pjeskovite gline, zaglinjen kvarcni šljunak (pleistocen).



Sl.2. Uzorak MRT-1:

*Q-kvarc, MS.kvarcmikašist,
SS-kvarcsericitski škriljac,
L-limonit (crvenosmeđe boje)*



Sl.3. Uzorak MRT-2:

*L-limonit,
G-getit,
Lb-limonit žučkasto obojen*

Željezoviti konglomerati sadrže valutice nastale erozijom metamorfnog kompleksa Srednjobosanskog škriljavog gorja, u kojem su poznata nalazišta željeza (željezni šeširi) sa povećanim sadržajem zlata, bakra i srebra (na primjer: Mačije Jame kod Busovače i Vranjska rijeka kod Viteza). To su krupnozrni konglomerati sa valuticama metariolita, različitih škriljaca (kvarcno-sericitski, hloritski, amfibolski, filitični, otrelitski, kvarcno-grafitični i dr.), kvarcita i kvarca koje su vezane sitno do srednjezrnim matriksom, koji oko 90 % čini kvarc. Oblik valutica je sferoidan, pločast, diskoidan i vretenast, s tim da preovlađuje sferoidan. Sadržaj matriksa je oko 50 %. Debljina željezovitih konglomerata je oko 50 m. Po pružanju se mogu pratiti na dužini od oko 6 km (Slika 1).

Na jugozapadnom obodu bazena, konglomerati leže diskordantno na gornjopermskim šupljikavim krečnjacima (lokalitet Prževine i Kondžilo) i metamorfnom kompleksu Srednjobosanskog škriljavog gorja (lokalitet Klokot gdje su poznate pojave CO₂).

Konglomerati su intenzivno liminitisani a pod mikroskopom se vide zrna getita, limonita i kvarca (slika 2 i 3). Laboratorijskim ispitivanjima (rezultati prikazani u tabeli 1) je utvrđeno da sadržaj željeza varira od 18,5-34,4 %. Posebno su interesantni visoki sadržaji As(0,9%) i V(0,03%). Uzorci za laboratorijska ispitivanja su sa područja Dobraljeva i lokaliteta Pržine gdje su željezoviti konglomerati najbolje razvijeni. Područje Dobraljeva je ispitivano kroz projekt istraživanja nuklearnih mineralnih sirovina u 1981 godini.

Imajući u vidu sadržaj željeza i porijeklo materijala za stvaranje konglomerata, preporučuje se geološko istraživanje željezovitih konglomerata u svrhu definiranja njihove ekonomičnosti kao rude željeza i mogućeg pronalaska zlatonosnih nivoa (unutar željezovitih konglomerata).

Tabela 1. Rezultati hemijskih ispitivanja uzoraka iz željezovitih konglomerata Lašvanske formacije (Mineral laboratories Bureau Veritas Canada).

element		uzorak									
		MRT-1	MRT-2	HBOS-1	HBOS-48	HBOS-56	BOS-25	BOS-26	BOS-27	BOS-28	BOS-29
Ag	ppm	<0,15	<0,15	<0,1	<0,1	0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,3	<0,1
Al	%	0,53	0,58				0,30	0,64	0,82	0,67	0,57
As	ppm	811	3100	185,8	9208,1	423,7	401,7	34,2	24,5	76,4	84,8
B	ppm	58	<5		<1	3	<20	<20	<20	<20	<20
Ba	ppm			193	268	485	11	24	18	16	24
Be	ppm	<0,5	<0,5	<1	<1	3					
Bi	ppm	17	21	0,2	0,2	0,3	1,0	0,4	0,6	0,4	0,5
Ca	%	0,31	0,27				0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
Cd	ppm	6	17	<0,1	0,2	0,7					
Ce	ppm			28,7	38,5	60,1					
Cs	ppm			2,7	4,2	3,4					
Co	ppm	6	5	3,4	16	14,9	5,7	59,1	2,9	6,1	2,1
Cr	ppm						22	60	28	29	50
Cu	ppm	38	43	59	51,9	34,7	38,1	42,1	58,0	125,8	66,2
Dy	ppm			1,83	2,78	5,41					
Eu	ppm			0,43	0,64	1,27	<0,1	0,4	<0,1	0,3	0,1
Er	ppm			1,83	1,63	2,97					
Fe	%	18,52	19,23				36,46	22,47	22,95	34,88	23,7
Hg	ppm			0,07	0,24	0,38	0,23	0,54	1,67	0,66	1,18
Hf	ppm			2,4	3,0	3,9					
Ho	ppm			0,38	0,58	1,06					
Ga	ppm	68	73	8,4	11,9	12,1					
Gd	ppm			1,9	2,81	6,33					
K	%	0,15	0,13				0,03	0,10	0,09	0,05	0,12
La	ppm	10	8	28,7			2	10	5	4	2
Lu	ppm			0,17	0,26	0,38					
Mg	ppm	511	492				<0,01	0,02	0,01	0,01	0,02
Mn	ppm	130	99				52	2264	70	66	56
Mo	ppm	5	6	0,6	1,4	4,7	0,03	0,2	0,5	0,6	0,8
Na	%	0,22	0,18								
Nb	ppm			7,3	7,3	10,4					
Nd	ppm			11,7	16,5	32,9					
Ni	ppm	25	23	11,6	43,6	71,8	38,1	144,7	12,5	31,4	7,4
P	%	0,033	0,037				0,620	0,091	0,193	0,605	0,143
Pr	ppm			3,28	4,45	8,5					
Pb	ppm	481	154	4,8	11,2	9,2	17,5	25,1	18,6	70,1	17,6
Rb	ppm			48,8	64,4	82,6					
S%							0,09	<0,05	0,06	<0,05	0,05
Sb	ppm	32	154	6,8			3,3	1,8	0,9	8,1	1,8
Sc	ppm	<1	<1				5,4	43,3	3,9	11,8	6,0
Se	ppm			<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	0,9	0,5	<0,5	0,6
Sn	ppm	18	18	1	11	3					
Sm	ppm			2,17	3,13	6,32					
Sr	ppm	20	18	31,1	58,8	34,7	4	10	8	6	4
Ta	ppm			0,6	0,6	0,9					
Tb	ppm			0,31	0,44	0,94					
Th	ppm	68	61	4,9	6,4	8,3	1,0	2,9	5,3	1,1	4,8
Ti	%	0,010	0,005				0,006	0,005	0,006	0,006	0,003
Tl	ppm	<5	<5	1,2	2,3	0,4	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1
Tm	ppm			0,17	0,24	0,42					
U	ppm			0,9	1,8	2,4	0,5	0,3	1,0	3,8	0,6
V	ppm	23	14	77	135	81	73	304	112	129	193
W	ppm	14	12	1,0	1,5	2,3	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1

Zn	ppm	150	237	128	194	114					
Zr	ppm	7	9	86,5	104	142,6					
Y	ppm			11,2	14,9	28,1					
Yb	ppm			1,09	1,56	2,64					
Au	ppm	<0,15	<0,15	0,001	0,001	0,001			0,006		

Literatura

1. Andrić, N., K. Sant, L. Matenco, O. Mandić, B. Tomljenović, D. Pavelić, H. Hrvatović, V. Demir, J. Ooms, (2017): The link between tectonics and sedimentation in asymmetric extensional basins: Inferences from the study of the Sarajevo-Zenica Basin, *Marine and Petroleum Geology* 83 (2017). 305-332.
2. De Leeuw, Mandić, O. Krijgsma, W., Kuiper, K & Hrvatović, H. (2012): Paleomagnetic and geochronologic constraints on the geodynamic evolution of the Central Dinarides, *Tectonophysics* (2012).
3. Golo, B., Hrvatović, H., Jelić, N. I Talić, D. (1982): Izvještaj o rezultatima istraživanja urana na području Dobraljeva, Škriljavog gorja i Jugoistočne Bosne za 1981. godinu, Arhiv Federalnog zavoda za geologiju Sarajevo. str., 1-62.
4. Hrvatović, H. (2009): Geološko kartiranje, ISBN 978-9958-9073-5-7, COBIS. BH-ID 17117702; CIP 528.91:550.8 (075.9). 1-388 str.
5. Karin, S., Andrić, N., Mandić, O., Demir, V., Pavelić, D., Rundić, Lj., Hrvatović, H., Matenco, L. Krijgsman, W. (2018): Magneto-biostratigraphy and paleoenvironments of the Miocene freshwater sediments of the Sarajevo-Zenica Basin, June 2018, *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, DOI: 10.1016 /j.paleo.2018.06.009.
6. Milojević, R. (1964): Geologic composition and tectonic pattern of Middle-Bosnia coal basin with special review of development and economic value of coal-bearing facies. PhD Thesis, *Geološki glasnik*, Geological Survey Sarajevo special publication, p.190.
7. Muftić, M. (1965): Geological relationship between coal terrains Mid-Bosnian coal mines: Bila, Zenica, kakanj and Breza. *Geološki glasnik*, Geological Survey Sarajevo special publication, p.108.
8. Soklić, I. (1951): Identifikacija slojeva i geoloških horizonata u Srednjobosanskom zeničko-sarajevskom ugljenom basenu, *Geološki vesnik*, 9. Beograd.

ANDEZITI ČELEBIĆA-OKOLORUDNE IZMENE I POJAVLJIVANJE GRANATA

dr Danica Srečković-Batoćanin^{1*}, dr Suzana Erić¹, dipl.inž Dragan Djordjević², dipl.inž
Dragana Stojanović² i MSc Rajko Kondžulović²

1. Univerzitet u Beogradu, Rudarsko geološki fakultet, Djušina 7, 1100 Beograd, Srbija;

2. MINECO Project Delivery Team, Strahinjčića Bana 1, 11000 Beograd, Srbija

* - danica.sreckovic@rgf.bg.ac.rs - koresponding autor

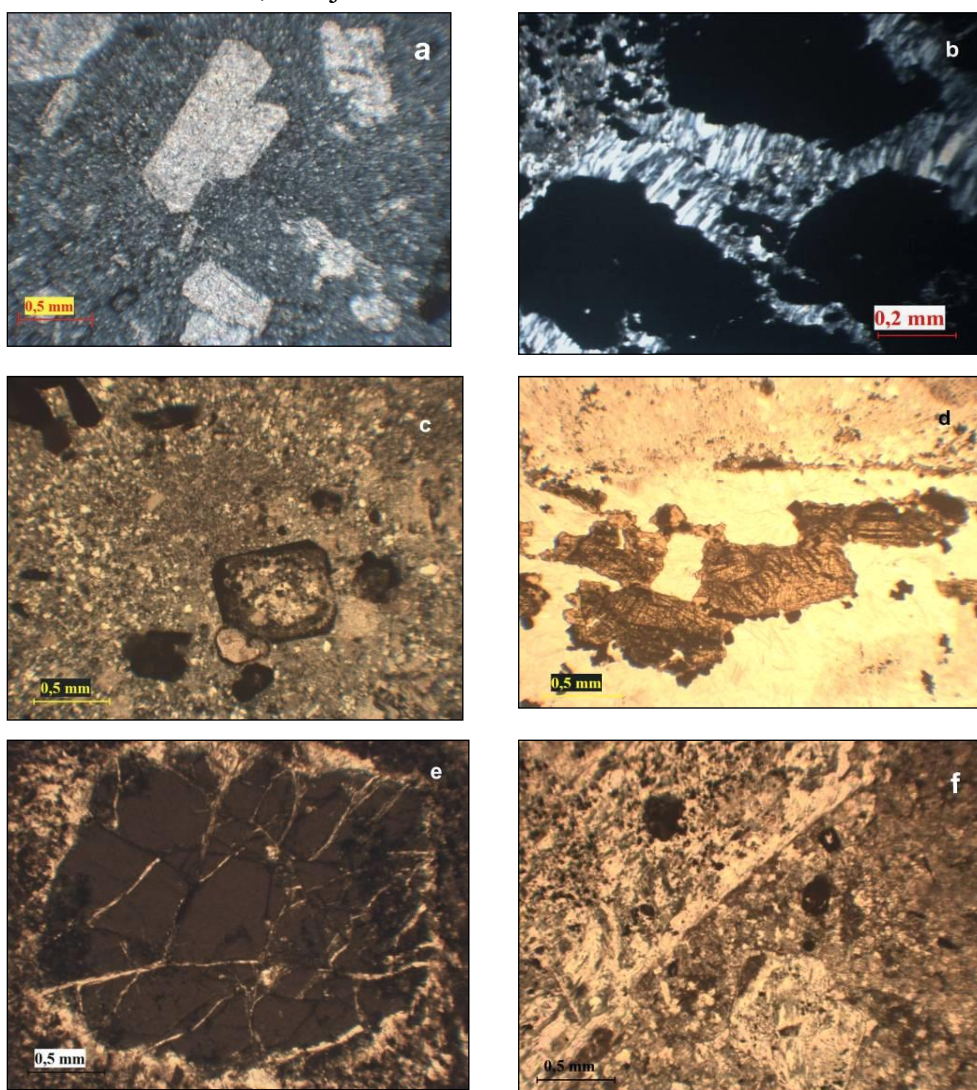
Ključne reči: Čelebići, andeziti, keratofiri, granati.

Apstrakt

Magmatizam iniciran razlamanjem Dinaridske kontinentalne ploče u donjem trijasu bio je aktivan u različito vreme u različitim delovima Dinarida. Produkti tog magmatizma se, zavisno od puteva magmi i njihove kontaminacije, takođe veoma razlikuju. Krajem ladina vulkanizam slabi i prekida se, sa izuzetkom SZ dela današnje Crne Gore, gde se odvija i u karniku. Na prostoru Čelebića se vulkanska aktivnost odvijala tokom tokom ladina. Pored dominantnih andezita, obrazovani su i dioriti, kvarcdioriti, keratofiri, žične ašistne stene, kao i uzane zone skarnova i mermera u kontaktnom području sa terigenim sedimentima i krečnjacima anizijskog kata. U mermerisanim krečnjacima i keratofirima su još pre Drugog svetskog rata u predelu Viševine vršena istraživanja na sadržaje olova i cinka. Pored mineralizacije, oslobođeni hidrotermalni fluidi dovode i do različitih okolorudnih izmena: uznapredovale argilitizacije, sericitizacije (sl.1a), silifikacije sa pojavom kvarca koji je rastao u senci pritisaka (sl.1b), hloritizacije, odnosno propilitizacije, opacitizacije (sl.1c) i mineralizovane/orudnjene skarnove i mermere (sl.1d). Na ladinskim andezitima, koji su često u neposrednoj vezi s keratofirima i kvarc-keratofirima, leže masivni krečnjaci ladinskog kata. Sve navedene alteracije primećene su u andezitima Čelebića na lokalitetu Rudnice-Rajkovići, a poseban raritet predstavljaju vulkaniti otkriveni istražnom bušotinom RRDD023 na dubini 261,6 do 262,3 m u kojima se pojavljuju krupni kristali granata mrko-crvene boje (sl.1e).

Mineralni sastav i intenzitet alteracije ovih stena određen je optičkim ispitivanjima na polarizacionom mikroskopu za propuštenu svetlost, Leica DMLSP, koji je povezan sa kamerom Leica DFC290 HD preko programa LAS V4.1. U cilju detaljnijih podataka o prisutnim mineralnim fazama, u Laboratoriji za skenirajuću elektronsku mikroskopiju urađene su SEM-EDS analize korišćenjem elektronskog mikroskopa tipa JEOL JSM-6610LV koji je povezan sa energo-disperzionim spektrometrom tipa X – Max Large Area Analytical Silicon Drift (Oxford) u uslovima visokog vakuuma. Površine poliranih preparata su prethodno naparene provodničkim slojem ugljenika na neparivaču tipa BALTEC – SCD – 005. Slike uzoraka dobijene su pomoću detektora za povratno-rasute elektrone (BSE), korišćenjem volframskog filameta kao izvora elektrona. Kvalitativne hemijske analize faza urađene su uz upotrebu spoljašnjih standarda (minerali i čisti metali).

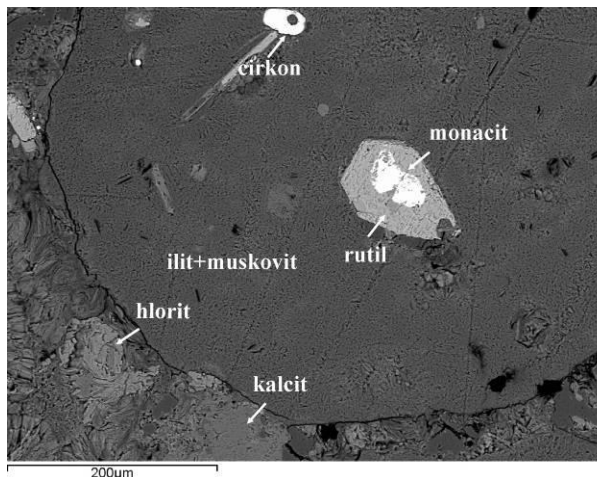
Ispitivane stene su sivozelene boje, masivne teksture i holokristalaste porfirske strukture sa makroskopski vidljivim fenokristalima feldspata, dimenzija do 3 x 1,5 mm (sl.1f), granata i biotita. Deo kristala feldspata, najverovatnije bivšeg K-feldspata (sl.2) je potpuno zamenjen mešavinom ilita i muskovita, dok je biotit delimično hloritisan.



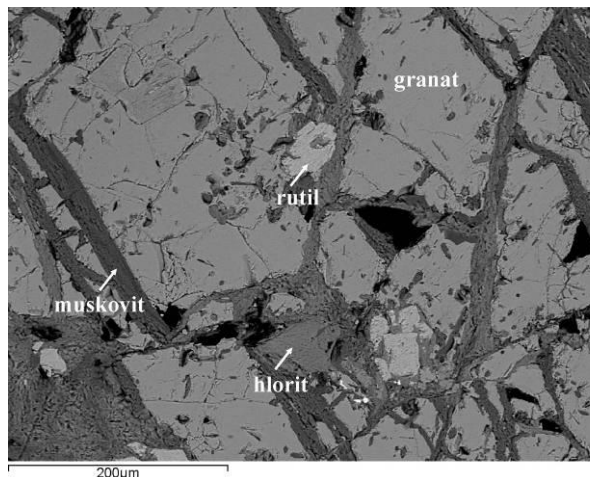
Slika 1. Fotomikrografije andezita Čelebića sa različitim okolorudnim izmenama: a. sericitizacija; b. kvarc u „senci pritisaka“; c. opacitizacija; d. sfalerit-kleofan; e. granat; f. plagioklas sa pojkilitski uklopljenim liskama hlorita i metaličnim mineralima.

Osnovnu masu čine alotriomorfna zrna albita, muskovita (sericita) i hlorita (sl 2). Rutil, cirkon, neprovidni minerali i monacit su akcesorne mineralne vrste, kao i granati. Sekundarni minerali, pored pomenutog hlorita, ilita i sericita, su kalcit i brunerit ((Mg,Fe)CO₃). Granati se pojavljuju u formi idiomorfnih i jako ispucalih kristala, dimenzija i iznad 4 mm, sa brojnim inkluzijama rutila i cirkona. U izgradnji stene učestvuju sa oko 10 %. Pukotine su ispunjene sericitom i/ili hloritom (sl. 3). Optički su izotropni i ne pokazuju zonarnost. Prema hemijskom sastavu odgovaraju almandinsko-piropskom granatu, srednjeg sastava: Alm_{75,9}Spe_{8,1}Pi_{17,8}Gro_{1,8}Andr_{1,4} (tabela 1).

Granati u vulkanskim stenama su retki. U našoj geološkoj literaturi su granati, takodje almandinskog sastava, zabeleženi u kvarc-porfirima koji probijaju anizijske flišne konglomerate na starom putu Virpazar-Bar, između sela Boljevići i Limljani, i u „klastolavama“ u kanjonu Tare, selo Bistrica.



Slika 2. Kristal feldspata potpuno zamenjen mešavinom ilita i muskovita u osnovi od hlorita, sericita i kalcita



Slika 3. Mreža pukotina u granatima sa sericitom i hloritom

Tabela 1. Reprezentativne hemijske analize granata

	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	36.50	36.68	36.85	36.51	36.00	36.63	36.19	36.31
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.81	0.00	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	21.86	21.59	21.76	21.35	21.66	21.40	21.59	22.23
FeO	33.51	33.67	33.37	33.24	33.52	33.65	33.35	33.54
MnO	1.34	1.38	1.36	1.48	1.50	1.18	1.23	1.19
MgO	4.61	4.14	4.39	4.43	4.05	4.35	4.24	4.58
CaO	1.05	1.11	1.02	1.24	1.03	1.05	1.09	1.15
Total	98.87	98.57	98.75	98.25	98.57	98.26	97.69	99.00
broj jona izračunat na bazi 12(O)								
Si	2.937	2.970	2.970	2.961	2.920	2.972	2.953	2.916
Al ^{IV}	0.063	0.030	0.030	0.039	0.080	0.028	0.047	0.084
T	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Al ^{VI}	2.010	2.030	2.038	2.001	1.990	2.018	2.029	2.020
Fe ³⁺	0.053	0.001	0.000	0.038	0.000	0.010	0.019	0.065
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.049	0.000	0.000	0.000
	2.063	2.030	2.038	2.039	2.040	2.028	2.047	2.084
Mg	0.553	0.500	0.528	0.536	0.490	0.526	0.516	0.548
Fe ²⁺	2.202	2.279	2.250	2.216	2.274	2.273	2.257	2.188
Mn	0.091	0.095	0.093	0.102	0.103	0.081	0.085	0.081
Ca	0.091	0.096	0.088	0.108	0.090	0.091	0.095	0.099
	2.937	2.970	2.958	2.961	2.956	2.972	2.953	2.916
Fe ₂ O ₃	0.87	0.01	0.00	0.63	0.00	0.16	0.31	1.07
FeO	32.73	33.66	33.37	32.67	33.52	33.51	33.07	32.58
Py	18.8	16.8	17.8	18.1	16.6	17.7	17.5	18.8
Alm	75.0	76.7	76.0	74.8	76.9	76.5	76.4	75.0
Gro	0.5	3.2	3.0	1.8	0.6	2.6	2.3	0.3

And	2.6	0.0	0.0	1.9	2.4	0.5	0.9	3.1
Sp	3.1	3.2	3.1	3.4	3.5	2.7	2.9	2.8

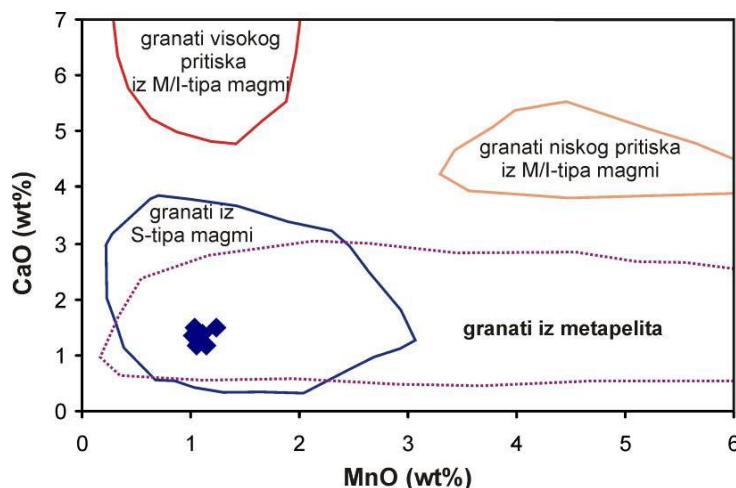
U prvom slučaju autori smatraju da je granat primarnog, magmatskog porekla. Kao dokaz navode način pojavljivanja granata - okruženi fenokristalima feldspata, oligoklas/albita, povijanje (rotiranje) mikrolita u osnovnoj masi oko njih, i nizak sadržaj Mn, odnosno spesartitske komponente. Za granate u „klastolavama“ u kanjonu Tare, se smatra da su nastali od pelitskog materijala mora, kojim su bili obloženi fragmenti vulkanske breče, pod uticajem pridošle usijane lave.

Pojavljivanje granata u vulkanskim stenama je rezultat tri različita procesa:

- 1- rezidualna su faza, nasleđena iz metamorfne stene koja je parcijalno stapana,
- 2- kristalisali su iz rastopa kontaminiranih kroz proces asimilacije okolnih stena, ili
- 3- primarna faza obrazovana kristalizacijom magme sa visokim sadržajem vode u uslovima visokog pritiska i temperature, što odgovara dubinama > 25 km.

Granati sa malo MnO (<2 wt.%) i relativno dosta CaO (>5 wt.%) nastaju iz rastopa koji su obrazovani parcijalnim stapanjem gornjeg omotača i magmatskih stena, dok iz rastopa u čijoj genezi su učestvovali i metapeliti (metasedimenti) nastaju granati sa niskim CaO (<4 wt.%) i različitim sadržajem MnO. U oba slučaja povećanje sadržaja vode u rastopu snižava temperaturu kristalizacije granata. Almandin siromašan MnO nestabilan je u plitkom nivou i može ostati sačuvan samo uz veoma brz uspon magme.

Iz svega navedenog može se zaključiti da su granati u nekim vulkanitima Čelebića primarna faza kristalisala iz peraluminijске magme koja je obrazovana parcijalnim stapanjem pelita na znatnim dubinama u Zemljinoj kori u uslovima izuzetno visokog pritiska (polje stabilnosti granata) od ≥ 7 kbar-a i temperaturama od oko 950–1050 °C (sl.4).



Slika 4. Položaj ispitivanih granata u andezitima Čelebića na dijagramu CaO (wt.%) vs. MnO (wt.%).

Zahvalnost

Rad je podržan sredstvima Ministarstva nauke i tehnologije, Republike Srbije, Projekt No 176019. Autori se zahvaljuju kolegama iz kompanije “Mineco” na odobrenju za publikovanje. Sva ispitivanja obavljena su na Departmanu za mineralogiju, kristalografiju, petrologiju i geohemiju Rudarsko-geološkog fakulteta, Univerziteta u Beogradu.

Literatura

1. Bach, P., Smith, I. E. M. and Malpas, J. G., (2012): The Origin of Garnets in Andesitic Rocks from the Northland Arc, New Zealand, and their Implication for Sub-arc Processes. *Journal of petrology*, 53/6, 1169-1195.
2. Clemens, J. D. & Wall, V. J., (1984): Origin and evolution of a peraluminous silicic ignimbrite suite: The Violet Town Volcanics. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 88, 354-371.
3. Ćirić, B., (1954): Neka zapažanja o dijabaz-rožnačkoj formaciji Dinarida. *Vesnik zavoda za geol. i geofiz. istr. SRS*, 31-88. Beograd.
4. Dimitrijević, M.D. i Dimitrijević, M. N., (1973): Olistostrome mélange in the Yugoslavien Dinarides and late Mesozoic plate tectonics. *The Journ. of Geology*, vol. 81, No.3, 328-340.
5. Djordjević, V. i Djordjević, P., (1967). Vulkaniti i tufno-tufitne stene u seriji trijaske starosti u centralnom i južnom delu Crne Gore. *Fond RGF, Beograd*.
6. Djordjević, P. i Knežević, V., (1972): Trijaske magmatske stene planine Ljubišnje (Crna Gora). *Geološki Anali Balkanskog poluostrva*, sv.2, 199-218, Beograd.
7. Green, T.H., (1977): Garnet in silicic liquids and its possible use as a PT indicator. *Contrib. Mineral. Petrol.* 65, 59-67.
8. Green, T.H., (1992): Experimental phase equilibrium studies of garnet-bearing I-type volcanics and high-level intrusives from Northland, New Zealand. *Earth and Environmental Science. Transactions of The Royal Society of Edinburgh* 83, 429-438.
9. Green, T.H., Ringwood, A.E., (1968): Origin of garnet phenocrysts in calc-alkaline rocks. *Contrib. Mineral. Petrol.* 18, 163-174.
10. Green, T.H., Ringwood, A.E., (1972): Crystallization of garnet-bearing rhyodacite under high-pressure hydrous conditions. *J. Geol. Soc. Aust.* 19, 203-212.
11. Harangi, S.Z., Downes, H., Kosa, L., Szabo, C.S., Thirwall, M.F., Mason, P.R.D., Matthey, D., (2001): Almandine garnet in calc-alkaline volcanic rocks of the northern Pannonian basin (Eastern-Central Europe): geochemistry, petrogenesis and geodynamic implications. *J. Petrol.* 42, 1813-1843.
12. Hensen, B.J., Green, D.H., (1973): Experimental study of the stability of cordierite and garnet in pelitic compositions at high pressures and temperatures. *Contrib. Mineral. Petrol.* 38, 151-166.
13. Karamata, S., (1974): Geološka evolucija našeg područja od trijasa do danas: značaj petroloških, sedimentoloških, geofizičkih i geohemijskih podataka za interpretaciju tektonske evolucije. *Jugoslovenski geološki kongres, Bled*.
14. Knežević, V., (1975): Trijaske magmatske stene Crne Gore. *Acta geol.*, VIII/8, prir. istr., 41, 107-147.
15. Lantai, C., (1991): Genesis of garnets from andesite of Karanca mountains. *Acta Geol. Hung.* 34, 133-154.
16. Lopez-Ruiz, J., Badiola, E. R. & Garcia, C. L. (1977): Origine des grenats des roches calco-alcalines du Sud-Est de l'Espagne. *Bulletin Volcanologique* 40, 141-152 (in French).
17. Obradović, J. i Joksimović, J., (1968/69): Pojava granata u kvarc-porfiru Limljana (Crna Gora). *Zbornik radova Rudarsko-geološkog fakulteta*, sv. 11-12, 81-89. Beograd.
18. Pabst, A., (1938): Garnets from vesicles in rhyolite near Ely, Nevada. *Am. Miner.*, v. 23, no. 2, p.101-104.
19. Pamić, J., (1968): Srednjotrijaski magmatizam u Dinaridima. *I kol. geol. Dinarida*, 117-185, Zagreb.
20. Pamić, J., (1974): Middle Triassic Spilite-Keratophyre Association of the Dinarides and Its Position in Alpine Magmatic-tectonic Cycle. In „Spilites and Spilitic Rocks“. Ed. By G.C. Amstutz. 161-174, Springer-Verlag -Berlin-Heidelberg-NewYork.
21. Stevens, G., Villaros, A., Moyen, J.-F., (2007): Selective peritectic garnet entrainment as the origin of geochemical diversity in S-type granites. *Geology* 35, 9-12.
22. Wood, C.P., (1974): Petrogenesis of garnet-bearing rhyolites from Canterbury, New Zealand. *N. Z. J. Geol. Geophys.* 17, 759-787.

ANDESITES FROM ČELEBIĆI-WALL ROCK ALTERATIONS AND THE GARNET OCCURRENCES

Danica Srečković-Batočanin^{1*}, Suzana Erić¹, Dragan Djordjević², Dragana Stojanović² and
Rajko Kondžulović²

1. University in Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Djusina7, 11000 Belgrade, Serbia

2. MINECO Project Delivery Team, Strahinjića Bana 1, 11000 Belgrade/Serbia

* - danica.sreckovic@rgf.bg.ac.rs -corresponding author

Key words: Čelebići, andesite, keratophyre, garnet.

Abstract

Magmatism caused by the breaking of the Dinarids continental plate in the lower Triassic was active in different periods within the different parts of the Dinarids. Depending on the paths of magma and its contamination it brought very diverse products. At the end of Ladinian, magmatism weaken and ceased except in the NW Montenegro where it continued through Carnian stage. In the area of Čelebići volcanism has been active during Ladinian. Beside the most abundant andesites, it revealed diorites, quartz diorites, keratophyres, vein rocks, as well as a narrow zones of skarns and marble along the immediate contacts with the underlying Anisian clastic sediments and limestones. Concentrations of Pb and Zn have been explored in marbleized limestones and keratophyres yet before the World war II on the Viševina hill. Released hydrothermal fluids brought along with the mineralization a various wall rock alterations: advanced argyllic, phyllic (fig.1a), silification with the "pressure shadow" quartz (fig.1b), chloritization, i.e. propylitisation, opacite rims (fig.1c) and mineralized/ore-bearing skarns and marbles (fig.1d). Ladinian volcanics are in close spatial relation with keratophyres and quartz keratophyres and are overlying by massive Ladinian limestones. The all of the mentioned alteration styles were recognized in andesites from Čelebići, in the locality Rudnice-Rajkovići, but of particular importance are volcanic rocks discovered in the exploration borehole RRDD023 at 261.6 - 262.3 m depth, which contain coarse brownish-red garnet crystals (fig.1e). Mineral composition and the intensity of alteration were determined in thin sections using a Leica DMLSP petrographic microscope with digital camera Leica DC 300 over the program LAS V4.1. Chemical compositions of mineral phases were identified using a JEOL JSM-6610LV Scanning Electron Microscope that is connected to an X-Max Energy Dispersive Spectrometer. The samples were covered with carbon using a BALTEC-SCD-005 Sputter coating device. The results were recorded under high vacuum conditions, with an accelerating voltage of 20 kV and a beam current of 0.5–1.8 nA. The scanning electron microscope is also used for imaging of specimens over the detector for back-scattered electrons with the tungsten filament as the electron source. The qualitative chemical analyses required external standards (minerals and pure metals).

Investigated rocks are grayish-green in color, of massive structure and holocrystalline porphyritic texture. Phenocrysts of feldspar, up to 3 x 1.5 mm (fig.1f), garnet and biotite are visible macroscopically. A part of the feldspar crystals, most probably prior K-feldspar (fig.2) are completely replaced by mixture of illite and muscovite, whereas biotite is partly chloritized.

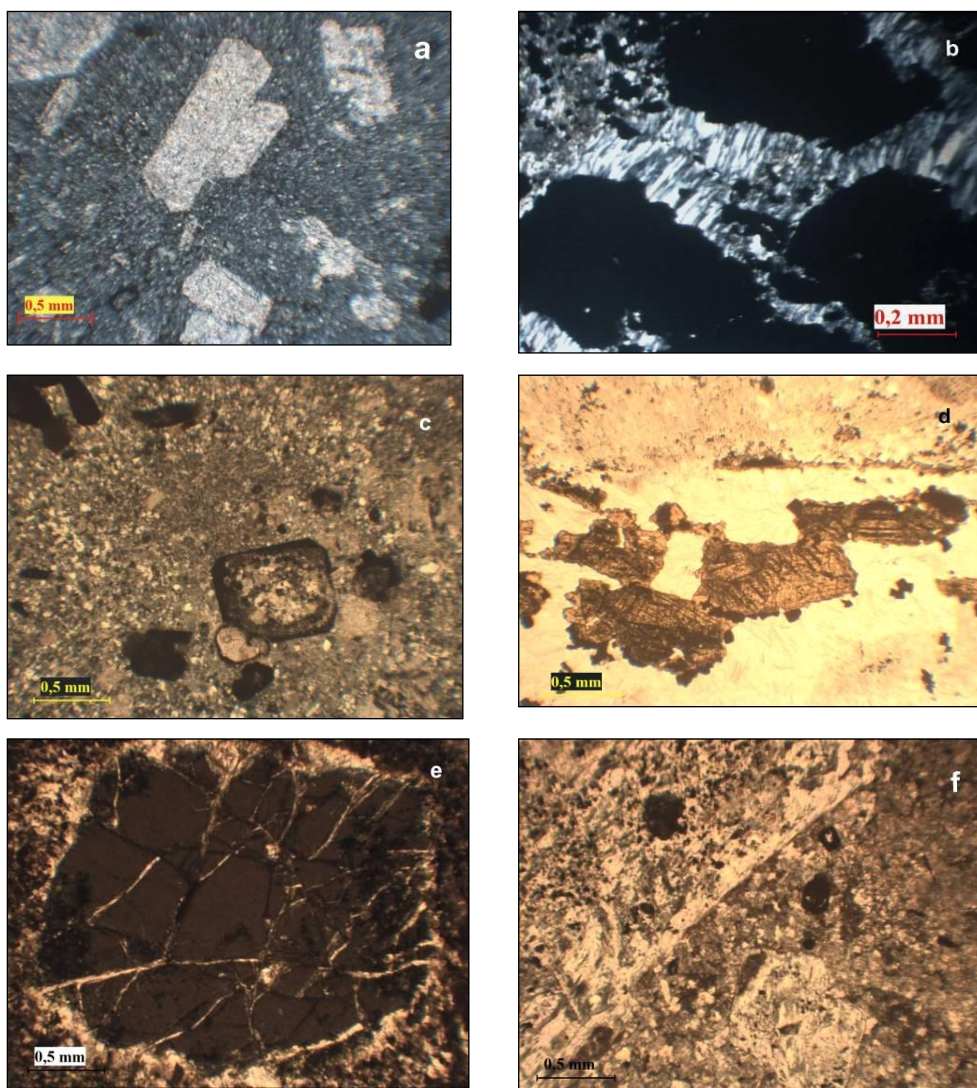


Figure 1. Photomicrographs of diversely wall rock-altered andesites from Čelebići: a. phyllic; b. „pressure shadow” quartz; c. opacite rims; d. sphalerite-cleofane; e. garnet; f. plagioclase with poikilitic included chlorite laths and dusty opaques.

The groundmass consists of anhedral albite, muscovite (sericite) and chlorite (fig. 2). Rutile, zircon, opaque minerals and monazite are accessory constituents, including garnets. Secondary phases, beside the mentioned chlorite, illite and sericite are calcite and breunnerite ((Mg,Fe)CO₃). Garnets occur in euhedral, intensively cracked crystals exceeding 4 mm in size. Fissures are filled by sericite and/or chlorite(fig. 3). Rutile and zircon are common inclusions in optically isotropic and zonality lack garnet crystals. Garnet is approximately 10 % abundant. According to chemical compositions it considers almandine being in average: Alm_{75,9}Spes_{3,1}Pi_{17,8}Gros_{1,8}Andr_{1,4} (table 1).

Garnet-bearing volcanic rocks are very rare. According to our geological literature, the garnet of almandine composition were also recorded in quartz porphyries that intruded the Anisian flysch conglomerates on the old way Virpazar-Bar, between the villages Boljevići and Limljani. The second record is in "clasto lava" in the River Tara canyon, the village Bistrica.

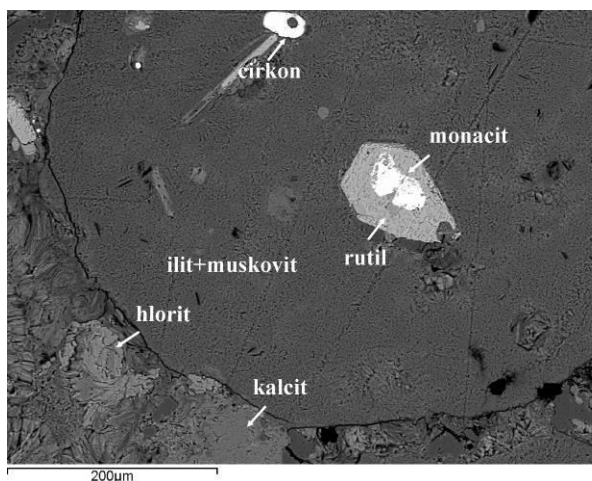


Figure 2. Feldspar crystal completely replaced by the mixture of illite and muscovite settled in the groundmass of chlorite, sericite and calcite

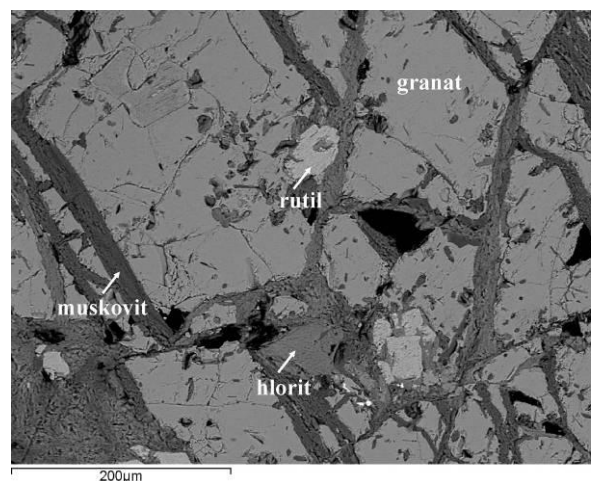


Figure 3. Micro-fissures in garnet filled up by sericite and chlorite

Table 1. Representative chemical analyses of garnets

	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	36.50	36.68	36.85	36.51	36.00	36.63	36.19	36.31
TiO ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.81	0.00	0.00	0.00
Al ₂ O ₃	21.86	21.59	21.76	21.35	21.66	21.40	21.59	22.23
FeO	33.51	33.67	33.37	33.24	33.52	33.65	33.35	33.54
MnO	1.34	1.38	1.36	1.48	1.50	1.18	1.23	1.19
MgO	4.61	4.14	4.39	4.43	4.05	4.35	4.24	4.58
CaO	1.05	1.11	1.02	1.24	1.03	1.05	1.09	1.15
Total	98.87	98.57	98.75	98.25	98.57	98.26	97.69	99.00
number of ions calculated on the base of 12(O)								
Si	2.937	2.970	2.970	2.961	2.920	2.972	2.953	2.916
Al ^{IV}	0.063	0.030	0.030	0.039	0.080	0.028	0.047	0.084
T	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
Al ^{VI}	2.010	2.030	2.038	2.001	1.990	2.018	2.029	2.020
Fe ³⁺	0.053	0.001	0.000	0.038	0.000	0.010	0.019	0.065
Ti	0.000	0.000	0.000	0.000	0.049	0.000	0.000	0.000
	2.063	2.030	2.038	2.039	2.040	2.028	2.047	2.084
Mg	0.553	0.500	0.528	0.536	0.490	0.526	0.516	0.548
Fe ²⁺	2.202	2.279	2.250	2.216	2.274	2.273	2.257	2.188
Mn	0.091	0.095	0.093	0.102	0.103	0.081	0.085	0.081
Ca	0.091	0.096	0.088	0.108	0.090	0.091	0.095	0.099
	2.937	2.970	2.958	2.961	2.956	2.972	2.953	2.916
Fe ₂ O ₃	0.87	0.01	0.00	0.63	0.00	0.16	0.31	1.07
FeO	32.73	33.66	33.37	32.67	33.52	33.51	33.07	32.58
Py	18.8	16.8	17.8	18.1	16.6	17.7	17.5	18.8
Alm	75.0	76.7	76.0	74.8	76.9	76.5	76.4	75.0
Gro	0.5	3.2	3.0	1.8	0.6	2.6	2.3	0.3
And	2.6	0.0	0.0	1.9	2.4	0.5	0.9	3.1
Sp	3.1	3.2	3.1	3.4	3.5	2.7	2.9	2.8

In the former record garnets are interpreted as being of primary, igneous origin. The proofs for such statement are the mode of they occurrence – surrounded by feldspar, oligoclase/albite

phenocrysts, contorting (rotation) of microlites in a groundmass around them, as well as the low content of spessartite component. The later, garnets in the canyon Tara River, are assumed to derive from clayey marine mud wrapping fragments in volcanic breccia, under the influence of the effused hot lava.

Garnet occurrences in volcanic rocks are the result of three different processes:

1. a residual phase derived from partially melted metamorphic rocks,
2. a phase crystallized from a contaminated melt that undergone assimilation of country rocks, so called xenocrysts, and
3. a primary phase crystallized from apparently uncontaminated host magma with significant water-content at high pressures and temperatures corresponding to depths of >25 km.

Garnets with low MnO content (<2 wt.%) and relatively high CaO (>5 wt.%) form from partial melts derived from the upper mantle and of igneous rocks, while from partial melts of metapelites and metasediments form garnets with low CaO-content (<4 wt.%) and variable MnO content. In both cases the increase of water content in the magma decreases the crystallization temperature of garnets. Almandine MnO-poor is unstable in shallow levels in the crust and could remain preserved only by rapid ascent of magma

According to the all mentioned facts it could be concluded that garnets in volcanic rocks from Čelebići are the primary phase. They crystallized from peraluminous magma, which derived by partial melting of pelitic rocks at considerable depths in the crust under high pressures (stability field for garnets) of ≥ 7 kbar and high temperatures, about 950–1050 °C (fig.4).

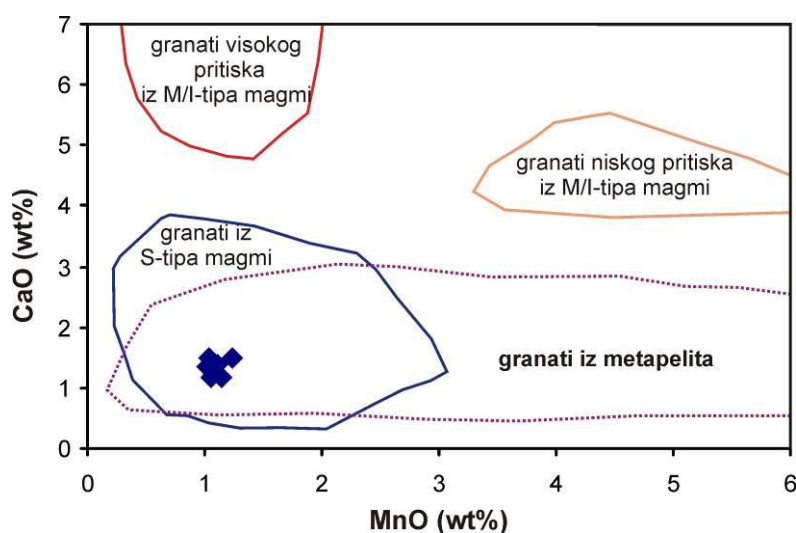


Figure 4. Position of the studied garnets from andesites from Čelebići at the CaO (wt.%) vs. MnO (wt.%) diagram.

Acknowledgment

This research has been supported by the Serbian Ministry of Science, Project No 176019. The authors are indebted to colleagues from the company “Mineco” for permission to publish a part of their research results. All investigations were conducted at the Department for mineralogy, crystallography, petrology and geochemistry of the Faculty of Mining and geology, University of Belgrade.

Reference

1. Bach, P., Smith, I. E. M. and Malpas, J. G., (2012): The Origin of Garnets in Andesitic Rocks from the Northland Arc, New Zealand, and their Implication for Sub-arc Processes. *Journal of petrology*, 53/6, 1169-1195.
2. Clemens, J. D. & Wall, V. J., (1984): Origin and evolution of a peraluminous silicic ignimbrite suite: The Violet Town Volcanics. *Contrib. Mineral. Petrol.*, 88, 354-371.
3. Ćirić, B., (1954): Neka zapažanja o dijabaz-rožnačkoj formaciji Dinarida. *Vesnik zavoda za geol. i geofiz. istr. SRS*, 31-88. Beograd.
4. Dimitrijević, M.D. i Dimitrijević, M. N., (1973): Olistostrome mélange in the Yugoslavien Dinarides and late Mesozoic plate tectonics. *The Journ. of Geology*, vol. 81, No.3, 328-340.
5. Djordjević, V. i Djordjević, P., (1967). Vulkaniti i tufno-tufitne stene u seriji trijaske starosti u centralnom i južnom delu Crne Gore. *Fond RGF*, Beograd.
6. Djordjević, P. i Knežević, V., (1972): Trijaske magmatske stene planine Ljubišnje (Crna Gora). *Geološki Anali Balkanskog poluostrva*, sv.2, 199-218, Beograd.
7. Green, T.H., (1977): Garnet in silicic liquids and its possible use as a PT indicator. *Contrib. Mineral. Petrol.* 65, 59–67.
8. Green, T. H., (1992): Experimental phase equilibrium studies of garnet-bearing I-type volcanics and high-level intrusives from Northland, New Zealand. *Earth and Environmental Science. Transactions of The Royal Society of Edinburgh* 83, 429–438.
9. Green, T.H., Ringwood, A.E., (1968): Origin of garnet phenocrysts in calc-alkaline rocks. *Contrib. Mineral. Petrol.* 18, 163–174.
10. Green, T.H., Ringwood, A.E., (1972): Crystallization of garnet-bearing rhyodacite under high-pressure hydrous conditions. *J. Geol. Soc. Aust.* 19, 203–212.
11. Harangi, S.Z., Downes, H., Kosa, L., Szabo, C.S., Thirwall, M.F., Mason, P.R.D., Matthey, D., (2001): Almandine garnet in calc-alkaline volcanic rocks of the northern Pannonian basin (Eastern–Central Europe): geochemistry, petrogenesis and geodynamic implications. *J. Petrol.* 42, 1813–1843.
12. Hensen, B.J., Green, D.H., (1973): Experimental study of the stability of cordierite and garnet in pelitic compositions at high pressures and temperatures. *Contrib. Mineral. Petrol.* 38, 151–166.
13. Karamata, S., (1974): Geološka evolucija našeg područja od trijasa do danas: značaj petroloških, sedimentoloških, geofizičkih i geohemijskih podataka za interpretaciju tektonske evolucije. *Jugoslovenski geološki kongres*, Bled.
14. Knežević, V., (1975): Trijaske magmatske stene Crne Gore. *Acta geol.*, VIII/8, prir. istr., 41, 107-147.
15. Lantai, C., (1991): Genesis of garnets from andesite of Karanca mountains. *Acta Geol. Hung.* 34, 133–154.
16. Lopez-Ruiz, J., Badiola, E. R. & Garcia, C. L. (1977): Origine des grenats des roches calco-alcalines du Sud-Est de l'Espagne. *Bulletin Volcanologique* 40, 141-152 (in French).
17. Obradović, J. i Joksimović, J., (1968/69): Pojava granata u kvarc-porfiru Limljana (Crna Gora). *Zbornik radova Rudarsko-geološkog fakulteta*, sv. 11-12, 81-89. Beograd.
18. Pabst, A., (1938): Garnets from vesicles in rhyolite near Ely, Nevada. *Am. Miner.*, v. 23, no. 2, p.101-104.
19. Pamić, J., (1968): Srednjotrijaski magmatizam u Dinaridima. I kol. *geol. Dinarida*, 117-185, Zagreb.
20. Pamić, J., (1974): Middle Triassic Spilite-Keratophyre Association of the Dinarides and Its Position in Alpine Magmatic-tectonic Cycle. In „Spilites and Spilitic Rocks“. Ed. By G.C. Amstutz. 161-174, Springer-Verlag -Berlin-Heidelberg-NewYork.

21. Stevens, G., Villaros, A., Moyen, J.-F., (2007): Selective peritectic garnet entrainment as the origin of geochemical diversity in S-type granites. *Geology* 35, 9–12.
22. Wood, C.P., (1974): Petrogenesis of garnet-bearing rhyolites from Canterbury, New Zealand. *N. Z. J. Geol. Geophys.* 17, 759–787.

BADENSKA FAUNA IZ VELIKOG IZVORA KOD ZAJEČARA (ISTOČNA SRBIJA, DAKIJSKI BASEN)

Dr Meri Ganić

Univerzitet u Beogradu, Rudarko-geološki fakultet, e-mail: meri.ganic@rgf.bg.ac.rs

Ključne reči: Baden, fauna, Dakijski basen, Veliki Izvor, istočna Srbija

Apstrakt

Badenski sedimenti Dakijskog basena u istočnoj Srbiji otkriveni su na više lokaliteta od Brze Palanke na severu do Vrške Čuke na jugu. Ovaj sedimentacioni prostor predstavljao je zapadni obod Dakijskog basena (istočni Paratetis). Badenski deponati su relativno retko otkriveni na površini terena i prekriveni mlađim, sarmatskim sedimentima. Konstatovani su u strmim uvalama, osecima i obalama potoka u okolini Urovice, Jabukovca, Štubika, Salaša, Rgotine, Nikoličeva, Jasenice, Braćeveca i Karbulova.

Jedan od paleontološki najinteresantnijih lokaliteta je selo Veliki Izvor kod Zaječara. Na ovom lokalitetu je otkriveno nekoliko profila izgrađenih od klastičnih sedimenata. U najnižim delovima profila otkriven je paket slojeva sastavljen od sitnozrnih konglomerata i grubozrnih peskova kod kojih su valutice dobro zaobljene i nepravilno raspoređene i krupnozrnih konglomerata sa dobro zaobljenim valuticama. Preko toga leži debeo paket slojeva ukupne debljine oko 8 m koji su izgrađeni od sitnozrnih konglomerata, grubozrnih peskova, srednjezrnih peskova i peskovitih alevrita, koji se naizmenično smenjuju.

Iz ovih peskova prikupljena je veoma bogata i dobro očuvana fauna koralna, (*Heliastrea*, *Favites*, *Favia*, *Stilopora*), skafopoda (*Dentalium*), bivalvija (*Pecten*, *Ostrea*, *Spondylus*, *Cardium*, *Lucina*), gastropoda (*Conus*, *Nassa*, *Clavatula*, *Turitella*), etc., kao i mikrofauna foraminifera i ostrakoda. Biostratigrafskom analizom makro i mikrofaune sa ovog lokaliteta utvrđena je gornje badenska starost.

Paleoekološkom analizom prikupljene asocijacije morske faune utvrđeno je da je ovaj sedimentacioni prostor vezan za plitke delove mora, gde je bila velika energija vode. Takođe je u peskovima česta pojava valjkastih tela formiranih od mestimično zaglinjenih proslojaka sa ostacima faune. Ovakva pojava u sedimentima ukazuje na oblasti plaža, gde postoji stalno kretanje talasa. Pojava većeg broja odlomaka koralna može ukazivati da je tokom badenskog veka u blizini postojao i veći koralni sprud, mada to do sada nije utvrđeno.

THE BADENIAN FAUNA OF VELIKI IZVOR NEAR ZAJEČAR (EASTERN SERBIA, DACIAN BASIN)

PhD Meri Ganić

University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, e-mail: meri.ganic@rgf.bg.ac.rs

Key words: the Badenian, fauna, Dacian Basin, Veliki Izvor, Eastern Serbia

Abstract

The Badenian sediments in Dacian Basin (Eastern Serbia) were discovered in several locations from Brza Palanka in the north to Vrška Čuka in the south. The accommodation space was settled in the western rim of the Dacian Basin (Eastern Paratethys). The Badenian deposits are relatively rarely found as outcrops and usually are covered with younger Sarmatian sediments. There were found in incised valleys, scarps and the creek banks around: Urovica, Jabukovac, Štubik, Salaš, Rgotina, Nikoličevo, Jasenica, Braćevci and Karbulovo villages.

One of the most interesting paleontological sites is the village Veliki Izvor near Zaječar at which there are several sections with siliciclastic sediments. The package of fine-grained conglomerates and coarse-grained sands with well-rounded, irregularly distributed particles and well-rounded coarse-grained conglomerates are found in the lowest section part. This package is covered with thick, around 8 meters total, package of fine-grained conglomerates, coarse and medium-grained sands and sandy silts in alternation.

There is very rich and well-preserved fauna of corals (*Heliastrea*, *Favites*, *Favia*, *Stilopora*), scaphopods (*Dentalium*), bivalves (*Pecten*, *Ostrea*, *Spondylus*, *Cardium*, *Lucina*), gastropods (*Conus*, *Nassa*, *Clavatula*, *Turitella*), as well as foraminifera and ostracode microfauna. Micro and macrofauna biostratigraphy analysis from this site determined the Upper Badenian age of this sediments.

Paleoecological analysis of collected marine fauna association connect this accommodation space to area of shallow water sea with high water energy. Also, there are frequent occurrence of cylindrical bodies formed from sporadically clayey interlayers with fauna remains. These phenomena in the sediments indicate the area of beaches, with constant wave movement. The appearance of large number of coral fragments may indicate the presence of larger coral reef in vicinity during Badenian, although so far this is not confirmed.

ПРИРОДНИ ЗЕОЛОТИ, НАЧИН ПОЈАВЉИВАЊА И МОГУЋНОСТ ПОЈАВА НА ТЕРЕНИМА СЈЕВЕРОИСТОЧНЕ БОСНЕ

NATURAL ZEOLITE, METHOD OF NAVIGATION AND POSSIBILITY ON THE TERRITORIES OF NORTH-EASTERN BOSNIA

М.Тодоровић¹, Р.Бјелановић², Г.Симић³, Б.Голић⁴

АД,,БОКСИТ,,^{1,2,3,4} - Милићи, Република Српска БиХ

Кључне ријечи: минерални ресурс, геолошка истраживања, зеолитски минерали, могућност примјене

Key words: mineral resource, geological exploration, zeolite minerals, possibility of application

Rezime

У раду је дат преглед о минералном ресурсу зеолита, начину појављивања и могућност појава који су пројектоване са намјером истраживања базе геолошке информације као основа за развој рудника. Ова геолошка информација има ток истраживања да би се обезбиједио што већи степен сазнања о минералном ресурсу.

Зеолити као стијене које су носиоци зеолитских минерала, представљају минерални ресурс који у новије вријеме има све већи значај.

Данас се о зеолитима много више пише, истражује и тражи могућност примјене, као замјена за синтетичке зеолите. Свјетски планови везани за будућност експлоатације зеолита крећу се око 10% годишње. Значајна заступљеност у свијету, а посебно у источној Европи, су интересантне појаве у Републици Српској и дају оправданост нових истраживања.

Потенцијално подручје за истраживање значајног присуства зеолитских туфова и минерала зеолита су у околина Милића и Сребренице. Идеја свега је развијање модела архивирања геолошких података као информације која нам треба предочити колика је њена важност и колико утиче на ефикасност и будућност развоја компаније.

Abstract

The paper presents an overview of the mineral resource of zeolite, the way of occurrence and the possibility of phenomena that have been designed with the intention of exploring the base of geological information as the basis for the development of the mines. This geological information has a course of research in order to provide as much knowledge about the mineral resource as possible.

Zeolites like rocks that carry the zeolite minerals represent a mineral resource that has become increasingly important in recent times.

Today, zeolites are much more written, explored and sought for the application, as a substitute for synthetic zeolites. World plans related to the future of zeolite exploitation are around 10% per year. Significant representation in the world, and especially in Eastern Europe, are interesting phenomena in the Republic of Srpska and give justification for new research.

Potential area for research of the significant presence of zeolite tuffs and zeolites are in the vicinity of Milić and Srebrenica. The idea behind everything is to develop a model of archiving geological data as information that we need to show how important it is and how much it affects the efficiency and future of the company's development.

1. Увод

Годинама су научници покушавали да замене природне материјале у лабораторијама, и често су такве синтетичке верзије прошле тржиште за супстанце на којима су се заснивале, али у случају групе кристалних минерала који се зову зеолити, вештачки производи се отварају на тржиштима.

Тако се синтетички зеолитички аналози у свету користе у различитим облицима, а тек недавно, како у свету тако иу нашој земљи, природни зеолити се истражују као природне минералне сировине.

Тако је у нашој земљи, Република почела са производњом скувих вештачких зеолита (фабрика "Бирач" у Зворнику) са применом у индустрији детерџената, како би касније почела да истражује природне зеолите.

Због специфичног начина појављивања, зеолити који представљају депозит откривени су у свијету тек 1960-их година, а од тада истраживања овог типа минералних сировина добијају на замаху.

Програмом геолошких истраживања у нашој републици, одвојена подручја су интересантна и перспективна са аспекта истраживања природних зеолита.

Различите теорије о формирању и припадању зеолитским минералима присутне су више од 100 година. Да ли су они алумосиликати са или без садржаја воде, или други елементи које неки зеолитским минерали деле на неколико серија према доминантним елементима. Уобичајено је да зеолити спадају у ретке природне минерале композиције алуминијум силиката и вулканског порекла.

Природни зеолити су врста кристалних минерала који су способни да апсорбују различите врсте гасова, влаге, петрохемијских производа, тешких метала, радиоактивних елемената ниског нивоа и разних решења. Зеолитни канали имају велике површине у којима се може одвијати хемијска реакција. Шупљине и канали унутар кристала могу заузети до 50% њиховог волумена.

У Републици Српској су сада познати зеолитни минерали, као што су клиноптилолит, ломонтит, аналцим, стилбит, томсонит, сколецит и хабазит, од којих су прва три више представљени. Потенцијално подручје за истраживање значајнијег присуства зеолитских мочвара и њиховог окружења је окружење Милића и Сребренице.

2. Минералоски састав носиоца зеолита

На нашој територији у посљедњих десет година откривен је велики број зеолитних минералних врста као новооткривених минерала у БиХ. Налази су засновани искључиво на научно-истраживачкој основи и имали су за циљ само њихово утврђивање. Приликом петролошког испитивања стијенског материјала, приликом припреме Основне геолошке карте, извађене су мање масе пелитоморфних туфова на подручју Каменице, југозападно од Зворника и Дубнице код Милића, чија је рендгенска анализа показала висок садржај неких минерала из групе зеолита. Тако су **носиоци зеолита** у овом подручју

дацитоандезитски пирокластити, неуједначених текстурно-структурних карактеристика и састава.

Споменути вулкански кристал - кластити воде потичу из терцијарно-миоценског дацита и стијена вулканског подручја Сребренице и имају пелитску до псамитску структуру (М. Ранковић). У њихов састав улазе кристалокласти интермедијалних плагиокласа, љуспе биотита, серицита и илита.

Акцесорни су циркон, апатит, магнетит и др. Према истраживањима пирокластичног стене, они често садрже вулканско стакло које га је девитрифицирало разним минералима, а између осталог и минерале зеолитне групе који су од посебног интереса за нас.

Испитивање зеолитних туфова у пределу Мегара код Милића откривено је анализом, у подручју Зворника клиноптилолит, морденит и анализам, док се клиноптилолит јавља у региону Калиновик у тријаским пирокластитима.

-Аналцинолити - на подручју Тузле откривени су аналцолиолити - седиментне стијене, а у Бањалуци, Козари и на Вишеградском пољу откривени су анализом и ломонтит у виду жица.

Поред поменутих зеолитних минерала из групе пирокластита, клиноптилолита, норденита и анализам у Босни су откривени и други минерали. Најзаступљенији је ломонтит, затим стилбит, томсонит, сколецит, мезолит, шабазит и др.

-Клиноптилолит $(Ca_2Na_2K_2) O_xAl_2O_3x \cdot 10 SiO_2x \cdot 7 H_2O$ - је откривен у пирокластичним стијенама бистричке ефузивне масе, подручја Калиновика. Карактеристичне рендгенскодифракционе вредности су: 9,11 Å ; 7,98 Å; 9,96 Å ; (Ђорђевић 1979). Испитивања се поклапају са добијеним резултатима за овај минерал који је откривен у терцијарним пирокластитима из подручја Зворника (Ђорђевић - Стојановић, 1979) те у подручју Тјентишта (Обрадовић, 1979-80). Клиноптилолити су везани за дијагнетске промјене вулканских седимента у сланим језерима и морским акумулацијама, укључујући пелагичне и силикатне глине у седиментима дубоког мора. Такође везани су и за шупљине вулканских стијена са композитиом од базалта до риолита . Ове врсте имају високи садржај Si/Al, већи од 4,0. Клиноптилолите-K је најраспрострањенији, због доминантности у дубокој морској средини. Постоји много појава у риолитских туфовим из земаљске и морске средине. Клиноптилолит-Na и клиноптилолит-Ca јављају се у широком распону окружења, укључујући дијагнетску замјену риолитичких вулканичких стијена, активних хидротермалних система, пукотина и шупљина у вулканским стијенама. Mg се појављује у готово свим клиноптилолитима, у проценту већем од 1%. Fe је присутно као Fe³⁺, као i Sr i Ba. Минерали клиноптилолитске серије појављују се у различитим нискотемпературним условима, као резултат промјена вулканских стијена и пирокластичног материјала . Ова промјена догађа се као реакција између вулканског стакла и растопљених стијена током дијагенезе. Састав зеолита зависи од састава стакла и растопљене масе. Минерали клиноптилолита обично замјењују високе силиконске стијене, оне у распону од андезита до риолита. Минерали серије клиноптилолите су далеко најчешћи зеолити. Ови минерали се појављују у стијенама и седиментима који се формирају у широко различитим окружењима, што укључује дубоке морске седименте, континенталне акумулације у дебелим сливовима базена, плитким језерима, те у неким дијеловима тока лаве.

У Републици Српској клиноптилолите је откривен у пирокластичним стијенама бистричке ефузивне масе, подручја Калиновика. Карактеристичне рендгенско-дифракционе вредности су: 9,11 А0 ; 7,98 А0; 9,96 А0. Испитивања се поклапају са добијеним резултатима за овај минерал који је откривен у терцијарним пирокластитима из подручја Зворника [7], те у подручју Тјентишта [8].

-**Аналцим** ($\text{Na}_2 \text{Al}_2 \text{Si}_4 \text{O}_{12} \times 2\text{H}_2\text{O}$) је зеолит који се појављује у шупљинама различитих вулканских стијена, често као резултат примарне фазе у неким од њих. Обзиром да је дијагенетски минерал замјењује различите материјале у отвореним и затвореним хидролошким системима, везаним за јако алкалне воде и хидротермалне зона ниске температуре.

Претходна истраживања су утврђена у тријаским ефузивима као пукотински минерал на Козари. Појављује се и као метасоматски минерал у магматским стијенама настао на рачун базичних плагиокласа (Дјорђевић 1975, 1979, 1980). У Тољевицима код Милића и Каменици код Зворника, јавља се у вулканокристалокластичним туфима (Ђорђевић, Стојановић 1979-80). Када се појављује у облику жице, дебљина истог не прелази 10 мм. У континенталним акумулацијама вулканских седимента и стијена аналцим је резултат промјена у различитим врстама седимента и тла у затвореним или отвореним базенима. Аналцим замјењује рани обликовани клиноптилолит у морском, андезитском вулканском седиментном комплексу који настаје у условима бурних метаморфних промјена [1]. Зеолити су међу аутентичним минералима који имају својства да кристалишу у затвореним базенима са сувим климама и високом концентрацијом соли. При томе долази до замјене витричног туфа који је настао у језерским седиментима. Аналцим у овим језерским седиментима обично замјењује раније формиране зеолите, као што су клиноптилолит и пхилипсите, али такође могу директно замијенити стакло [2]. Такође доста је распрострањен зеолит у многим различитим врстама средина, гдје су шупљине испуњене базалтним стијенама и поријеклом из јако алкалних вода. У неким стијенама веома је мало заступљен, али као такав представља примарни зеолитски минерал у вулканским седиментима захваћеним метаморфизмом или хидротермалним промјенама [3]. Аналцим је сличан леуциту, поллуциту и амониолеуцит, али не садржи веће присуство Са, К, Cs и NH_4 , карактеристично за наведене елементе, већ се ови елементи веома ријетко појављују. Аналцима који настају замјеном леуцита обично имају високу К.

Досадашњим истраживањима у Републици Српској аналцим је дефинисан у тријаским ефузивима као пукотински минерал на Козари. Појављује се и као метасоматски минерал у магматским стенама настао на од базични плагиокласа [5,6]. У Тољевицима код Милића и Каменици код Зворника јавља се у вулканокристалокластичним туфовима [49]. Када се јавља у виду жица дебљина истих не прелази 10 мм.

- **Ломонтит** ($\text{CaAl}_2\text{SiO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$) има карактеристичну сњежно бијелу боју. Појављује се у тријаским ефузивима као напукли минерал (прожилак 3-4 цм). Често је трошан и некад долази у асоцијацији са кварцом и калцитом. Рендгенском дифракцијом у ломонтиту (Калиновик - Бистница), утврђене су карактеристичне рефлексије од 9,68 А0; 6,98 А0 ; 3,66 А0 ; (Ђорђевић, 1979). Сем у дијабазним стијенама Калиновика, овај минерал откривен је у подручју Трнова (Делијаш), те у дијабазима Тјентишта (Хрчавка) и на

других педесетак локалности унутар јурске вулканогено- седиментне формације Босне (Ђорђевић 1980) .

Састав мало одступа од формуле $Ca_4(H_2O)_{18}[Al_8Si_{16}O_{48}]$ и Si, Al садржају. Већина анализа показују мале количине Na и K, док је Mg и Sr замјена за Ca мања. Ријетко Fe^{3+} замјењује тетраедрал Al, дајући кристалима наранчасту боју. Међутим, црвена боја неких кристала лаumontита вјеројатно је резултат хематитних инклузија. Ломонтити карактерише већи садржај воде, али дјеломично дехидрира у ваздух с ниском влагом. Већина ломонтита се јавља као продукт промјена стијена које имају доминантну плагиокласну и/или базалну стаклену компоненту изложена благо повишеним температурама од 50° до 250°C у присутности воде. Такве стијене укључују пјешчаре изворних терена, базалтни лава токова, гранодиорита и гранодиоритини гнајсева. Неки лаumontити појављују се као замјена ранијих калцијевих зеолита, попут хеуландита и стилбита.

Реакција између вулканске компоненте и разних врста седимената са водом може произвести аутентичне зеолитне минерале. У дебелој акумулацији вулканског седимента, ломонтит је уобичајени производ промјена дубоко у секцији. Ломонтит замјењује рани обликовани хојландит који је повезан са албитираним плагиокласом у андеситском вулканском седименту створених басена, који остају у условима метаморфних промјена.

Зеолитски минерали су производ дијагенезе и ране фазе метаморфизма вулканских седиментних стијена. Са дубином се појављују промјене у минералима због температуре и пораста притиска усљед дјеловања метаморфизма [4]. Ломонтит је типично повезан с албитима, калцитима, хлоритима, кварцитима и глиновитим минералима у скупинама зеолитских фација, који се јављају у многим подручјима вулканогене акумулације седимента.

Ломонтит у Републици Српској има карактеристичну снежно бјелу боју. Јавља се у тријаским ефузивима као пукотински минерал, 3-4 cm. Често је трошан и некад долази у асоцијацији са кварцом и калцитом. Рендгенском дифракциојом у ломонтиту Калиновиц - Бистница, утврђене су карактеристичне рефлексије од 9,68 Å; 6,98 Å ; 3,66 Å ; [8]. Осим у дијабазним стијенама Калиновика, овај минерал откривен је у подручју Трнова (Делијаш), те у дијабазима Тјентишта (Хрчавка) и на других педесетак локалности унутар јурске вулканогено- седиментне формације Босне [8].

2.1 Начин појављивања и могућност појава и лежишта у сјеверо-источној Босни

На до сада констатованим појавама зеолита може се закључити да се они јављају углавном на два начина, у облику жица и жилица и у виду слојева, или у слојевитим пирокластичним туфовима када их називамо Литопорити.

Жичани зеолити - економски мање интересантни представљени су ломонтитом, аналцимом, стилбитом, затим долазе томсонит, сколецит, шабазит и други. Појављују се у Козари, Вишеграду и многим другим мјестима.

Зеолитизирани туфови - литопорити који су констатовани у пределу Каменице код Новог Села, југозападно од Зворника и Тољевића код Милића јављају се у слојевима који су настали таложењем за вријеме терцијарне дацито-андезитске вулканске активности.

Моћност ових слојева, само дјелимично еродованих, није поуздано утврђена и вјероватно износи неколико метара.

Каменички туфови - литопорити су клиноптилолитизирани док се у подини истих налази туф са аналцимом (Стојановић, 1968 ; Ђорђевић-Стојановић, 1971). Испитивани туф има белу боју, мјестимично показује свјетложуте траке од хидроксида гвожђа. Текстура стене је масивна, високопорозна. У стени се ријетко могу голим оком распознати ситне љуспе биотита. Запреминска маса је 1,42 g/cm³. Највише сличности показују са литопоритом Златокопа код Враћа (Стојановић, 1968).

У препаратима туфа је утврђено да је основа добрим дијелом замућена и изотропна, крипнокристаласта - зеолитизирана, у којој се запажају неправилна ситна зрна кварца. Такође су заступљени кристалокласти кварца, ламеларно грађеног интермедијалног плагиокласа и љуспе биотита, величине 0,2-0,3 мм.

Мјестимично уз биотит дошло је до издвајања гвожђевите супстанце, која је разастрита по основи или се јавља у таниким пукотинама. Ријетко се као уклопак у биотиту запажа циркон у облику ситних, неправилних призми. Клиноптилолит изградњује основу стене, показује мањи индекс преламања од канадабалзама. Настао је девитрификацијом вулканског стакла.

Рендгенским испитивањима у туфу каменице у подређеном односу утврђен је и зеолитморденит. Садржај зеолита у туфу Каменице креће се око 70%. Ради упоредбе урађене су хемијске анализе зеолитизираниог туфа-литопорита и андезита. Добијени резултати указују да стене припадају кварцдиоритској (тоналитској) магми.

Резултати хемијских анализа и Ниглијеве вриједности испитиваног узорка из Каменице дати су у табели:

1. Клиноптилолитизирани туф из Каменице (анол. Т. Раца)

2. Пироксен-биотитски андезит из Гостиља (Дјорђевић, 1968).

	1	2	
SiO ₂	61,56	58,18	
TiO ₂	0,42	0,59	
Al ₂ O ₃	12,38	18,41	Ниглијеве вредности(анализа)
Fe ₂ O ₃	2,98	0,27	Al - 180
FeO	0,15	4,04	Fm - 180
MnO	0,02	0,08	
MgO	2,81	3,15	C - 111
CaO	4,46	6,18	Alk- 78
Na ₂ O	0,38	2,30	
K ₂ O	1,01	3,18	Si - 969
H ₂ O	13,88	2,07	
H ₂ O	5,52	1,48	Al - m - c - alk = 509
P ₂ O ₅	0,18	0,38	
Укупно	100,31	100,26	Магма: кварцдиоритска

Осим макроелемената, добијених хемијском анализом у клиноптилолитизираниом туфу, спектрохемијском анализом утврђено је и присуство микроелемената у ppm: Cu 2; Sp 170 ; V 35 ; Cr 5 ; Ti 130 (Аналитичар В.Симић).

У подини клиноптилолитизираниог туфа Каменице налази се туф са аналцимом. Текстура ове стене је масивна, а структура псамитска. Изграђена је од кристалокласта

интермедијалног плагиокласа, биотита, кварца и сасвим подређено аналцима. Начин појављивања је сличан са туфовима који се налазе у појединим дијеловима Србије (Стојановић 1968).

У септембру 2005. године екипа у саставу Д.Ђорђевић, М.Тодоровић, обишла је и извршила проспекцију на терену Тољевића и Вуковића у општини Милћи. Подручје Тољевића налази се југоисточно од Милића, и у мјесту Дервента повезано је сеоским путем са путем Милићи - Рудник.

Извршена је проспекција ширег подручја Тољевића и констатовано распрострањење вулканокристалокластичних туфова. Изданци танкослојевитих сиви пелитских туфова као потенцијалних носиоца зеолита констатовани су на подручју званом Кик (Дукићи-ВидовићиКандићи). Нешто крупнозрнији туфови простиру се од Кандића преко Рогача до Боровца, Бијелих Стена и подручја Копривна.Претпоставља се да су крупнозрни туфови аналицимизирани са до сада непознатом примјесом.

Екипа у истом саставу обишла је и извршила проспекцију на подручју Вуковића, Рајића и Рашковића.

На путу Рајићи-Мегара испод хумусног покривача откривен је изданак пелитског туфа у слоју моћности 3-4 метра који се може пратити на дужини од око 50 м. На брду званом Мегара констатовани су чврсти зелерикасти вулканокристалокластични туфови, које мјештани користе у градјевинске сврхе као материјал за зидање. Сасвим подређено у кровини ових јављају се сиви пелитски туфови.Исто тако, у селу Јовићи, мјесту званом Градина откривени су изданци сиво-зеленкастог ситнозрног туфа којег мјештани ваде у комадима и блоковима, те уз врло малу обраду користе за зидање. На путу Д.Мост - Рашковићи, у мјесту Рељићи откривени су бијели и сиво- жути ситнозрни туфови у слоју моћности 1,5 метара на дужини око 30 м. Хемијске анализе, микроскопска испитивања и рендгенска дифракција потврдиће или демантовати присуство зеолитских минерала у туфовима Милића. На основу добивених резултата донијети ће се одлука о евентуалном даљем истраживању зеолита и то по програму регионалног и детаљног истраживања минералних сировина на подручју сјевероисточне Босне за период 2016-2020.

2.2 Примена зеолита – литопорита

Практична употребљивост зеолитских сировина одређује се према особинама:

- термостабилности, на основу које се одређује дехидратација зеолита без промене кристалне структуре,
- парној термостабилности, у случају примене као катализатора или опсорбента,
- стабилности у агресивним срединама које имају велики значај за адсорпционо чишћење раствора и гасних смеша киселе и базичне природе,
- задовољавајућој механичкој чврстоћи, ради добијања зрна одређеног облика и величине.

Наведене особине одређују способност регенерације зеолита при употреби као апсорбента, катализатора, јонског измјењивача и др. Поред задовољавајуће минералне чистоће, за практичну примену зеолитских сировина су од значаја и распрострањеност, залијегање и услови експлоатације (Џицишвили ет. ал, 1977).О употреби зеолита у индустрији доста је писао Мумптон (1973, 1875) , Санд и Мунптон (1978).

О могућностима употребе зеолита за производњу експандираног, изолационог, порозног и градјевинског материјала код нас у земљи писао је Д.Стојановић 1968, 1969 и 1976. године. Исти аутор заједно са Остојићем 1977 године пише о зеолитима као носачима пестицида, Видове примене зеолитских сировина Мумптон је систематизовао у области пречишћавања (радиоактивних отпадних вода, димних гасова богатих CO₂, уља и нафте, природног гаса),затим за вјештачка ђубрива, као додаток сточној храни, у производњи хартије, детерџената, пасте за зубе и др.

Дакле, литопорити се могу користити:

- за пречишћавање радиоактивних отпадака .Клиноптилолит из концентрованих раствора, одстрањује Cs¹³⁷ , Ti²⁰⁴ , As¹¹⁰, Sp⁹⁰ ,Co 60,Ca⁴⁵,Cr 51у количини од 94-98%. Отклањање отпадака из нуклеарних постројења врши се у САД од 1959. године, а то су прихватиле и друге земље.

- за пречишћавање загађених вода .

Клиноптилолит је високоселективан за амонијумски јон NH₄, који је отрован за рибе, па се успешно одстрањује из канализационих вода.

- Пречишћавање отпадних вода је почело у САД 1969. године а нешто касније и у Јапану. У Југославији су пуштени у рад успешни пречистачи вода из кланице у Белановици код Љига и у Бујановцу, са уградјеним литопоритом "Z".

- у чврстим ђубривима клиноптилолит повећава њихову вредност а у исто вријеме азот остаје сачуван,

- за пречишћавање димних гасова. Сагорјевањем уља и угљева настају димни гасови богати са Co₂ . Концентрисање помоћу зеолита може да буде економично и за NO_x, CO₂ и различите угљеводонике. Нарочити значај имају зеолити и за високотемпературне услове димног система-за пречишћавање уља . Пречишћавање уља сорпцијом уљних нечистоћа помоћу зеолита врши се од 1974. године,за киселе средине са ниским рН-за производњу кисеоника.

На принципу селективне адсорпције азота, зеолити обогаћују ваздух кисеоником, дајући производ са 90-95% . Мали уређаји се користе у ресторанима, у акваријумима и сл, за индустрију детерџената гдје замјењују неке од фосфата. У нашој земљи творница глинице "Бирач" у Зворнику у свом кругу има фабрику вјештачки зеолита и своје производе продаје творници детерџената "ДИТА" у Тузли.

- за производњу експандираног материјала (Д. Стојановић, 1968)

- за производњу хидросиликата (Д.Стојановић, 1976 и 1980)

- као подлога за успешнији раст биљака

- као додаток сточној храни.Сматра се да је овај вид примене од нарочитог значаја за наше прилике, због постројења великог броја фарми.

Литопорит у колични 1-2 или- 5-10% у храни домаћих животиња постиже следеће ефекте:

- побољшава здравствено стање животиња,

- постиже већи допринос у маси животиња,

- штеди се органска храна и

- побољшава човекова околина (деодорант).

И поред наведених видова примене литопорита још увијек не знамо колико су они заправо моћни. У свијету се чине стални покушаји у изналажењу нових примена у индустрији ове значајне неметаличне минералне сировине.

Већина истраживања и испитивања везана за ову минералну сировину прекривена су велом тајне, јер за претпоставити је да ће материјалне и друге користи настале евентуалноммасовном производњом литопорита бити огромне.

Закључак

На основу резултата истраживања може се закључити да овај рад даје све релевантне показатеље из домена геолошких истраживања и њихових ефеката. Обухваћени су и представљени сви претходно познати минерали зеолитно-рудних лежишта и важнији феномени на подручју сјевероисточне Босне. Као резултат интензивних геолошких истраживања, спроведених у двадесетом и почетком овог века, откривена су и дефинисане рудоносне формације за које је везана минерална сировина зеолит.

Минерални потенцијал Милића је одличан. Велики расположиви, истражени ресурси и добра перспектива за потенцијално минерално богатство. Највећи дио минералних сировина забиљежених на том подручју, а које нису сврстане у лежишта, оцијењен је као перспективан за даљње геолошко истраживање одређених геолошких формација и зона тог подручја. Енергетски потенцијали стављају Милиће у један од богатих региона у Републици Српској.

Приказан је степен истраживања, хронолошка, стратиграфска суперпозиција за ову минералну сировину. Зеолити се широко користе у различитим областима од којих су најважнији у пољопривреди, третману воде, ветеринарским сортама као разним адитивима у исхрани животиња, фармацеутској индустрији, прехранбеној индустрији у циљу побољшања квалитета исхране људи, изградње, нуклеарних постројења за уклањање радионуклида из воде, и времена у развоју нанотехнологије. Предности природних зеолита над синтетичким у свим областима употребе су због њихове широке дистрибуције у природи и економски повољније, затим високе ефикасности уклањања загађивача из воде у јонским изменама и / или процесима адсорпције, високе ефикасности уклањања и они метала из отпадних вода и водоводних система. Размена катиона Na, K, Ca и Mg нису токсични. Такође је веома лако водити рачуна о зеолитним засићеним тешким металима након јонске измене, што им даје могућност употребе као додаток цементним композитима, бетону и другим материјалима у изградњи путева. Они су такође ефикасни у уклањању штетних аниона као што су арсенати, након модификације површине природних зеолита.

Налази и испитивања у овом раду говоре нам да су истраживања, планирање и програмирање од велике важности као информације које би довеле до даљњих истраживања како би се што више искористило што је могуће више минералних сировина. Коначно, понуђени начин рада СИСТЕМА УПРАВЉАЊА ГЕОЛОШКА ИНФОРМАЦИЈАМА, који ће бити нека врста експеримента, који се, када се испостави да је оправдан, има своју апсолутну перспективу и своју способност примјене у другим локалитетима.

Литература

- [1] **Colella, C. (2007).** Natural zeolites and environment. *Ин: Čejka, J., van Bekkum, H., Corma, A. and Schueth, F. (eds.) Introduction to Zeolite Science and Practice. 3rd Revised Edition, Studies in Surface Science and Catalysis No. 168, Elsevier, Amsterdam, pp. 999-1035.*
- [2] **Boles, J.R. and Coombs, D.S. (1975).** Mineral reactions in zeolitic Triassic tuff, Hokonui Hills, New Zealand. *Geol. Soc. Amer., Bull. 86, pp. 163-173.*
- [3] **Broxton, D.E., Bish, D.L., and Warren, R.G. (1987).** Distribution and chemistry of diagenetic minerals at Yucca Mountain, Nye County, Nevada. *Clays and Clay Miner. 35, pp. 89-110.*
- [4] **Utada, M. (2001).** Zeolites in burial diagenesis and low-grade metamorphic rocks. *Ин Bish, D.L. and Ming, D.W. (eds.) Natural Zeolites: Occurrence, Properties, Applications, Reviews in Mineral. and Geochem., Miner. Soc. Am. 45, pp. 277-304.*
- [5] **Đorđević, D., Stojanović, D. (1974).** Analcin, lomontit, natrolit i borni mineral datolit iz dijabaznih stijena u području Banja Luke. *Glasnik Prirodnjačkog Muzeja Beograd.*
- [6] **Živaljević, T. 1976;** Konačni izvještaj o regionalnom geološkom istraživanju u području Podrinja za 1975 godinu (tufovi Vlasenice). *FSD «Geoinstituta» Sarajevo.*
- [7] **Đorđević, D., Stojanović, D. (1979).** Klinoptilolitizirani tuf iz Kamenice kod Zvornika (Bosna).
- [8] **Đorđević, D. (1976).** Rezultati ispitivanja žičnih zeolita – analiza i lomontit iz područj Višegrada.

Ђорђевић Д. 1976; Резултати испитивања жичних зеолита – анализа и ломонтит из подручја Вишеграда. *Глас. Природ. Музеја, Београд,*

Ђорђевић Д. 1979; Минерализација датолита, амфиболског азбеста и зеолита у тријаским магматима Босне и Херцеговине. *Геол. гласник, Сарајево,*

Ђорђевић Д. 1976; Извјештај о регионалним геолошким истраживањима природних зеолита у подручју Власенице за 1985. годину. *ФСД «Геоинститут» Сарајево.*

Ђорђевић Д. Стојановић Д. 1974, аналцин, ломонтит, натролит и борни минерал датолит из дијабазних стјена у подручју Бања Луке. *Глас. Природ. Музеја Београд.*

Ђорђевић Д. Стојановић д. 1979 клиноптилолитизирани туф из Каменице код Зворника (Босна).

Матуас Е. 1985; Тхе нок металиц минерал роуматериала оф тхе Токау... *Ворд Конгресс, Белграде.*

Муптон. Ф.А., 1960; Клиноптилолите редефинед. *Ам. Минерал.*

Живаљевић Т. 1976; Коначни извјештај о регионалном геолошком истраживању у подручју Подриња за 1975 годину (туфови Власенице). *ФСД «Геоинститута» Сарајево.*

Трубеља Ф. Барић Љ 1979; Минерални Босне и Херцеговине. *Књ. и – силикати Сарајево.*

MINERALOŠKE I PETROLOŠKE KARAKTERISTIKE BIGRENE AKUMULACIJE „BELI IZVORAC“ KOD MAJDANPEKA (ISTOČNA SRBIJA)

MSc Natalija Batočanin^{1*}, dr Ivana Carević¹, dr Violeta Gajić²

¹Univerzitet u Beogradu, Geografski fakultet, Studentski trg 3, 11000 Beograd, Srbija;

²Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Djušina 7, 11000 Beograd, Srbija

*natalijabatocanin@yahoo.com- koresponding autor

Ključne reči: Beli Izvorac, bigar, istočna Srbija

Sažetak

Spomenik prirode „Bigrena akumulacija Beli Izvorac“ se nalazi na istoimenoj reci nedaleko od Majdanpeka u istočnoj Srbiji (slika 1). Lokalitet je poznat po akumulaciji bigra, nataloženog ispod vrela koje izbija iz kratke pećine na 320 m n.v. Izvorište reke je smešteno u podnožju krečnjačke litice Malog krša na oko 3 km od sela Blizna.

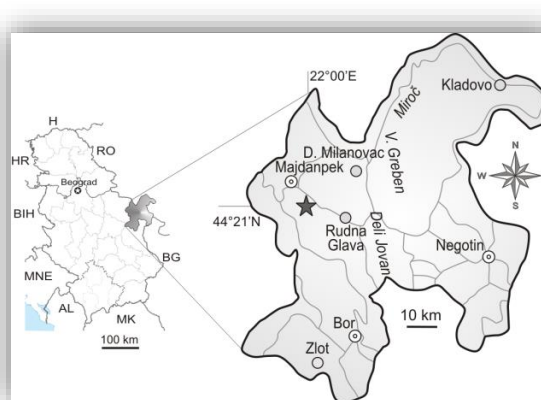
Beli Izvorac predstavlja desnu pritoku Šaške reke, ukupne dužine 1.24 km i površine sliva 0.88 km² koji se nalazi izvan granica NP Djerdap. Na malom prostoru od oko 205 m² nalazi se veliki vodopad visine 16 m, a nizvodno od vodopada brojne pregrade od bigra, iza kojih su obrazovana jezera u bigrenim kadicama prečnika do 10 m i dubine 2-3 m. Ispod vodopada, poniranjem vode kroz bigar, obrazovan je pećinski kanal dug 13 m i širok 4 m, otvoren sa obe strane. Pretaložavanjem bigra u pećini su obrazovani salivi i stalaktiti. Preko pregrada potok se sliva u vidu slapova i manjih vodopada, među kojima su dva visoka 5 m. Na osnovu geomorfoloških vrednosti kao objekta površinskog kraškog reljefa, ovaj lokalitet proglašen je Spomenikom prirode i uvršten u Inventar objekata geonasledja Srbije. U dolini Belog Izvorca postoje dve akumulacije bigra različite starosti, taložene jedna preko druge. Prema literaturnim podacima, od svih bigrenih akumulacija u Srbiji, Beli Izvorac ima najveći pad, delom je to razlog zašto je na ovoj lokaciji obaranje bigra najintenzivnije. Na intenzitet taloženja u slučaju Belog Izvorca, uprkos generalnom mišljenju da je taloženje intenzivnije sa povećanjem temperature, temperatura nije imala veliki uticaj. Najveću ulogu u stvaranju bigra, generalno ima koncentracija slobodnog CO₂. Bitan faktor je i visoka mineralizacija vode, kao i pH vrednost iste (minimalno 7,6).

U blizini akumulacije postoji više kaverni i pećina koje nisu uređene za posetioce, od kojih su najpoznatije Kozja i Mala pećina, kao i greben Malog Krša i atraktivni vrh i vidikovac Straža. U blizini je i lokalitet Valja Prerast.

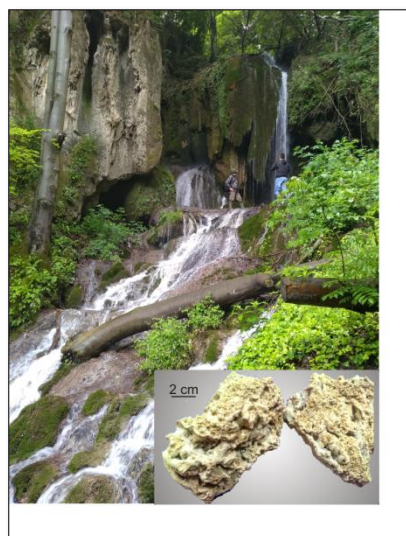
Kao i većina kontinentalnih karbonata na teritoriji Srbije, Beli izvorac je kvartarne, preciznije holocenske starosti.

Za potrebe ovog rada primenjena su terenska i laboratorijska ispitivanja. Terenska ispitivanja obuhvatila su prikupljanje uzoraka sa najviših delova bigrene akumulacije (slika 2), zbog nepristupačnosti nižih delova. Uzeto je pet uzoraka, od kojih su tri odabrana za dalja laboratorijska ispitivanja. Sva ispitivanja obavljena su na Departmanu za mineralogiju, kristalografiju, petrologiju i geohemiju Rudarsko-geološkog fakulteta, Univerziteta u Beogradu.

Od laboratorijskih ispitivanja rađena su najpre optička ispitivanja na polarizacionom mikroskopu Leica DMLSP, koji je povezan sa kamerom Leica DFC290 HD preko programa LAS V4.1. U cilju detaljnijih podataka o prisutnim mineralnim fazama, u laboratoriji za skenirajuću elektronsku mikroskopiju urađene su SEM-EDS (Scanning Electron Microscopy with Energy Dispersive Spectroscopy) analize korišćenjem elektronskog mikroskopa tipa JEOL JSM-6610LV koji je povezan sa energo-disperzionim spektrometrom tipa X – Max Large Area Analytical Silicon Drift (Oxford) u uslovima visokog vakuuma. Površine poliranih preparata su prethodno naparene provodničkim slojem ugljenika na neparivaču tipa BALTEC – SCD – 005. Slike uzoraka dobijene su pomoću detektora za povratno-rasute elektrone (BSE), korišćenjem volframskog filameta kao izvora elektrona. Kvalitativne hemijske analize faza urađene su uz upotrebu spoljašnjih standarda (minerali i čisti metali). Za određivanje sadržaja CaCO_3 korišćena je brza, ručna metoda – kalcimetrija, preko uređaja poznatog kao kalcimetar. Od sprasanih uzoraka izmereno je po 0.5g koji su zatim tretirani sa hlorovodoničnom (HCl) kiselinom. Metoda se zasniva na odredbi ml CO_2 koji nastaje u reakciji sa HCl (10%) i CaCO_3 . Preračunom sa odgovarajućim faktorima dobija se procentualni sadržaj CaCO_3 tj. sadržaj kalcita u ispitivanoj probi. Za određivanje mineralnih faza korišćena je rendgenska difrakcija praha. Ova metoda zasniva se na upotrebi rendgenskih (X-zraka) i njihovoj difrakciji. Ispitivane stene su smeđe boje, šupljikave teksture i kristalaste strukture (slika 2). Na osnovu različite orijentacije slojeva, makroskopski je uočeno da se kalcijum-karbonat taložio u više faza.



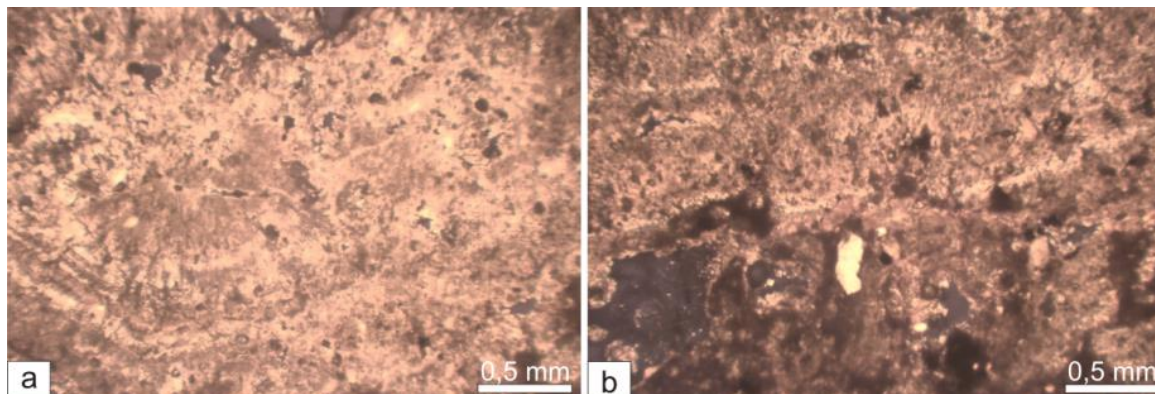
Slika 1: Geografski položaj bigrene akumulacije Beli izvorac u Borskom okrugu



Slika 2. Najviši delovi bigrene akumulacije sa kojih su uzeti uzorci i makroskopski izgled ispitivanih uzoraka

Svi ispitivani uzorci pokazuju burnu reakciju sa razblaženom hlorovodoničnom (HCl) kiselinom. Ispitivanja na polarizacionom mikroskopu potvrdila su da je kalcit najzastupljeniji mineral. Stepem kristaliniteta ovog minerala je različit, ali dominira mikrokristalasti kalcitni mulj. To može ukazati da je bigar taložen direktno iz vode, tokom procesa fotosinteze. Kristali kalcita najčešće su fibrozni ili vlaknasti, mestimično radijalno-zrakasti ili talasastog oblika (slika 3a). Osim kalcita, u svim uzorcima identifikovana je terigena komponenta u veoma

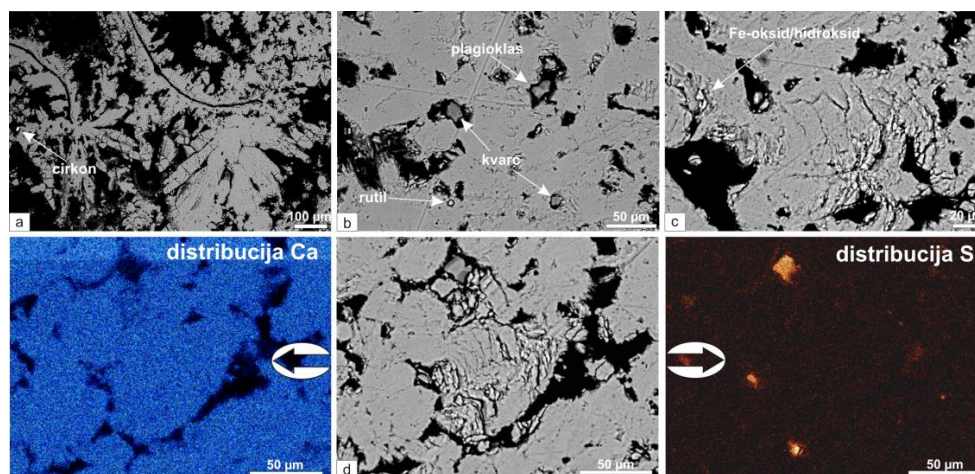
malom procentu (<2%). Predstavljena je izometričnim, alotriomornim zrnima kvarca (slika 3b) najčešće alevritske (0.05-0.005mm) veličine.



Slika 3a. Talasasti oblik slojeva

Slika 3b. Terigeni kvarc u kalcitnom mulju

Terigena komponenta je sekundarnog porekla, odnosno taložena je naknadno u šupljinama. Svi ispitivani uzorci su veoma porozni. Oblik šupljina je nepravilan, veličina istih varira u opsegu 0.5-6 mm. U određenim delovima uzoraka šupljine pokazuju orijentaciju. Osim kalcita i kvarca, mestimično su zapažene i crvene skrame, koje po hemijskom sastavu odgovaraju oksidima i hidrosidima gvožđa. Rezultati rendgenske difrakcije praha, SEM-EDS analize, kao i kalcimetrije podudaraju se sa petrografskim analizama. Naime, kalcimetrija koja je rađena na tri uzorka pokazuje da sadržaj kalcijum-karbonata varira između 93 i 96%. Osim dominantnog kalcita i male količine kvarca, SEM-EDS analize ukazale su i na prisustvo sledećih mineralnih faza: plagioklas, cirkon, rutil i piroksen (slika 4a-c). Mapiranjem dela površine preparata (~ 250 μm, slika 4d) dobijena je distribucija više elementa, ali su samo Ca i Si pokazali značajnu raspodelu. Povišena koncentracija Si ukazuje na prisustvo kvarca ili nekih drugih silikata.



Slika 4. Rezultati SEM-EDS analize: a. cirkon; b. plagioklas, kvarc i rutil; c. Fe-oksidi/hidroksidi; d. distribucija Ca i Si

Rendgenska difrakcija na prahu ukazala je na prisustvo samo jedne faze kalcijum-karbonata, odnosno kalcita. Ova metoda još jednom je potvrdila prisustvo kvarca kao dominantne terigene komponente.

Zahvalnica

Rad je podržan sredstvima Ministarstva nauke i tehnologije, Republike Srbije, Projekti 176019 i 176017.

Literatura

1. Bogdanović P., Rakić M., (1973): Tumač za listove Donji Milanovac, Oršova, Baja de Arama i Turnu Severin L 34-129 L 34-117 L 34-118 L 34-130, OGK 1:100.000, Savezni Geološki Zavod, Beograd.
2. Manojlović, P., (1996): Prilog poznavanju geneze bigra. Zbornik radova geografskog fakulteta, 46, 17-34. Beograd.
3. Milanović Pešić A., (2015): Leksikoni nacionalnih parkova Srbije. Đerdap. JP Službeni glasnik, 360
4. Viles, H., 1988. Biogeomorphology Blackwell, Oxford, 365 pp.

MINERALOGY AND PETROLOGY OF TUFA ACCUMULATION „BELI IZVORAC“ NEAR MAJDANPEK (EASTERN SERBIA)

MSc Natalija Batočanin^{1*}, PhD Ivana Carević¹, PhD Violeta Gajić²

¹University of Belgrade, Faculty of Geography, Studentski trg 3, 11000 Belgrade, Serbia;

²University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Džušina 7, 11000 Belgrade, Serbia

*natalijabatocanin@yahoo.com – corresponding author

Key words: Beli izvorac, tufa accumulation, Eastern Serbia

Abstract

The nature monument “Tufa accumulation *Beli izvorac*” is located in the river Beli izvorac near the city of Majdanpek in eastern Serbia (figure 1). Calcareous tufa accumulation deposited downstream of spring that outflows from a short cave at 320 m a.s.l., makes this locality known. The river source is situated at the base of a limestone cliff about 3 km of the village Blizna. The river Beli izvorac which is 1.24 km long represents a right tributary of the River Šaška and has a total catchment area of 0.88 km² located beyond the borders of the National park “Đerdap”. At a small area of about 205 m² occurs a large waterfall with a height of 16 m. Downstream from the waterfall, the accretion of tufa barriers enables the formation of lakes in ponds with diameter up to 10 m and depth that ranges from 2 to 3 m. Below the waterfall, the subterranean water percolation through the tufa leads to the development of cave channel which is 13 m in length and 4 m in width, opened from both side. The redeposition of tufa in cave produces flowstones and stalactites. Over the barriers, the stream flows in forms of rapids and smaller waterfalls, including two 5 m-high waterfalls. According to geomorphologic values as a surface karst relief object this locality granted the status of the Nature Monument in the Inventory of Geoheritage sites in Serbia. In the Beli Izvorac River valley there are two tufa accumulations of different age deposited conformably. According to the references, among all the tufa accumulations deposited in Serbia, the Beli Izvorac River deposits have a biggest gradient and that is the reason of the most intense tufa deposition at this locality. Despite the general opinion that tufa deposition become more intense with temperature increase, the temperature didn't have much influence on the velocity of deposition in Beli Izvorac. The key role in the tufa accumulation generally, has a concentration of free CO₂. An important factor is the high mineralization of water, as well as its pH (minimum 7.6). Near the accumulation there are several caverns and caves not designed for visitors, of which the most famous are Kozja and Mala caves, as well as the Mali Krš ridge and the attractive peak and viewpoint Straža. Nearby is also the site Valja natural bridge.

Like most continental carbonates on the territory of Serbia, the tufa accumulation Beli izvorac is of Quarternary, more precisely Holocene age.

This paper discusses results from both the field and the laboratory investigations. The field investigations included the sample collection from the highest parts of the tufa accumulation (figure 2) due to the inaccessibility of the lower parts of deposits. Five samples were taken, of which three were selected for further laboratory analyses. All investigations were performed at

the Department of Mineralogy, Crystallography, Petrology and Geochemistry at the Faculty of Mining and Geology, University of Belgrade.

The laboratory examinations included the optical investigations under the Leica DMLSP petrographic microscope, which is connected with the digital camera Leica DC 300 over the program LAS V4.1. Afterwards, the chemical compositions of mineral phases were identified using a JEOL JSM-6610LV Scanning Electron Microscope that is connected to an X-Max Energy Dispersive Spectrometer. The samples were covered with carbon using a BALTEC-SCD-005 Sputter coating device. The results were recorded under high vacuum conditions with an accelerating voltage of 20 kV and a beam current of 0.5-1.8 nA. The scanning electron microscope is also used for imaging of specimens over the detector for back-scattered electrons with the tungsten filament as the electron source. The qualitative chemical analyses required external standards (minerals and pure metals). To determine the content of CaCO_3 , a quick, manual method – calcimetry was applied using 0.5 g of the powdered samples, which were treated with hydrochloric acid (HCl). The determination is made via a device known as calcimeter. This method is based on the volume of CO_2 in ml that forms in reaction between HCl (10%) and CaCO_3 . By calculating the corresponding factors, the percentage content of CaCO_3 is obtained, i.e., the calcite content in the analyzed samples. The determination of crystal phases required implementation of the X-rays and their diffraction.

Investigated rocks are brownish in color, of crystalline texture and vesicular structure (figure 2). Based on the different orientation of layers, it was macroscopically observed that the calcium carbonate was deposited in several phases. All investigated samples show turbulent reaction with diluted hydrochloric (HCl) acid.

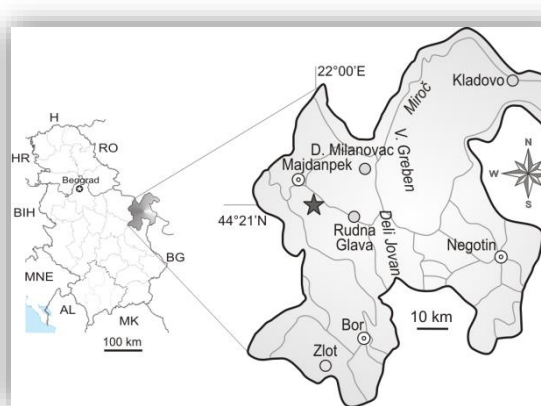


Figure 1: Geographic position of the tufa accumulation Beli izvorac in the Bor region

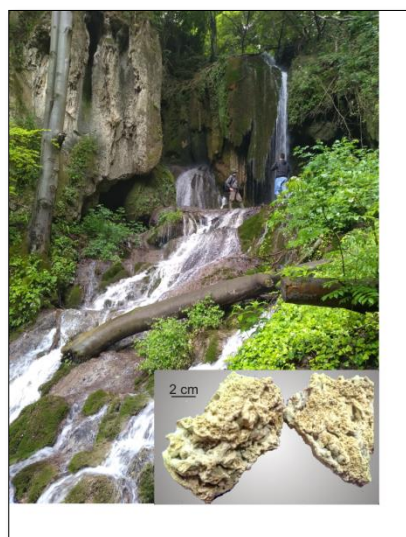


Figure 2: The highest part of tufa accumulation where samples are taken and their macroscopic appearance

Investigations on petrographic microscope confirmed that the most abundant mineral is calcite. Although the crystallinity degree of calcite widely varies, the prevailing of microcrystalline micrite mud is recorded. This may indicate that the tufa deposition is mainly caused by photosynthesis. Calcite crystals are commonly fibrous, sporadically radial and fan- or wavy-

shaped (figure 3). In all of the samples were noted a negligible percentage of terrigenous component (<2%) beside calcite. Terrigenous component includes isometric, anhedral quartz grains (figure 3) commonly silty-sized (0.05-0.005mm). It is of secondary origin and was deposited inside voids subsequently. All analysed samples are highly porous. Voids are irregular in shape ranging in size from 0.5 to 6 mm. Sporadically, within the samples voids display orientation. Reddish patches, chemically considering iron oxides and hydroxides, were additionally noted beside the mentioned calcite and quartz.

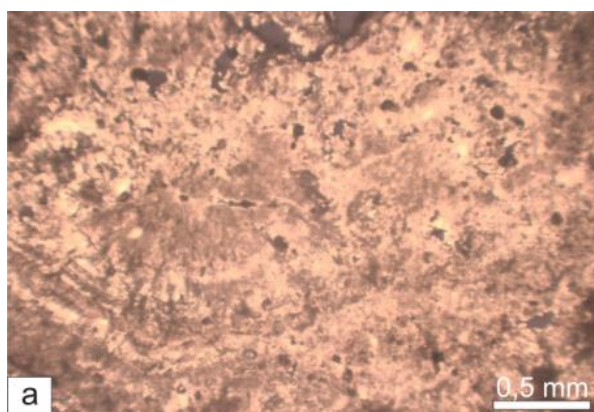


Figure 3a. Wavy-shaped layers

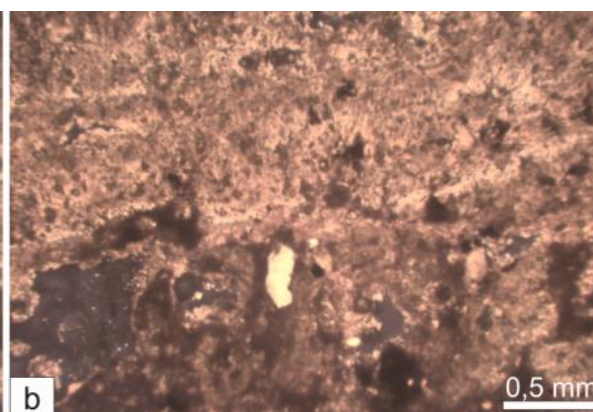


Figure 3b. Terrigenous quartz in calcite mud

Results of the X-ray powder diffraction and SEM-EDS analysis, as well as the results obtained by calcimetry are in agreement with those obtained by petrographic analyses. Actually, the calcimetry applied for three samples reflected to the content of calcium carbonate in range 93-96%. The SEM-EDS analyses pointed, beside the prevailing calcite and less abundant quartz, on the presence of following mineral phases: plagioclase, zircon, rutile and pyroxene (figure 4a-c). Mapping of a part of the thin section surface (~ 250 μm, figure 4d) reflected the distribution of several elements, but the significant distribution shared only Ca and Si. The elevated concentration of Si implies on the presence of quartz or some other silicate minerals.

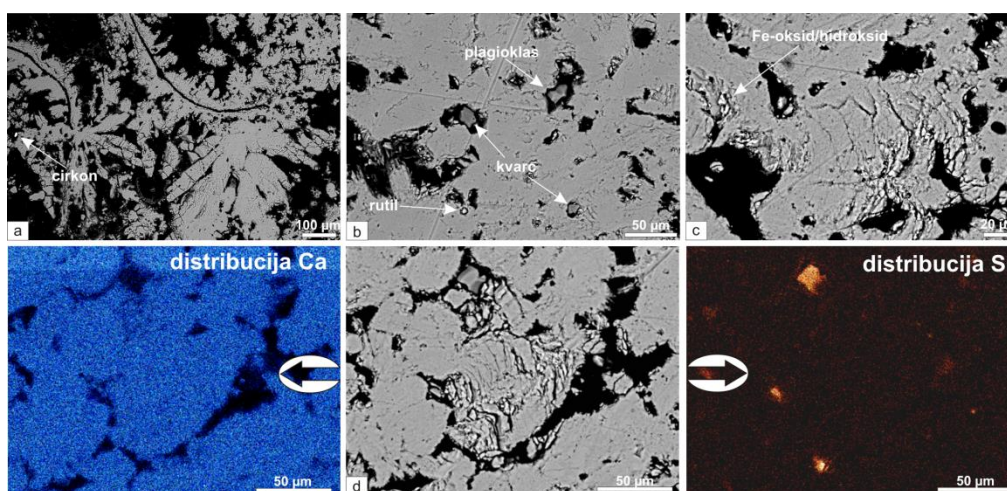


Figure 4. Results of SEM-EDS analyses: a. zircon; b. plagioclase, quartz, rutile; c. Fe-oxides/hydroxides; d. distribution of Ca and Si

The X-ray powder diffraction confirmed the existence of only one calcium carbonate phase, i.e., calcite. Though, this method approved once again the presence of quartz as the dominant terrigenous component.

Acknowledgment

This research has been supported by the Serbian Ministry of Science, Project No 176019 and 176017.

References

1. Bogdanović P., Rakić M., (1973): Tumač za listove Donji Milanovac, Oršova, Baja de Arama i Turnu Severin L 34-129 L34-117 L 34-118 L 34-130, OGK 1:100.000, Savezni geološki zavod, Beograd.
2. Manojlović, P., (1996): A contribution to the understanding of tufa genesis. Zbornik radova Geografskog fakulteta, Beograd, 46, pp 17-34 (in Serbian with English summary)
3. Milanović Pešić A., (2015): Leksikoni nacionalnih parkova Srbije. Đerdap. JP Službeni glasnik, 360p.
4. Viles, H., (1988): Biogeomorphology. Blackwell, Oxford, 365 p.

ON FORMATION OF THE IRON GATES: NEW INFERENCES FROM APATITE U-Th/He THERMOCHRONOLOGY

Uroš Stojadinović¹, Marinko Toljić¹, Nemanja Krstekanić^{1,2}, Tamara Bogdanović¹

¹University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Belgrade, Serbia;

² Utrecht University, Faculty of Geosciences, Department of Earth Sciences, Utrecht, The Netherlands

Corresponding author: uros.stojadinovic@rgf.bg.ac.rs

Keywords: basin connectivity, tectonic geomorphology, low-t thermochronology

Abstract

Changes in the drainage networks often occur as a response to tectonically induced uplift and therefore can be an indicator of recent tectonic activity in a region. Originating in the Alps, Danube, the Europe's second longest river, flows southeast for 2,860 kilometers before emptying into the Black Sea. The Iron Gates is area where Danube crosses the South Carpathians thus connecting the Pannonian and Dacian Basins. However, there are still ongoing discussions about the time when Danube crossed the Carpathians and the main mechanisms of the gorge formation. The main differences between the existing models of the Iron Gates genesis are concerning the time when the connection between the Pannonian and Dacian Basins was reestablished. According to the classical antecedence hypothesis a connection between the Pannonian and Dacian Basins through the Iron Gates area was existing already in Pliocene times. Subsequently, following the South Carpathians uplift, the river incised the gorge-like Danube valley. However, in the capture hypothesis two separate hydrographic entities of opposite flow directions existed in the Iron Gates area. Later on, the eastward-flowing drainage system of the Dacian Basin captured the westward-flowing drainage system of the Pannonian Basin. The latter is temporally compatible with the overflow hypothesis that is suggesting that increased incision, which led to the gorge formation, was due to the Pannonian Lake overflowing into the Dacian Basin. For both river capture and overflow hypotheses to be correct the re-connection between the Pannonian and Dacian Basins should occurred in the Pleistocene. In any case, increase in incision rates which led to the gorge formation could be the result of recent tectonic uplift in this area or significant increase in discharge that would boost the stream power of the Danube. While the Cretaceous – Pliocene exhumation of the South Carpathians is well documented, much less is known about the amounts of their recent uplift. The estimates about low rates of recent uplift restrict studies based on thermochronological systems. Hence, in this study we used apatite U-Th/He thermochronology to quantify recent tectonic uplift in the Iron Gates area. Consequently, it could be determined whether this uplift triggered the observed incision.

References

1. Bojar, A.-V., Neubauer, F., and Fritz, H. (1998): Cretaceous to Cenozoic thermal evolution of the southwestern South Carpathians: evidence from fission-track thermochronology. *Tectonophysics*, 297, 229–249.
2. Fügenschuh, B. and Schmid, S. (2005): Age and significance of core complex formation in a very curved orogen: Evidence from fission track studies in the South Carpathians (Romania). *Tectonophysics*, 404, 33–53.

3. Leever, K. A. (2007): Foreland of the Romanian Carpathians. Controls on late sedimentary basin evolution and Paratethys paleogeography. PhD thesis, VU University Amsterdam.
4. Marović, M., Grubić, A., Djoković, I., Toljić, M., and Vojvodić, V. (1997): The genesis of Djerdap Gorge. In Grubic, A. and Berza, T., editors, Proceedings International Symposium Geology in the Danube Gorges, pages 99–104. Geoinstitute, Belgrade.
5. Matenco, L., Krézsek, C., Merten, S., Schmid, S., Cloetingh, S., and Andriessen, P. (2010): Characteristics of collisional orogens with low topographic build-up: an example from the Carpathians. *Terra Nova*, 22(3), 155–165.
6. Merten, S. (2011): Thermo-tectonic evolution of a convergent orogen with low topographic build-up: exhumation and kinematic patterns in the Romanian Carpathians derived from thermochronology. PhD thesis, VU University Amsterdam.
7. ter Borgh, M., (2013): Connections between sedimentary basins during continental collision: how tectonic, surface and sedimentary processes shaped the Paratethys. *Utrecht Stud. Earth Sci.* 45 (212 pp.).
8. Twiss, R.J. and Moores, E.M., (1995): *Tectonics*. New York: H.W. Freeman and Company.

PALEOZOJSKA PALEOGEOGRAFSKA I TEKTONSKA EVOLUCIJA APULIJA/ADRIJA MIKROPLOČE – POSTOJI LI UTICAJ VARISCIJSKE KONVERGENCIJE ILI NE?

PALEOZOIC PALEOGEOGRAPHY AND TECTONIC EVOLUTION OF THE APULIA/ADRIA MICROPLATE – IS THERE A VARISCAN INTERFERENCE OR NOT?

Dr D. Spahić^{1,*}, Dr B. Glavaš-Trbić¹, Dr T. Gaudenyi², MSc M. Poznanović-Spahić¹

*Corresponding author; e-mail: darkogeo2002@hotmail.com; darko.spahic@gzs.gov.rs (D. Spahić)

¹Geološki zavod Srbije; ²Geografski institut "Jovan Cvijić" SANU;

Ključne reči: "Paleo-Adrija", Severna Gondvana, Drinska formacija, Variscijski događaj
Key words: "Paleo-Adria", North Gondwana, Drina Formation, Variscan event

Apstrakt

Paleozojska evolucija Apulijsko-Adrijske mikroploče je slabije istražena u odnosu na alpsku evoluciju Dinarida. Paleozojska paleogeografija ove mikroploče je rekonstruisana na osnovu nedovoljno razjašnjenih metamornih formacija i odsustva kiselog magmatizma. Unutrašnji Dinaridi, npr., Drinska formacija prema Đokoviću (1985) sadrže markere tektonskih događaja kao što su duktilne deformacije i polimetamorfizam (Milovanović, 1986).

Nedovoljno rasčlanjen tektono-metamorni uticaj se najbolje može ilustrovati kroz prostornu promenu facija srednjeg- do anhizionalnog metamorfizma. Osim metamorfizma postoje i strukturno-geološki parametri (duktilne deformacije) koje potvrđuju događaje na kristalnom nivou. Među geolozima ne postoji konsenzus oko starosti deformacija. Raniji radovi (Đoković, 1985) ukazuju na prisustvo variscijskog i alpskog oblikovanja u Drinsko-Ivanjičkom kristalinu, dok novije studije (Porkoláb *et al.*, 2018) ukazuju isključivo na alpsku starost duktilnih deformacija. Bez jasne rekonstrukcije paleogeografske evolucije Apulijsko-Adrijske mikroploče ne možemo prepoznati učešće ove jedinice u variscijskom orogenom događaju.

U paleogeografskom smislu, Apulijsko-Adrijska mikroploča je deo Severne Afrike, mikrokontinent koji je tokom paleozoika bio u interakciji sa paleookeanima (Franke *et al.*, 2017) nastalim kao posledica aktivne tektonske margine severne Gondvane (*e.g.*, Stampfli and Borel, 2004; Stampfli and Hochard, 2009; Casas and Murphy, 2018; Spahić and Gaudenyi, 2018). Međutim, prostorno-vremenska separacija mikroploče od oboda superkontinenta nije još uvek precizirana, vezuje se za silur tzv. "Velika Adrija" prema Franke *et al.*, (2017) ili permotrijas (Bernouli, 2001 sa citiranim referencama).

Segment Unutrašnjih Dinarida koji je danas utvrđen u zapadnoj Srbiji i istočnoj BiH je Drinsko-Ivanjički "paleozojski" blok (Đoković, 1985; Spahić *et al.*, 2018). Kristalaste stene ovog bloka, neoproterozojsko-ordovicijumske starosti (Đajić *et al.*, 2012), sadrže nekoliko sistema metamorfisanih do facije zelenih škriljaca. Ove stene su prekrivene klastično-karbonatnom sukcesijom donjokarbonske starosti (Filipović and Sikošek, 1999; Spahić *et al.*, 2018).

Što se tiče kompresionih tektonskih pokreta na pr. severozapadno od Drinsko-Ivanjičkog bloka u Hrvatskoj, kristalaste stene u pojedinačnim slučajevima imaju variscijsko vreme ekshumacije

($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ starost platoa od 342.9 ± 3.3 Ma i 332.8 ± 3.1 Ma (Sana-Una jedinica, Petrova i Trgovska Gora; Borojević-Šošćarić *et al.*, 2012 sa referencama).

Nedovoljna definisanost paleozojskih formacija kao i polifazni karakter regionalne ekshumacije različitih blokova predstavlja nedovoljan okvir za pozicioniranje "Paleo-Adrije" (mikroploča definisana prema Franke *et al.*, 2017) tokom variscijske konvergencije i tokom konsolidacije Pangee (kasni paleozoik). Ova tematika zahteva dalja istraživanja kao i preciznije analize tektonske ekshumacije Drinsko-Ivanjičkog bloka, koja uključuju i analizu spektra detritalnih cirkona (paleokontinentalna provenanca) iz klastičnih/parametamorfni paleozojskih sekvenci. Pored mnogobrojnih nejasnoća nameće se preliminarni zaključak, da je realna mogućnost da su pojedini delovi "Paleo-Adrije" bili zahvaćeni variscijskim tektonskim pokretima, dok su drugi delovi ove mikroploče bili izvan aktivne margine.

Abstract

Paleozoic evolution of the Apulia/Adria microplate is less constrained relative to its Alpidic stage controlling the development of the Dinarides. Disputed Paleozoic paleogeography of the Apulia/Adria is a consequence of poorly constrained sedimentary (parametamorphic) formations and absence of acidic magmatism. Moreover, the Inner Dinarides (*e.g.*, Drina Formation; Đoković, 1985) carry the evidence of the interference of major tectonic events: ductile and brittle deformation record in addition to the polymetamorphic imprint (Milovanović, 1986).

The ambiguous metamorphic overprint is illustrated by a variety of different metamorphic facies ranging from low- to medium-grade metamorphism descending down to anchizonal imprint. In addition, there is a cluster of ductile deformations corroborating crustal involvement. However, there is no clear distinction between the ages of structural-tectonic events; the pioneering data (Đoković, 1985) indicate a presence of Variscan deformations in Drina-Ivanjica crystalline segment. Recent authors, however, attribute the ductile imprint to the Alpine event (Porkoláb *et al.*, 2018). Thus, the purpose of the paper is to emphasize the importance of the paleogeographic evolution of the Apulia/Adria microplate raising the unsolved issue of the involvement of the latter in the Variscan events.

Paleogeographically, the Apulia/Adria microplate stands for a former North African paleo-microcontinent interacted with wide Paleozoic oceanic basins (Franke *et al.*, 2017) derived by the tectonic activity of the north Gondwanan active margin (*e.g.*, Stampfli and Borel, 2004; Stampfli and Hochard, 2009; Casas and Murphy, 2018; Spahić and Gaudenyi, 2018). The timing of the separation of this ancient fragment of Africa is still under discussion. Detaching from the North African (Gondwana) margin occurred either in the Silurian ("Greater Adria"; Franke *et al.*, 2017) or in the Permian, Triassic (Bernouli, 2001 and references therein).

A segment of the Inner Dinarides stretches in the form of Drina-Ivanjica block (Đoković, 1985; western Serbia, eastern Bosnia and Herzegovina). The crystalline basement rocks of the Inner Dinarides, in particular Drina-Ivanjica carry a number of the dominant greenschist-rock systems of the Neoproterozoic to Lower Ordovician age (Đajić *et al.*, 2012). Greenschist facies rocks are superseded by the clastic-carbonate system of the Lower Carboniferous age (Filipović and Sikošek, 1999; Spahić *et al.*, 2018).

With regard to the tectonic shortening, northwestern from the Drina-Ivanjica segment (External Dinarides, Croatia) crystalline rocks just occasionally exhibit Variscan exhumation age or

$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ plateau ages at 342.9 ± 3.3 Ma and 332.8 ± 3.1 Ma (Sana-Una Unit, Petrova and Trgovska Gora; Borojević-Šoštarić *et al.*, 2012 and references therein). More frequent are the early Alpine exhumation ages having the cooling ages ranging from 135 to 122 Ma (Medvednica), 159–92 Ma and 50–37 Ma (Mid-Bosnian Schist; Borojević-Šoštarić *et al.*, 2012 and references therein).

Unconstrained lithostratigraphy and formations, polyphase character of the regional exhumation gives rather insufficient data framework to position the “Paleo-Adria” neither within the Variscan convergence nor in stabilizing juvenile Pangea (late Paleozoic). The complexity of the Paleozoic formations and their involvement in eventual Variscan event will need further study. Following analytical methods may help in providing a more precise structural-tectonic deciphering, *e.g.*, fission-track of crystalline basement (Drina-Ivanjica), detrital zircon spectra (paleocontinental provenance) from the entire set of clastic/parametamorphic Paleozoic formations. Despite the significant aforementioned uncertainties, it appears that certain segments of Apulia/Adria were involved- and certain were outside the Variscan active margin.

Reference

1. Bernoulli, D., (2001): Mesozoic-Tertiary carbonate platforms, slopes and basins of the external Apennines and Sicily. In *Anatomy of a Orogen: The Apennines and Adjacent Mediterranean Basins*, eds. G.B. Vai and P. Martini, pp. 307–325. Dordrecht: Kluwer.
2. Borojević Šoštarić, S., Neubauer, F., Handler, R., & Palinkaš, L.A., (2012): Tectonothermal history of the basement rocks within the NW Dinarides: new $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages and synthesis. *Geologica Carpathica*, 63, (6), 441–452. doi: 10.2478/v10096-012-0034-2.
3. Casas, J.M., & Murphy, J.B., (2018): Unfolding the arc: The use of pre-orogenic constraints to assess the evolution of the Variscan belt in Western Europe. *Tectonophysics*, 736, <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2018.04.012>
4. Filipović, I., & Sikošek, B., (1999): Pre-Variscan and Variscan successions of the Drina anticlinorium and the Drina-Ivanjica Paleozoic. *Bulletin, Tome CXIX Serb. Acad. Sci. and Arts, Cl. Sci. math. nat., Sci. nat.* 39, pp 61-71.
5. Đajić, S., Đajić, Z., & Đoković, I., (2012): Paleozoic and early Paleozoic planktonic palynomorphs in western Serbia. *Proceedings 2nd international conference “Harmony of nature and spirituality in stone”*, pp. 9-19. Kragujevac.
6. Franke, W., Cocks, L.B.M., & Torsvik, T.H., (2017): The Palaeozoic Variscan oceans revisited. *Gondwana Research*, 48, 257–284.
7. Đoković, I., (1985): Primena strukturne analize na rešavanje građe paleozojskih tvorevina Drinsko-Ivanjičke oblasti. *Geološki Anali Balkanskoga Poluostrva*, 49, 11-160. doi:10.2298/GABP8549011D (in Serbian).
8. Milovanović, D., (1984): Petrology of low metamorphic rocks of the middle part of the Drina–Ivanjica Paleozoic. *Glasnik prirodjačkog muzeja*, A, 39, 13–139. (in Serbian, English summary).
9. Porkoláb, K., Kövér, S., Benkó, Héja, G.H., Fialowski, M., Soós, B., Gerzina Spajić, N., Đerić, N., & Fodor, L., (2018): Structural and geochronological constraints from the Drina-Ivanjica thrust sheet (Western Serbia): implications for the Cretaceous–Paleogene tectonics of the Internal Dinarides. *Swiss Journal of Geosciences*. <https://doi.org/10.1007/s00015-018-0327-2>
10. Spahić, D., & Gaudenyi, T., (2018): Primordial geodynamics of Southern Carpathian – Balkan basements (Serbo-Macedonian Mass): Avalonian vs. Cadomian arc segments. *Proceedings of the Geologists’ Association*. London. <https://doi.org/10.1016/j.pgeola.2018.10.006>

11. Spahić, D., Glavaš-Trbić, B., Đajić, S., & Gaudenyi, T., (2018): Neoproterozoic - late-Variscan geodynamics of the Drina Formation (Drina-Ivanjica metamorphic basement). *Geološki Anali Balkanskog Poluostrva*. <https://doi.org/10.1016/j.pgeola.2018.10.006>.
12. Stampfli, G.M., & Borel, G.D., (2004): The TRANSMED Transects in Space and Time: Constraints on the Paleotectonic Evolution of the Mediterranean Domain. In *The TRANSMED Atlas The Mediterranean Region from Crust to Mantle*, eds. Cavazza, W., F.M. Roure, W. Spakman, G.M. Stampfli, P.A. Ziegler. Springer.
13. Stampfli, G.M., & Hochard, C., (2009): Plate-tectonics of the Alpine realm. In *Ancient Orogens and Modern Analogues*, eds. Murphy, J.B., J.D. Keppie, and A.J. Hynes. Geological Society of London, Special Publications 327, pp. 89–111. DOI: 10.1144/SP327.6.

VARDAR ZONE: NEW INSIGHTS INTO THE TECTONO- DEPOSITIONAL SUBDIVISION

dr Marinko Toljić^{1,*}, dr Uroš Stojadinović¹, Nemanja Krstekanić^{1,2}

¹University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Belgrade, Serbia, ²Utrecht University, Faculty of Geosciences, Department of Earth Sciences, Utrecht, the Netherlands

*corresponding author: dr Marinko Toljić, full professor, University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, marinko.toljic@rgf.bg.ac.rs

Ključne reči: *Neotetis, pasivna kontinentalna margina, aktivna kontinentalna margina, Vardarska mega-jedinica, bazalna navlaka*

Keywords: *Neotethys, passive continental margin, active continental margin, Vardar mega-unit, basal thrust*

Apstrakt

Vardarska mega jedinica je složena tektonska jedinica nastala tokom mezozojske tektonsko-depozicione evolucije Neotetisa i margina njemu susednih kontinenata. Vardarska mega jedinica se može podeliti na tri tektonske celine kontrastnih litostratigrafskih svojstava i interne tektonske arhitekture. Od zapadu ka istoka to su: Zapadna Vardarska Zona, Centralna Vardarska Zona i Istočna Vardarska Zona. Litostratigrafski sadržaji ovih zona su deponovani u tri različita domena, a to su, od zapada ka istoku, basen pasivne Adrijske margine, dubokomorski rov i ispredlučni basen na aktivnoj Evropskoj margini.

Abstract

Vardar mega-unit represents complex tectonic unit, which was structured during Mesozoic tectono-depositional evolution of Neotethys and the adjoining continental margins. Vardar mega-unit can be subdivided into the three tectonic entities characterized by contrasting lithostratigraphic and structural features. Going from west towards east these are: Western Vardar Zone, Central Vardar Zone, and Eastern Vardar Zone. Lithostratigraphic contents of these zones were, again, deposited in three different domains. From west to east, these domains are: basin of the Adriatic passive margin, subduction trench, and forearc basin of the European active margin.

1. Introduction

Present-day complex architecture of the Adria-Europe suture area represents the result of Mesozoic evolution of the northern branch of the Neotethys Ocean and subsequent formation of the Pannonian Basin. The northern branch of the Neotethys Ocean (i.e., Meliata-Maliac-Vardar Ocean of Schmid et al., 2008; Handy et al., 2010; or Vardar Ocean of Dimitrijević, 1997; Pamić, 2002; Karamata, 2006) was opened during Late Triassic to Middle Jurassic period (Pamić et al., 2002) between Adria and units of the European affinity. Post Middle Jurassic

intraoceanic subduction (Pamić et al., 2002), Late Jurassic obduction, and subsequent Cretaceous-Paleogene convergence, resulted in closure of the Vardar Ocean and formation of complex tectono-stratigraphic contents of the Vardar mega-unit, which separates Adria-derived and Europe-derived units (Kossmat, 1924). Existing regional tectonic divisions share similar opinions concerning architecture of regional thrusts in the Dinarides and Carpatho-Balkanides, including the Serbomacedonian unit (Dimitrijević, 1997; Marović et al., 2002; Schmid et al., 2008). Main differences appear when it comes to tectonic affinity of the actual suture area between Adria and Europe. Various authors (Dimitrijević, 1997; Pamić, 2002; Karamata, 2006; Marović et al., 2007a; Schmid et al., 2008) made their own subdivisions, which often included tectonic units with similar names yet dissimilar lithostratigraphic and tectonic features, as well as their positions.

Different approaches in interpretation of regional tectonic relations, and sometimes even interpretations of local geological cross sections, do not contribute to better understanding of basal arrangement and tectonic setting of the suture area. This was the main motive to develop study in which existing data will be presented in the new context, thus providing tenable model for Mesozoic basal and tectonic evolution of the Dinaridic segment of the Neotethys.

2. Methodology

Tectonic subdivision of the Vardar mega-unit presented in this study is based on field investigations of regional structures and sedimentary facies along several orogen-perpendicular cross-sections. Field investigations were followed by reconstruction of depositional environments and tectonic regimes, and by correlation of tectono-stratigraphic units along the strike of orogen. Formations properties were analysed, which included analyses of age and features of the ophiolites overstep sequences, as well as the geometric and kinematic features of the main tectonic structures in Serbia. Basic Geological Maps of Yugoslavia 1:100,000 and other published studies were used to correlate regional tectono-stratigraphic units (e.g., Ustaszewski et al., 2009; Schefer et al. 2012, Matenco and Radivojević, 2012; Toljić et al., 2013; Stojadinović et al., 2013; Božović et al., 2013; Gallhofer et al., 2017; Stojadinović et al., 2017; Erak et al., 2017.; Prelević et al., 2017; Toljić et al., 2018). Tectonic zones were separated using the criteria developed by Pamić (2002), Karamata (2006), Dimitrijević (1997), as well as the criteria that consistently rely on concept of „composite units“ (Schmid et al., 2008). Such approach favours the Mesozoic evolution of the Vardar Ocean as part of the Neotethys and specific paleogeographic domain in which tectonic zones of the Vardar mega-unit were developed during Jurassic and Cretaceous convergence processes.

3. Mesozoic basal arrangement of the Vardar Ocean and tectonic subdivision of the Vardar mega-unit

Vardar mega-unit (Dimitrijević, 1997; Pamić, 2002; Karamata, 2006) represents complex tectonic unit, which was structured during Mesozoic tectono-depositional evolution of the Vardar Ocean and the adjoining continental margins. It represents assemblage of various former paleogeographic, basal, and tectonic domains, which can be presently recognized based on the features of basement of the Mesozoic basins, lithostratigraphic features of sediments, features of tectonic structures, position of ophiolite sequences, and structural superposition of

tectonic units. Hence, based on the aforementioned criteria Vardar mega-unit can be divided into the tectonic units or zones, which can be distinguished using features of their continental basement, directions of tectonic transport of the obducted ophiolites, age and facial features of sediments. In addition, regional fault structures mark the internal boundaries between these zones, as well as their external boundaries toward the other tectonic units. Following „single ocean“ concept (Schmid et al., 2008), classical arrangement of basin with oceanic crust includes passive oceanic/continental margins and active zone of spreading, and subsequently also intraoceanic or continental subduction zone, i.e. active continental margin (see Pamić et al., 2002). In accordance with such basinal architecture, within external boundaries of the Vardar mega-unit (Dimitrijević, 1997; Pamić, 2002; Karamata, 2006), three zones characterized by contrasting lithostratigraphic and structural features can be distinguished. Going from west towards east these are: Western Vardar Zone, Central Vardar Zone, and Eastern Vardar Zone (Figure 1). Lithostratigraphic contents of these zones were derived from three different domains, basin of the Adriatic passive margin, subduction trench, and forearc basin of the European active margin, respectively.

3.1 Basin of the passive continental margin – Western Vardar Zone (WVZ)

In present-day coordinates, southwestern margin of the Vardar Ocean is juxtaposed to the passive continental margin of Adria, which is made-up of metamorphic basement and/or otherwise not metamorphosed Paleozoic sediments. Paleozoic formations are overlain by Lower Triassic clastics and carbonates, Middle Triassic shallow water carbonates associated with basic and acidic volcanics, Upper Triassic carbonates and, locally, Lower Jurassic limestones with chert (Pamić, 1984; Dimitrijević, 1997) that have Adriatic affinity (Schmid et al., 2008). Over such continental margin, segment of oceanic lithosphere was obducted during Late Jurassic. These ophiolites are today located in two separate belts (Figure 1): Dinaride Ophiolite Zone (DOZ) and Ophiolites of Western Vardar Zone (OWVZ). They are composed of serpentized peridotites, gabbros, dolerites, basalts and locally granites (Dimitrijević, 1997; Pamić et al., 2002). Identical ophiolitic mélangé made up of tectonized shale-alevrolitic matrix with fragments of carbonates, cherts, radiolarites, schists, serpentinites, gabbros, dolerites and spilites is located at the base of the ophiolites of both belts. Age of radiolarite and ophiolite fragments in mélangé spans from Ladinian to Tithonian (Vishnevskaya et al., 2009; Šegvić et al., 2018). As ophiolitic mélangé is the product of obduction (e.g., Schmid et al., 2008), age of fragments in the mélangé demonstrate that obduction is the Late Jurassic, most probably late Tithonian event. Ophiolites of Vardar mega-unit obducted on top of Adriatic continental margin in post-obductional times became part of that passive continental margin adjoining the remaining segment of the Neotethys. Unconformably overlying DOZ are Upper Tithonian-Lower Cretaceous continental slope deposits (Karamata et al., 2004; Vishnevskaya et al., 2009) and/or clastic-carbonate Lower Cretaceous sequences (Mikes et al., 2008). On the other hand, overstep sequence of OWVZ is Albian-Cenomanian and Cenomanian-Turonian in age (Djerić et al., 2009; Gajić, 2014). Albian-Cenomanian and Cenomanian-Turonian shallow water limestones demonstrate gradual transition both upwards and lateral into Santonian-Campanian deep water marls and limestones with chert which, later change to clastic flysch of

Maastrichtian and possibly Paleogene age, as the most distal products of the passive margin (Gajić, 2014; Toljić et al., 2018).

Although they originate from the same ophiolitic sequence, during Late Cretaceous-Paleogene collision, DOZ and OWVZ were separated in two belts, hence DOZ is here interpreted as a part of the composite Drina-Ivanjica unit (Figure 1) and OWVZ as a part of Western Vardar Zone (Figure 1) which base is represented by Paleozoic-Triassic sequences of Adriatic affinity (i.e., Jadar-Kopaonik unit of Schmid et al., 2008).

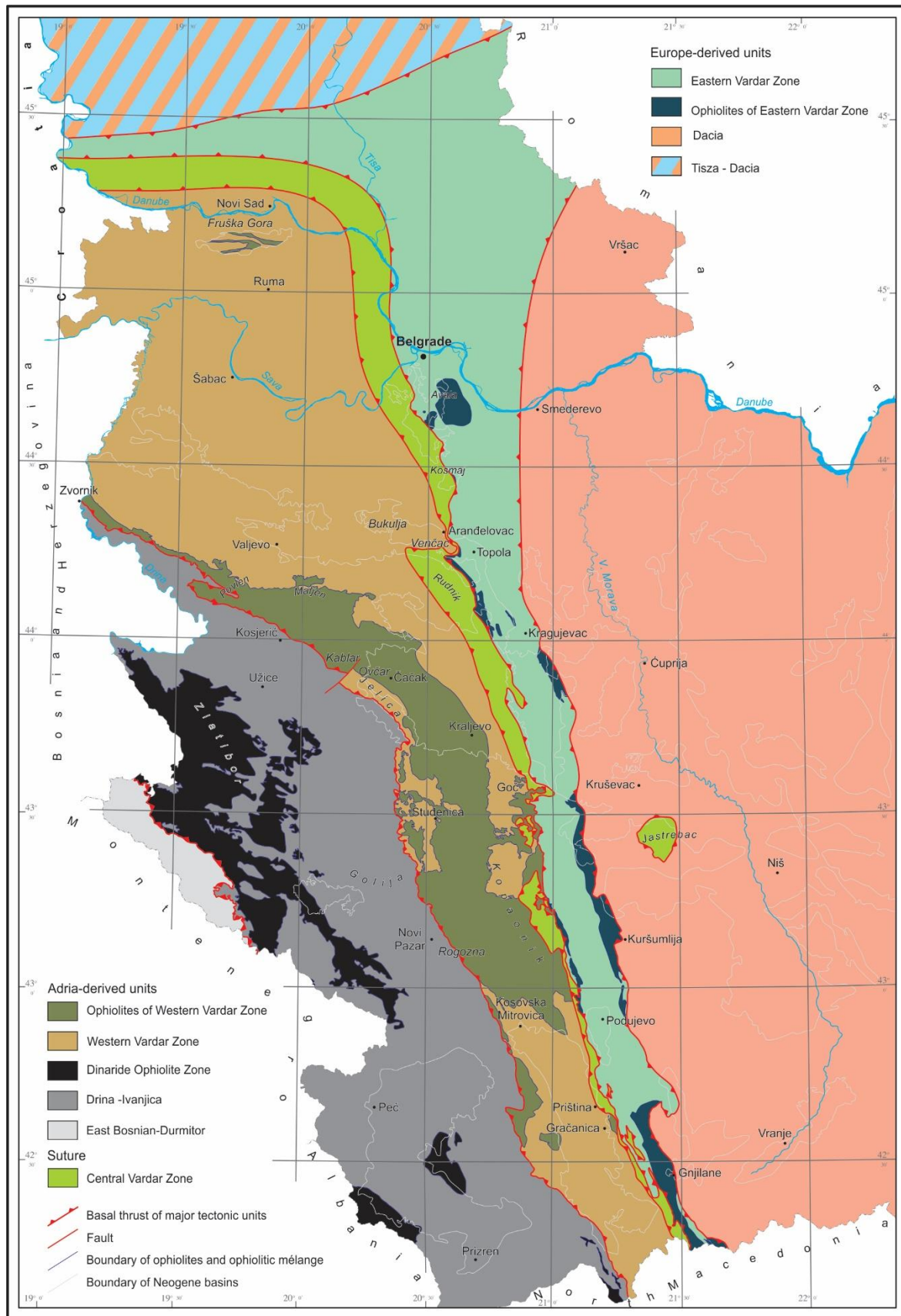


Figure 1 – Tectonic map of the Vardar mega-unit in Serbia. Note that, in the map, the complicated eastern boundary of the Eastern Vardar Zone is interpreted as the initial obduction thrust (see text for further explanation on the geometry of this contact).

The basal thrust of the Western Vardar Zone can be separated in two segments, northwestern that is oriented in NW-SE direction from Zvornik to Jelica mts., and central and southeastern segment that has NNW-SSE orientation from Jelica mts. to the border between Serbia and North Macedonia (Figure 1). The basal WVZ thrust, earlier described as the Zvornik suture (Dimitrijević, 1997 and references therein), in its northwestern segment has footwall composed of Paleozoic metamorphics and Triassic carbonates of Drina-Ivanjica unit, and in Kosjerić area (Figure 1) shallow water Upper Cretaceous limestones (Dimitrijević, 1997). Hanging wall of the northern segment of the basal WVZ thrust is built up of Jurassic ophiolitic mélangé and ophiolites that are, locally, unconformably overlain by Upper Cretaceous sediments. In the central and southern segment, footwall of the basal thrust is made up of Drina-Ivanjica metamorphic basement with Triassic sedimentary cover and Senonian “Kosovska Mitrovica flysch” (Dimitrijević, 1997) along the entire strike of the thrust, while the hanging wall is represented by slivers of metamorphics, Triassic carbonates, ophiolitic mélangé and ophiolites, as well as shallow water limestones. In the area of Studenica (Figure 1), hanging wall is composed of Paleozoic metamorphics and metamorphosed Triassic-Jurassic sediments (Schefer et al., 2010), including metamorphosed ophiolitic mélangé and ophiolites. From Golija mts. to Rogozna mts. (Figure 1) hanging wall consists of ophiolitic mélangé and ophiolites, while in Kosovska Mitrovica area this structure is complicated with out of sequence thrusting of Senonian flysch over ophiolites, so the basal WVZ thrust is interpreted at the base of the westernmost serpentinite occurrence. Towards SSE hanging wall is built up of Paleozoic metamorphics, Triassic carbonates, ophiolitic mélangé and ophiolites, Albian-Cenomanian sediments, Upper Cretaceous shallow water sediments and turbidites, that are all together thrust over “Kosovska Mitrovica flysch” as a typical overstep sequence of Drina-Ivanjica Paleozoic (Dimitrijević, 1997).

In the Fruška Gora mts. (Figure 1) flysches are found associated with Adria-derived Triassic sediments and Jurassic ophiolites (see Toljić et al., 2013). Flysches of the Fruška Gora mts. are sedimentologically similar to the “Ljig flysch”, unit that represents part of the distal Adriatic margin deposits (Gajić, 2014). Therefore, flysches of the Fruška Gora mts. are here interpreted as a part of the Western Vardar Zone (Figure 1).

3.2 Subduction trench – Central Vardar Zone (CVZ)

Sava-Vardar Zone was first defined by Pamić (2002 and references therein) as „active continental margin formations”. Schmid et al. (2008) interpreted the Sava Zone a suture between Tisza-Dacia Mega Units and the Dinarides, extending from Zagreb to Belgrade as the unit made-up of Upper Cretaceous ophiolites, metamorphics and magmatites. Further to the south from Belgrade the same unit can be followed as a stripe of Senonian flysches, squeezed in tectonic contact with West Vardar Ophiolites in their footwall and East Vardar Ophiolites in their hanging-wall. The facial analysis of Cretaceous sediments showed that Upper Cretaceous shallow-water sediments, flysches and/or turbidites can be found also westward and eastward from the Sava Zone flysches. By taking in consideration this fact and determining exact positions of regional thrusts which separate tectonic units, Central Vardar Zone (CVZ, Figure 1) was distinguished. Neogene sediments of the Pannonian Basin currently cover north-western

segment of the CVZ, and thus separate it from its southern segment. The southern segment of the CVZ is predominantly made-up of synkinematic turbidites, deposited in the subduction trench during Cretaceous (Toljić et al., 2018). During the late Mesozoic, trench was positioned in the axial part of the Vardar Ocean, while in the present-day tectonic setting the synkinematic turbidites mark position of the suture. The suture is here recognized as the Central Vardar Zone, which spatially, structurally, and stratigraphically differs from Central Vardar Zone of Dimitrijević (1997 and references therein). Furthermore, different from the Sava Zone of Schmid et al. (2008) Central Vardar Zone beside Senonian, also contains Lower Cretaceous flysches, as well as Paleogene molasses (Toljić et al., 2018). In addition, it does not contain Upper Cretaceous ophiolites and magmatites that can be found in its equivalents further to the northwest (Ustaszewski et al., 2009).

In the northwestern segment of the Central Vardar Zone Upper Cretaceous flysches are covered by Neogene sediments of the Pannonian Basin (Čanović and Kemenci, 1988; Dunčić et al., 2017). From Belgrade towards south Central Vardar Zone represents narrow NNW-SSE oriented stripe, which can be traced from eastern flanks of the Venčac mts., east from Rudnik mts., west from Gledičke mts., and east from Kopaonik mts., in the tectonic window of the Jastrebac mts., towards Priština and further to the south in North Macedonia (Figure 1).

Sedimentary formations of the CVZ do not contain basement made-up of units which represent part of continental margins of the Vardar Ocean. Lithostratigraphically they are neither part of Adriatic nor European units. During Cretaceous subduction of remnants of the Neotethys oceanic crust, flysches of the CVZ were incorporated in the subduction zone, partly metamorphosed, and structurally significantly deformed and reduced (Stojadinović et al., 2013; Erak et al., 2017). Coniacian to Maastrichtian flysches represent contents of the CVZ in the area between Belgrade and Aranđelovac (Figure 1). At the eastern flanks of the Venčac mts., they are metamorphosed in subduction zone, and subsequently exhumed during Neogene extension (Stojadinović et al., 2013; Stojadinović et al., 2017; Marović et al., 2007b). South from Venčac mts., contents of the CVZ are represented by Albian-Cenomanian, Turonian, and Coniacian-Maastrichtian deep water and flysch sediments of "Jermenovac facies" (Brković et al., 1980; Toljić et al., 2018). West from Kragujevac towards eastern flanks of the Goč mts. (Figure 1) contents of the CVZ are, again, covered by Neogene deposits. At the eastern flanks of the Goč mts., formations of the Central Vardar Zone can be recognized in the metamorphics situated in the hanging-wall of the ophiolites of the Western Vardar Zone, and in the footwall of Lower Cretaceous "paraflysch" sediments of the Eastern Vardar Zone (see Schefer, 2012). In the Jastrebac mts. extensional core-complex is made-up of Eocene granodioritic intrusion surrounded by metamorphosed Cretaceous-Paleogene sediments, which are interpreted as part of the Vardar Zone (Marović et al., 2007a) or the Sava Zone (Schmid et al., 2008; Erak et al., 2017). Between the Kopaonik mts. and Priština (Figure 1) Senonian flysch sediments of the Central Vardar Zone are deformed into isoclinal folds and significantly faulted. From Priština to Uroševac (Figure 1) Upper Cretaceous sediments of the CVZ also contain mélangé which includes blocks of Senonian carbonates (Dimitrijević, 1997), and are structurally incorporated into the same thrust structure with Albian-Cenomanian sediments of the Eastern Vardar Zone. Boundaries between formations of the Central Vardar Zone with the ones of the WVZ and the EVZ are exclusively represented by tectonic contacts (Figure 1). Sediments are highly deformed, frequently into the isoclinal folds with strong west-southwest vergences, and tectonic

transport towards west-southwest. The basal thrust of the Central Vardar Zone is between Belgrade and Aranđelovac covered by Neogene sediments. During the Oligocene-Miocene extension the thrust is at the eastern flank of the Venčac mts. (Figure 1) reactivated as extensional detachment, with metamorphosed Triassic carbonates in the footwall, and metamorphosed Cretaceous flysches in the hanging-wall (Marović et al., 2007b; Stojadinović et al., 2013). Further to the south, Rudnik fault is interpreted as tectonic boundary between distal flysches of the WVZ and Albian-Cenomanian and Upper Cretaceous flysches of the CVZ (see Toljić et al., 2018). In the area between Rudnik and Goč mts. the thrust is covered by Neogene formations. At the eastern flanks of Goč mts., flysches of the CVZ are metamorphosed and tectonically reduced (Schefer, 2012), and the basal thrust of the CVZ can be traced at the contact between ophiolites of the WVZ in the footwall, and phyllites and calcshists in the hanging-wall. Hence, east from Goč and Kopaonik mts. continuity of the Upper Cretaceous turbidites of the CVZ is locally interrupted, however the suture can still be traced since there is immediate contact between lower and upper plates of the former subduction system. Upper Cretaceous turbidites are here tectonically reduced during Oligocene and Miocene exhumation of Kopaonik and Željin intrusions along with the surrounding metamorphics (Schefer, 2012). Contrarily, metamorphosed Upper Cretaceous turbidites in the Jastrebac mts. did not undergo that much of reduction (see Erak et al., 2018). The basal thrust of the CVZ can be clearly traced until the border with North Macedonia (Figure 1). Upper Cretaceous flysches and clastites are thrust towards WSW over serpentinites and metamorphics of the WVZ. Relations become complex in the vicinity of Gračanica, where Upper Cretaceous sediments that include fragments of recycled ophiolitic mélangé (Dimitrijević, 1997) are thrust over ophiolites of the WVZ.

3.3 Forearc basin of the active continental margin – Eastern Vardar Zone (EVZ)

Continuous zone comprised of ophiolites, ophiolitic mélangé, and Cretaceous sediments, situated between gneisses of the Serbomacedonian unit in the east and Cretaceous flysches of the suture in the west, was defined as Central Vardar Subzone (Dimitrijević, 1997) or as Eastern Vardar Ophiolitic Unit (Schmid et al., 2008). After obduction in the Late Jurassic, ophiolites became integral part of the active European margin. Cretaceous sediments were subsequently deposited over such fundament in a basin developed above the subduction zone, which had position of a forearc basin at the active European margin (Toljić et al., 2018). Since the ophiolites in this zone have scarce distribution when compared to Mesozoic sediments, term „ophiolites“ in the name of this unit can be confusing. Therefore, this zone, previously defined as Central Vardar Subzone (Dimitrijević, 1997) or as Eastern Vardar Ophiolitic Unit (Schmid et al., 2008) was renamed into the Eastern Vardar Zone (Figure 1).

The Eastern Vardar Zone (EVZ) represents tectonic unit with European affiliation. In tectonic architecture of Serbia it can be traced as a NNW-SSE oriented belt, which extends from Belgrade towards border with North Macedonia and further to the south (Figure 1). Ophiolites and Cretaceous sediments of the EVZ are also found beneath Neogene sediments of the Pannonian Basin (Čanović and Kemenci, 1988; Dunčić et al., 2017). According to Schmid et al. (2008) Eastern Vardar Ophiolites Zone in the Pannonian Basin domain divides into the two branches. The first branch north from the Fruška Gora mts. bends towards west, while the second branch extends toward the northeast, thus connecting with correlative formations in

Transylvania. Further to the north EVZ is tectonically overlying the formations of the Tisza-Dacia mega-unit, in agreement to interpretations in seismic cross-sections (Matenco and Radivojević, 2012). In Belgrade surroundings (Figure 1) the oldest contents of the EVZ are represented by Upper Jurassic deep water claystones and radiolarites associated with syndepositional basalts, serpentized peridotites and ophiolitic mélangé. The ophiolitic mélangé contains fragments of serpentinites, diabases, limestones, claystones, and cherts with Late Anisian to Early Tithonian radiolarian assemblages (Bragin et al., 2011; Bragin et al., 2019). Post-obductional cover is made up of Berriasian calciturbidites, followed by Valanginian cherty limestones, and Valanginian to Barremian marls with cephalopods, all together frequently described as the „paraflysch“ (Dimitrijević and Dimitrijević, 2009). The Lower Cretaceous paraflysch, which represents the diagnostic facies of the EVZ, in northern Šumadija contains abundant fragments and large olistoliths of Tithonian shallow water limestones redeposited in the Berriasian basal clastites sequence (Toljić, et al., 2018). Basin infill continues with Barremian-Aptian and Albian-Cenomanian sediments of various facies, which are shallowing upwards. Upper Cretaceous transgressive basin infill in Belgrade surroundings is represented by Coniacian and Santonian shallow-water limestones, Campanian-Maastrichtian marls and sandstones, and Paleogene molasses. Coniacian-Santonian limestones are associated with syndepositional basalts and trachyandesite volcanoclastics (Toljić et al., 2018), while Lower Cretaceous paraflysch is intruded by lamprophyre dykes dated at around 85 Ma (Sokol et al., 2017). Syndepositional basalts are also found with Turonian carbonates in Topola area. From Topola to Kragujevac (Figure 1) base of the EVZ is comprised of ophiolitic mélangé and ophiolites, which are covered by the entire Berriasian to Albian-Cenomanian sedimentary sequence, including the paraflysch. Together with transgressive Turonian-Senonian sediments, the entire Cretaceous sequence is known as the Stragari and Šljivovac facies (Brković et al., 1980). Further towards the south, from Kragujevac until Gnjilane (Figure 1) Eastern Vardar Zone is around 15 kilometres wide and predominantly made-up of Berriasian to Albian-Cenomanian paraflysch (see Dimitrijević and Dimitrijević, 2009). The paraflysch is transgressively overlying heterogeneous ophiolitic mélangé and ophiolites, locally intruded by Jurassic granites (Šarić et al., 2009). In the area between Jastrebac mts. and Kuršumlija (Figure 1) at the eastern periphery of the EVZ elongated diabase body is located, which is, again, thrust NW from Kuršumlija by Middle Triassic semi-metamorphosed clastics and carbonates (Malešević et al., 1980). East of Priština, and going to southeast towards the border with North Macedonia (Figure 1) EVZ is predominantly comprised of gabbros, diabases with frequent intrusions of granites, ophiolitic mélangé and subordinately of Berriasian to Albian-Cenomanian clastics, which are part of paraflysch sequences (Dimitrijević and Dimitrijević, 2009), as well as from recycled Senonian mélangé (Dimitrijević, 1997).

The basal thrust of the Eastern Vardar Zone is markedly west-southwest vergent structure with tectonic transport towards the west-southwest. In Belgrade area (Figure 1) it is represented by a thrust named the Bela Reka Fault, which separates Upper Cretaceous flysches of the CVZ in the footwall from the ophiolites, ophiolitic mélangé, paraflysch and Upper Cretaceous shallow water sediments in the hanging-wall (Toljić et al., 2018). In the Kosmaj mts. (Figure 1) footwall of the thrust is comprised of Upper Cretaceous flysches, and the hanging-wall contains serpentinites, Albian sediments, and Upper Cretaceous turbidites. In Aranđelovac area the thrust was reactivated as extensional detachment (Marović et al., 2007b; Stojadinović et al.,

2013). The footwall is made-up of Upper Cretaceous metamorphics of the Venčac mts., while the hanging-wall contains Urgonian and Aptian carbonates, Albian-Cenomanian clastites, and Turonian-Senonian turbidites. Towards the south, the Stragari Fault (Dimitrijević, 1997) separates flysches of the CVZ from serpentinites, ophiolitic mélange, and Cretaceous sediments of the EVZ. From Kragujevac to the Kopaonik mts. (Figure 1) footwall of the basal thrust contains Upper Cretaceous flysches, while the hanging-wall contains Lower Cretaceous paraflysch, a locally ophiolitic mélange and ophiolites. In Kopaonik mts. paraflysch is situated east from the basal thrust of the EVZ, and ophiolites, metamorphics, and Upper Cretaceous flysches of the WVZ and CVZ in complex structural relation are located in the west (Schefer, 2010). In the area between Kopaonik mts. and Gnjilane (Figure 1) Lower Cretaceous paraflysch and Albian-Cenomanian clastics, with local appearances of ophiolites, are thrust over the Upper Cretaceous flysches of the CVZ. In the southernmost segment between Gnjilane and border with North Macedonia (Figure 1) Upper Cretaceous flysches in the west are found in tectonic contact with diabases, gabbros, and ophiolitic mélange in the east.

Eastern boundary of the Eastern Vardar Zone is structurally complex and it shows strong lithostratigraphic contrast of units on its sides. The contact between metamorphics and Mesozoic ophiolites and sediments is always tectonic. Wherever the boundary is exposed at the surface, metamorphics of the Serbomacedonian unit are located in the east, and formations of the EVZ in the west. Primary tectonic contact between the ophiolites and metamorphics was structured in the Upper Tithonian (Bragin et al., 2011) when the ophiolites of the EVZ were obducted towards east over the metamorphics of the Serbomacedonian unit (Schmid et al., 2008; Erak et al., 2017). The ophiolites were subsequently, as a segment of a forearc basin, tectonically transported towards west-southwest. During the Cretaceous-Paleogene convergence the contact was additionally complicated by formation of bivergent thrusts in the hinterland of the subduction zone, followed by thrusting of metamorphics over the ophiolite and paraflysch from east to west. During Miocene times normal faults were formed along the contact, during the extensional opening of the Velika Morava graben (Matenco and Radivojević, 2012; Erak et al., 2017).

4. Regional tectonic model – basinal and tectonic evolution of the Vardar mega-unit

Geodynamic evolution of the Vardar mega-unit is characterized by a polyphase changeover between extensional and contractional tectonic regimes. Middle to Late Triassic opening of the northern branch of the Neotethys between Adriatic and European continental units can be recognized in widespread Anisian to Ladinian volcanism and gradual deepening of Triassic sedimentary facies (Dimitrijević, 1997). Middle Jurassic intraoceanic subduction (Pamić, 2002; Schmid et al., 2008), which was initiated at the northwestern margins of the ocean, had its equivalents at the ocean northeastern margins (Gallhofer et al., 2017). Concurrently, in the upper plate domain, in the east, short-lived suprasubduction magmatism was manifested in island arc and/or forearc basin domain (Šarić et al., 2009; Božović et al., 2013; Gallhofer et al., 2017). In Late Jurassic bivergent obduction of the oceanic crust was conducted on both Adriatic and European continental margins (Schmid et al., 2008). The Late Jurassic obduction was followed by subsequent re-initialisation of subduction in Beriasian times (e.g. Toljić et al., 2013, 2018). The Albian–Cenomanian contraction resulted in exhumation of the forearc basin

at the European active margin, which can be a far-field effect of the onset of the orogenic collision and convergence recorded by the neighbouring Carpathian orogen. The Turonian–Santonian switch to subsidence, extension and magmatism in the forearc was associated with a period of slab retreat and steepening (Toljić et al., 2018). In Late Cretaceous–Paleogene times final stages of closure in the Neotethys led to the formation of suture between Adria- and Europe-derived continental units (Pamić et al., 2002; Karamata, 2006; Schmid et al., 2008). The younger phase of Oligocene–Miocene extension structurally overprinted the former continental collision deformation and led to formation of the Pannonian Basin (Matenco and Radivojević, 2012), which was, again, exposed to inversion starting from Late Miocene times (Horvath et al., 2015).

5. Conclusions

Vardar mega-unit represents complex tectonic unit, which was structured during Mesozoic tectono-depositional evolution of Neotethys and the adjoining continental margins. Vardar mega-unit can be subdivided into the three tectonic entities characterized by contrasting lithostratigraphic and structural features. Going from west towards east these are: Western Vardar Zone, Central Vardar Zone, and Eastern Vardar Zone. Lithostratigraphic contents of these zones were, again, deposited in three different domains. From west to east, these domains are: basin of the Adriatic passive margin, subduction trench, and forearc basin of the European active margin.

Western Vardar Zone is integral part of the Dinarides, while Eastern Vardar Zone was structurally incorporated into the tectonic setting of units with European affiliation. Central Vardar Zone is situated at the positions of suture between Europe-derived units in the east and Adria-derived units in the west.

Both zones of ophiolites in the Dinarides (i.e. Dinaride Ophiolite Zone and Ophiolites of Western Vardar Zone), along with the ophiolites of the Eastern Vardar Zone all contain ophiolitic mélanges with similar ages of fragments beneath the obducted ophiolites. This fact goes in favour of the „single ocean“ concept.

Acknowledgements

This study was partly supported by the Ministry of Education and Science of the Republic of Serbia (Projects No. 176015 and No. 176019). This synthesis was done in honour of Jakob Pamić, Stevan Karamata i Milorad Dimitrijević, who set foundations of modern day tectonic interpretations in South-Eastern Europe. Authors thank Liviu Matenco for support and many discussions on the regional geology of Balkan Peninsula. Stefan Schmid is gratefully acknowledged for discussions on the evolution of the Sava Zone in central Serbia.

References

1. Bozović, M., Prelević, D., Romer, R.L., Barth, M., van den Bogarrd, Boev, B., 2013. The Demir Kapija Ophiolite, Macedonia (FYROM): A Snapshot of Subduction Initiation within a Back-arc. *Journal of Petrology*, 54, 1427-1453.
2. Bragin, N.Y., Bragina, Lj.G., Djerić, N., Toljić, M., (2011). Triassic and Jurassic radiolarians from sedimentary blocks of ophiolite melange in the Avala Gora area (Belgrade surroundings, Serbia). *Stratigraphy and Geological Correlation*, 19, 6, 631-640.

3. Bragin, N., Bragina, L., Gerzina, N., Djerić, N., Schmid, S.M., 2019. New radiolarian data from the Jurassic ophiolitic melange of Avala Mountain (Serbia, Belgrade Region). *Swiss Journal of Geosciences*, 112, 235-249.
4. Brković, T., Radovanović, Z., Pavlović, Z., 1980. Explanatory booklet for sheet Kragujevac. Basic Geological Map of Yugoslavia 1:100,000. Federal Geological Institute, Belgrade, 80 p.
5. Čanović, M., Kemenci, M., 1988. The Mesozoic of the Pannonian basin in Vojvodina (Yugoslavia): Stratigraphy and facies, magmatism, paleogeography. Matica Srpska, Novi Sad, 339 p.
6. Dimitrijević, M.N., Dimitrijević, M.D., 2009. The Lower Cretaceous paraflysch of the Vardar zone: Composition and fabric. *Annales Geologiques de la Peninsule Balkanique*, 70, 9-21.
7. Dimitrijević, M. D. 1997. Geology of Yugoslavia. Belgrade, Geoinstitut-Barex, 187 p.
8. Djerić, N., Gerzina, N., Gajić, V., Vasić, N., 2009. Early Senonian radiolarian microfauna and biostratigraphy from the Western Vardar Zone (Western Serbia). *Geologica Carpathica*, 60/1, 35-41.
9. Dunčić, M., Dulić, I., Popov, O., Bogicević, G., Vranjković, A., 2017. The Campanian-Maastrichtian foraminiferal biostratigraphy of the basement sediments from the southern Pannonian Basin (Vojvodina, northern Serbia): implications for the continuation of the Eastern Vardar and Sava zones. *Geologica Carpathica*, 68, 130-146.
10. Erak, D., Matenco, L., Toljic, M., Stojadinović, U., Andriessen, P.A.M., Willingshofer, E., Ducea, M.N., 2017. From nappe stacking to extensional detachments at the contact between the Carpathians and Dinarides - The Jastrebac Mountains of Central Serbia. *Tectonophysics*, 710-711, 162-183.
11. Gajić, V. 2014. Sedimentology of Upper Cretaceous of the central part of the Vardar zone. Ph.D. dissertation, University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Belgrade, Serbia, 265 p. (in Serbian).
12. Gallhofer, D., von Quadt, A., Schmid, S.M., Guillong, M., Peytcheva, I., Seghedi, L, 2017. Magmatic and tectonic history of Jurassic ophiolites and associated granitoids from the South Apuseni Mountains (Romania). *Swiss Journal of Geosciences*, 110, 699-719.
13. Handy, M. R., Schmid, S.M., Bousquet, R., Kissling, E., Bernoulli, D., 2010. Reconciling plate-tectonic reconstructions of Alpine Tethys with the geological-geophysical record of spreading and subduction in the Alps. *Earth Science Reviews*, 102,121-158.
14. Horváth, F., Musitz, B., Balázs, A., Végh, A., Uhrin, A., Nádor, A., Koroknai, B., Pap, N., Tóth, T., Wórum, G. 2015. Evolution of the Pannonian basin and its geothermal resources. *Geothermics*, 53, 328-352.
15. Karamata, S., Vasić, N., Olujić, J., Vishnevskaya, V., Marchenko, T., Yakushev, A., Vujnović, L., Micić, V., 2004. The bedded chert sequence of the Uzlomac (Bosnia) and association formed at the continental slope beneath the Dinaridic Upper Triassic-Jurassic Carbonate Platform. *Bulletin T. 119, de l'Academie Serbe des Sciences et des Arts. Science Naturelles*, 42, 364-378.
16. Karamata, S., 2006. The geological development of the Balkan Peninsula related to the approach, collision and compression of Gondwana and Eurasian units. In A.H.F. Robertson & D. Mountrakis (Ed.), *Tectonic development of the Eastern Mediterranean region*. Geological Society London, Special Publication, 260, 155-178.
17. Kossmat, F., 1924. Geologie der zentralen Balkanhalbinsel. Mit einer Übersicht des dinarischen Gebirgsbaus. Gebrüder Bornträger, Berlin, 198 p.
18. Marović, M., Djoković, I., Pešić, L., Radovanović, S., Toljić, M., Gerzina, N., 2002. Neotectonics and seismicity of the southern margin of the Pannonian basin in Serbia. In: S. Cloetingh, F. Horvath, G. Bada and A. Lankreijer (Editors), *Neotectonics and surface*

- processes: the Pannonian Basin and Alpine/Carpathian System. EGU Special Publication, 277-295.
19. Marović, M., Djoković, I., Toljić, M., Spahić, D., Milivojević, J., 2007a. Extensional unroofing of the Veliki Jastrebac Dome (Serbia). *Annales Geologiques de la Peninsule Balkanique*, 68, 21-27.
 20. Marović, M., Djoković, I., Toljić, M., Milivojević, J., Spahić, D., 2007b. Paleogene-Early Miocene deformations of Bukulja-Vencac crystalline (Vardar Zone, Serbia). *Annales Geologiques de la Peninsule Balkanique*, 68, 9-20.
 21. Matenco, L., Radivojević, D., 2012. On the formation and evolution of the Pannonian Basin: Constraints derived from the structure of the junction area between the Carpathians and Dinarides. *Tectonics*, 31, TC6007, 1-31.
 22. Mikes, T., Christ, D., Petri, R., Dunkl, I., Frei, D., Baldi-Beke, M., Reitner, J., Wemmer, K., Hrvatović, H., 2008. Provenance of the Bosnian Flysch. *Swiss Journal of Geosciences*, 101, 31-54.
 23. Pamić, J., 1984. Triassic magmatism of the Dinarides in Yugoslavia. *Tectonophysics*, 109, 273-307.
 24. Pamić, J., 2002. The Sava-Vardar Zone of the Dinarides and Hellenides versus the Vardar Ocean. *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 95 (1), 99–113.
 25. Pamić, J., Tomljenović, B., Balen, D., 2002. Geodynamic and petrogenetic evolution of Alpine ophiolites from the central and NW Dinarides: an overview. *Lithos*, 65, 113-142.
 26. Prelević, D., Wehrheim, S., Reutter, M., Romer, R.L. Boev, B., Bozović, M., van den Bogaard, P., Cvetković, V., Schmid, S.M., 2017. The Late Cretaceous Klepa basalts in Macedonia (FYROM)—Constraints on the final stage of Tethys closure in the Balkans. *Terra Nova*, 29, 145-153.
 27. 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 and Sr-Nd-Pb isotopes. *Lithos*, 108, 131-150.
 28. Schefer, S., Egli, D., Missoni, S., Bernoulli, D., Gawlick, H.J., Jovanović, D., Krystyn, L., Lein, R., Schmid, S.M., Sudar, M., 2010. Triassic sediments in the Internal Dinarides (Kopaonik area, southern Serbia): stratigraphy, paleogeographic and tectonic significance. *Geologica Carpathica* 61, 89-109.
 29. Schefer, S., 2012. Tectono-metamorphic and magmatic evolution of the Internal Dinarides (Kopaonik area, southern Serbia) and its significance for the geodynamic evolution of the Balkan Peninsula. (PhD thesis). University of Basel, Switzerland, 224 p.
 30. Schmid, S.M., Bernoulli, D., Fugenschuh, B., Matenco, L., Schefer, S., Schuster, R., Tischler, M., Ustaszewski, K., 2008. The Alpine-Carpathian-Dinaridic orogenic system: correlation and evolution of tectonic units. *Swiss Journal of Geosciences*, 101, 139-183.
 31. Sokol, K., Prelević, D., Romer, R., van den Bogaard, P., 2017. The Late Cretaceous lamprophyres within the Sava Zone: Petrology, geochemistry and geodynamic significance. Abstract volume of the 13th workshop on Alpine Geological Studies. EGU series: Emile Argand Conference Zlatibor Mts., 99.
 32. Stojadinović, U., Matenco, L., Andriessen, P.A.M., Toljić, M., Foeken, J.P.T., 2013. The balance between orogenic building and subsequent extension during the Tertiary evolution of the NE Dinarides: Constraints from low-temperature thermochronology. *Global and Planetary Change*, 103, 19-38.
 33. Stojadinović, U., Matenco, L., Andriessen, P., Toljić, M., Rundić, L., Ducea, M.N., 2017. Structure and provenance of Late Cretaceous–Miocene sediments located near the NE

- Dinarides margin: Inferences from kinematics of orogenic building and subsequent extensional collapse. *Tectonophysics*, 710–711, 184-204.
34. Šegvić, B., Slovenec, D., Altherr, R., Babajić, E., Mählmann, R., Lugović, B. 2018. Petrogenesis of high-grade metamorphic soles from the Central Dinaric Ophiolite belt and their significance for the Neotethyan evolution in the Dinarides. *Ofioliti*, 44(1), 1-30.
35. Malešević, M., Vukanović, M., Obradinović, et al., 1980. Explanatory booklet for sheet Kuršumlija. Basic Geological Map of Yugoslavia 1:100,000. Federal Geological Institute, Belgrade. 58 p.
36. Toljić, M., Matenco, L., Ducea, M.N., Stojadinović, U., Milivojević, J., Djerić, N., 2013. The evolution of a key segment in the Europe–Adria collision: the Fruška Gora of northern Serbia. *Global and Planetary Change*, 103, 39–62.
37. Toljić, M., Matenco, L., Stojadinović, U., Willinshofer, E., Ljubović-Obradović, D., 2018. Understanding fossil fore-arc basins: Inferences from the Cretaceous Adria-Europe convergence in the NE Dinarides. *Global and Planetary Change*, 171, 167-184.
38. Ustaszewski, K., Schmid, S. M., Lugović, B., Schuster, R., Schaltegger, U., Bernoulli, D., Hottinger, L., Kounov, A., Fugenschuh, B., Schefer, S., 2009. Late Cretaceous intra-oceanic magmatism in the internal Dinarides (northern Bosnia and Herzegovina): Implications for the collision of the Adriatic and European plates. *Lithos*, 108, 106-125.
39. Vishnevskaya, V. S., Djerić, N., Zakariadze, G.S., 2009. New data on Mesozoic Radiolaria of Serbia and Bosnia, and implications for the age and evolution of oceanic volcanic rocks in the Central and Northern Balkans. *Lithos*, 108, 72-105.

RAZUMJEVANJE MECHANIZMA POST-SREDNJIJEMIOCENSKE INVERZIJE U CENTRALNIM DINARIDIMA NA PRIMJERU SARAJEVSKO-ZENIČKOG I KONJIČKOG BASENA

UNDERSTANDING THE MECHANISM OF POST-MIDDLE MIOCENE INVERSION IN THE CENTRAL DINARIDES: INFERENCES FROM THE STUDY OF THE SARAJEVO-ZENICA AND KONJIC BASINS

Vedad Demir^{1,2}, Liviu Matenco¹, Marianne van Unen¹, Hazim Hrvatović²

¹Utrecht University, Faculty of Geosciences, Utrecht, The Netherlands (v.demir@uu.nl),

²Federal Institute for Geology, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina

Ključne riječi: Inverzija, indentacija, subdukcija, transpresija, ekstenzija, raspodjela deformacija, stepover, restraining bend

Sažetak

Dinaridi su dio Mediteranskog orogenog sistema koji je formiran za vrijeme Mezozoika i Kenozoika kao rezultat zatvaranja sjevernog ogranka Neotetisa smještenog između evropskih kontinentalnih jedinica i kontinentalnih jedinica Jadranske mikroploče. Srednjetrijsko otvaranje ovog okeana je povezano sa riftinim magmatizmom i formiranjem pasivne margine kontinentalne Jadranske mikroploče.

U srednjoj juri započela je okeanska subdukcija u Dinaridima, nakon čega je u gornjoj juri i početkom donje krede uslijedila obdukcija ofiolita i genetski povezanog ofiolotnog melanža preko pasivne kontinentalne margine. Nastavkom okeanske subdukcije u najgornjoj kredi započela je kontinentalna kolizija između kontinentalnih jedinica Jadranske mikroploče i Evropske ploče što je rezultiralo stvaranjem Sava zone kao zone šava okeana Neotetis. Ova zona šava razdvaja Dinaride Jadranske mikroploče od Srpsko-makedonske mase i Tisza mega jedinice kao dijela Evropske ploče.

Početak kolizije povezan je i sa stvaranjem debelih naslaga dubokovodnih sin-kontrakcijskih kampan-mastriht turbidita koje su lokalizovale deformacije za vrijeme navlačenja (kraljuštanja). Kolizija se nastavila i za vrijeme paleogena ali se deformacije generalno pomijeraju ka vanjskim Dinaridima. Vrhunac eocensko-oligocenskih kontrakcijskih deformacija predstavljenih jugozapadnim navlačenjem je povezana sa depozicijom eocenskih turbidita i gornjeeocensko-oligocenske konglomeratične sekvence molasa (Promina slojevi) naslaganih u blizini čela navlaka.

Krajem eocena i većim dijelom miocena Dinaride je zahvatila ekstenzija širokih razmjera koja je najvjerojatnije povezana sa formiranjem Panonskog back-arc basena. Ovom ekstenzijom formirani su detachmenti velikih razmjera i drugih listrični normalni rasjedi duž Sava zone i u čelima navlaka u Dinaridima. Ekstenzijom je formiran veliki broj izoliranih intra-montane basena poznatih kao Jezerski sistem Dinarida.

Nakon toga, negdje u gornjem miocenu počinje sjeverno do sjeveroistočno orijentisana indentacija čime se formiraju brojne transpresivne strukture koje deformišu ove neogene basene. Ova posljednja, još uvijek aktivna tektonska faza, predmet je rasprave među tektoničarima o njenoj genezi, kinematici i uopće postojanju tektonike nakon paleogena.

Mi smo detaljno istraživali mehanizam indentacije u neogenim basenima Centralnih Dinarida Bosne i Hercegovine, naročito u najvećem Sarajevsko-zeničkom basenu te Konjičkom basenu. U smislu sedimentacije, miocenska extenzija je povezana sa sin-kinematskom depozicijom klastičnih klinova u spuštenim blokovima normalnih rasjeda. Kartiranjem prikupljeni kinematski podaci ukazuju da se inverzija koja se odvija posljednjih 8 miliona godina karakteriše velikom raspodjelom deformacija distribuisanih na takav način da sjeverozapadno-jugoistočni do sjever-jug orijentisani dekstralni strike-slip rasjedi premještaju svoj hod (offset) na istok-zapad orijentisane navlake, visokoinklinirane reversne rasjede i nabore duž transpresijskih step-over i restraining bend struktura. Sveukupna transpresija je raspodjeljena duž naslijeđenih normalnih rasjeda sa velikim skokom i orogenetskih kontakata. Nastavak deformacija duž zakrivljene geometrije ovih struktura rezultirala je u djelimičnoj rotaciji, suprotno od kazaljke na satu, oko vertikalne ose, mijenjajući kinematiku sa navlačenja velikog iznosa kretanja na dekstralno strike-slip kretanje. Ukupni dekstralni transpresijski transfer je također raspodijeljen duž basena na takav način da je kretanje jako varijabilno duž pojedinih struktura, iako su ukupne deformacije relativno konstantne.

Deformisanje je još uvijek aktivno što je evidentirano seizmičnošću i distribucijom aktivnih rasjeda. U razmjeri Dinarida, studirane deformacije su dio većeg sistema sjever-jug do sjeverozapad-jugoistok orijentiranih dekstralnih transpresijskih rasjeda, stepover i restraining bend struktura koje prenose deformacije sa sjeverozapadnog unutrašnjeg dijela na jugoistočni vanjski dio gdje se deformacije povezuju sa aktivnom subdukcijom i navlačenjem evidentiranim jugoistočno u Albanidima i Helenidima.

Abstract

The Dinarides are part of the Mediterranean orogenic system that formed during Mesozoic–Cenozoic times in response to the closure of a northern branch of the Neotethys Ocean located between Europe- and Adria- derived continental units. The Middle Triassic opening of this ocean was associated with rift-related magmatism and was followed by the formation of Adriatic passive continental margin.

In the Middle Jurassic, oceanic subduction took place in the Dinarides, which was followed by the obduction over the Dinarides passive continental margin of ophiolites and the formation of a genetically related ophiolitic mélangé during Late Jurassic-earliest Cretaceous times. By continuation of oceanic subduction the onset of continental collision between the Adria- and European- derived continental units took place during the latest Cretaceous, which resulted in the formation of the Sava zone as the suture of the Neotethys Ocean. This suture separates the Adriatic-derived Dinarides from the European-derived Serbomacedonian and Tisza units.

The onset of collision was associated with the thick deposition of syn-contractual Campanian–Maastrichtian turbidites in a deep-water environment, which localized deformation during nappe stacking. The collision continued during Paleogene times, but deformation migrated to more external areas of the Dinarides. The peak Eocene-Oligocene shortening in the External Dinarides created SW–ward thrusting and was associated with the deposition of Eocene turbidites and a late Eocene–Oligocene coarse conglomeratic regressive molasse sequence (the Promina Beds) deposited near thrust contacts.

The Late Oligocene - Miocene extension has affected the Dinarides which is the most probably related to the formation of the Pannonian Basin back-arc. This extension has created large-scale detachments and other listric normal faults along the entire length of the Sava zone and other Dinarides nappe contacts. Extension has formed a large number of isolated intra-montane basins known as the Dinaric Lake System.

This was followed by N to NE oriented indentation started somewhere in the upper Miocene, which has formed numerous transpressive structures that have deformed these Neogene basins. This last, still active tectonic phase, is a subject of discussion among tectonicists about its genesis, kinematics and the existence of tectonics after paleogene.

We have studied in detail the mechanics of indentation in some of the largest Miocene basins located in the Central Dinarides of Bosnia and Herzegovina, such as the Sarajevo-Zenica and Konjic. In terms of sedimentation, the Miocene extension was associated with a basin deepening stage characterized by syn-kinematic deposition of clastic wedges in the hanging-wall of normal faults. Field data kinematics has demonstrated that the post- 8 Ma inversion was characterized by large amounts of strain partitioning distributed in such a way that NW-SE to N-S oriented dextral strike-slip faults transfer their offsets to E-W oriented thrusts, high-angle reverse faults and folds along transpressional step-overs and retraining bends. The overall transpression is partitioned along inherited large-offset normal faults and orogenic contacts, while continuation of deformation along the curved geometry of such structures resulted in limited counter-clockwise rotation around vertical axes, changing the kinematics of large offset thrusts to dextral strike-slip. The overall dextral transpressional transfer has also partitioned deformation across basins in such a way that offsets are highly variable along individual structures, although the total amount of deformation is relatively constant.

The overall deformation is still presently active, as observed in seismicity and distribution of active faults. At the large scale of the Dinarides, the studied deformation is part of a larger system of N-S to NW-SE oriented dextral transpressive faults, step-overs and retraining bends that transfer their deformation from the NW internal part to the SE external part, where deformation connects with the active subduction and thrusting observed SE-ward in the Albanides and Hellenides.

Reference:

1. Dimitrijević, M. D. (1997). *Geology of Yugoslavia*. 2nd edition, Geoinstitute, Belgrade, Serbia.
2. Hrvatović, H. (2006). *Geological Guidebook through Bosnia and Herzegovina* (ISBN: 9958-9351-3). Sarajevo, Bosnia and Herzegovina: Geological Survey of Federation Bosnia and Herzegovina.
3. Hrvatović, H., & Pamić, J. (2005). Principal thrust-nappe structures of the Dinarides. *Acta Geologica Hungarica*, 48/2, 133-151. doi: 10.1556/AGeol.48.2005.2.4
4. Kreemer, C., Holt, W. E., & Haines, A. J. (2003). An integrated global model of present-day plate motions and plate boundary deformation. *Geophysical Journal International*, 154(1), 8-34. doi: 10.1046/j.1365-246X.2003.01917.x
5. Matenco, L., & Radivojević, D. (2012). On the formation and evolution of the Pannonian Basin: Constraints derived from the structure of the junction area between the Carpathians and Dinarides. *Tectonics*, 31(6), TC6007. doi: 10.1029/2012TC003206

6. Matenco, L., Krézsek, C., Merten, S., Schmid, S., Cloetingh, S., & Andriessen, P. (2010). Characteristics of collisional orogens with low topographic build-up: an example from the Carpathians. *Terra Nova*, 22(3), 155-165. doi: 10.1111/j.1365-3121.2010.00931.x
7. Matenco, L., Munteanu, I., ter Borgh, M., Stanica, A., Tilita, M., Lericolais, G., Dinu, C., & Oaie, G. (2016). The interplay between tectonics, sediment dynamics and gateways evolution in the Danube system from the Pannonian Basin to the western Black Sea. *Science of The Total Environment*, 543, 807–827. doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.10.081.
8. Schmid, S., Bernoulli, D., Fügenschuh, B., Matenco, L., Schefer, S., Schuster, R., Tischler, M., & Ustaszewski, K. (2008). The Alpine-Carpathian-Dinaridic orogenic system: correlation 153 and evolution of tectonic units. *Swiss Journal of Geosciences*, 101(1), 139-183. doi: 10.1007/s00015-008-1247-3
9. Ustaszewski, K., Schmid, S. M., Lugović, B., Schuster, R., Schaltegger, U., Bernoulli, D., Hottinger, L., Kounov, A., Fügenschuh, B., & Schefer, S. (2009). Late Cretaceous intraoceanic magmatism in the internal Dinarides (northern Bosnia and Herzegovina): Implications for the collision of the Adriatic and European plates. *Lithos*, 108(1-4), 106-125. doi: 10.1016/j.lithos.2008.09.010
10. Ustaszewski, K., Kounov, A., Schmid, S. M., Schaltegger, U., Krenn, E., Frank, W., & Fügenschuh, B. (2010). Evolution of the Adria-Europe plate boundary in the northern Dinarides: From continent-continent collision to back-arc extension. *Tectonics*, 29(6), TC6017. doi: 10.1029/2010TC002668
11. van Unen, M., Matenco, L., Nader, F.H., Darnault, R., Mandic, O., & Demir, V. (2019). Kinematics of foreland-vergent crustal accretion: inferences from the Dinarides evolution. *Tectonics*, 38, doi: 10.1029/2018TC005066.
12. Zupanič, J., & Babić, L. (2011). Sedimentary evolution of an inner foreland basin margin: Paleogene Promina Beds of the type area, Mt. Promina (Dinarides, Croatia). *Geologia Croatica*, 64(2), 101-120. Retrieved from <https://hrcak.srce.hr/71039>

KEMIZAM I GEOTEKTONSKI SKLOP SREDNJETRIJASKIH VULKANSKIH I VULKANOKLASTIČNIH STIJENA DONJEG PAZARIŠTA U HRVATSKOJ I BOSANSKOG GRAHOVA U BOSNI I HERCEGOVINI

GEOCHEMISTRY AND GEOTECTONIC SETTING OF THE MIDDLE TRIASSIC VOLCANIC AND VOLCANICLASTIC ROCKS FROM DONJE PAZARIŠTE IN CROATIA AND BOSANSKO GRAHOVO IN BOSNIA AND HERZEGOVINA

Smirčić Duje, Garašić Vesnica, Aljinović Dunja, Barudžija Uroš

Smirčić Duje, viši asistent Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu,
dsmircic@rgn.hr

Garašić Vesnica, izv. prof. Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Aljinović Dunja, red.prof. Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Barudžija Uroš, doc. Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

Ključne riječi: srednji trijas, Donje Pazarište, Bosansko Grahovo, Vanjski Dinaridi, magmatizam, vulkanoklastiti, geokemija, geotektonski sklop

Keywords: Middle Triassic, Donje Pazarište, Bosansko Grahovo, External Dinarides, magmatism, volcanoclastics, geochemistry, geotectonic setting

Sažetak:

Srednjetrijaske vulkanske i vulkanoklastične stijene se na području Vanjskih Dinarida pojavljuju kao manja tijela neutralnih do bazičnih stijena, dok su u sedimentnim sukcesijama prisutni različiti vulkanoklastični varijeteti. Vulkanizam u srednjem trijasu Vanjskih Dinarida uobičajeno se veže za dezintegraciju prostora procesima nastanka rifta (Belak, 2000; Marjanac, 2000). Intenzivna magmatska faza bila je do sada definirana u razdoblju ladinika, ali novija istraživanja pokazuju da je magmatska aktivnost započela već u aniziku (Smirčić, et al., 2018). Istraženi lokaliteti u okolici Donjeg Pazarišta na Velebitu te u okolici Bosanskog Grahova ukazuju na istovremenu magmatsku aktivnost. U okolici Donjeg Pazarišta analizirane su tri pojave: slijed karbonatnih sedimenata i tufova Donje Pazarište (oznaka DP, debljine 90 m) starosti donji-gornji ilirik, pojava ignimbrita kod Brušana (oznaka V) te pojava jastučastih olivinskih bazalta i hijaloklastita na lokalitetu Jovanović Draga (oznaka JD). Na lokalitetu Bosansko Grahovo u Bosni i Hercegovini, nalazi se interesantna pojava hijaloklastita te naslaga nastalih miješanjem sedimentnog i vulkanskog materijala, također anizičke starosti (ilirik). Petrografska obilježja tufova iz slijeda karbonatnih sedimenata i tufova starosti donji-gornji ilirik (DP) te ignimbrita (V) ukazuju na njihovu genezu eksplozivnim vulkanskim erupcijama neutralnih i kiselih magmi, na kopnu ili u plitkome moru. Pri tome su tufovi s lokaliteta DP sineruptivno pretaloženi u dublji pelagički prostor, što je zaključeno na osnovi njihovih struktura te pelagičkih fosila iz vapnenaca s kojima se tufovi izmjenjuju.

Na lokalitetu Jovanović Draga pojavljuju se jastučasti olivinski bazalti i hijaloklastiti. Karakteristike hijaloklastita ukazuju na bazaltne izljeve nastale u dubljem marinskom okolišu te na procese autofragmentacije bazaltne magme u kontaktu s hladnom morskom vodom, kao i na pretaloživanje uz istovremeno miješanje s fragmentima pelagičkih vapnenaca.

Vulkanoklastiti u okolini Bosanskoga Grahova, gdje je tijekom ilirika uz fragmentaciju bazaltno-andezitne magme također došlo do miješanja s pelagičkim vapnencima, pokazuju slične karakteristike kao i hijaloklastiti Jovanović Drage.

Biostratigrafski podaci iz sljedova karbonatnih sedimenata i tufova Donjeg Pazarišta i Bosanskog Grahova (analiza konodonata i amonita iz proslojaka vapnenaca) ukazuju na vulkanizam u istom stratigrafskom intervalu (donji-gornji ilirik), iako su na oba lokaliteta prisutni genetski vrlo različiti vulkanoklastiti. Tako je vulkanoklastični materijal na lokalitetu Donje Pazarište vezan uz eksplozivni vulkanizam na kopnu te je sinsedimentacijski pretaložen u pelagički okoliš, dok lokalitet Bosansko Grahovo karakteriziraju izravni bazaltni izljevi u dubljem marinskom okolišu, uz tvorbu hijaloklastita. Iako jastučasti olivinski bazalti i hijaloklastiti Jovanović Drage nisu stratigrafski definirani, postoji sličnost u vulkanskim procesima pa se hijaloklastiti Bosanskoga Grahova mogu usporediti s onima Jovanović Drage. Isto se tako ignimbriti Brušana (neutvrđene starosti) genetski mogu korelirati s eksplozivnim vulkanizmom na kopnu, koji je utjecao na sedimentaciju na lokalitetu Donje Pazarište.

Iako vulkanske i vulkanoklastične stijene sva četiri lokaliteta ukazuju na različite uvjete taloženja i genezu, njihov geokemijski sastav pokazuje jedinstveno porijeklo magme.

Rezultati geokemijskih analiza pokazuju da srednjetrijska magma u Vanjskim Dinaridima ima kalcijsko-alkalijski karakter, kakav je uobičajen u područjima subdukcije. U dijagramu Ti/Y vs. Zr/Y (Pearce & Gale, 1977) uzorci srednjetrijskih vulkanoklastita se projiciraju u područje bazaltnih magmi nastalih na granicama tektonskih ploča, a u dijagramu Nb/Yb vs. Th/Yb (Pearce, 2008) u područje kontinentalnih lučnih bazalta. To nije u suglasju s idejom geneze ovih stijena u klasičnim riftnim sistemima za koje se pretpostavlja da su se formirali tijekom srednjega trijasa u zapadnom Tetiskom prostoru. Dodatno, u La/10-Y/15-Nb/8 dijagramu (Cabanis & Lescolle, 1989) analizirani uzorci se projiciraju u područje kalcijsko-alkalijske magme i magme kontinentalnih područja.

U geotektonskim diskriminacijskim dijagramima prema Wood-u (1980) (Th-Hf/3-Nb/16; Th-Hf/3-Ta; Th-Zr/117-Nb/16) niti jedan od uzoraka se ne projicira u područje bazalta srednjeoceanskih grebena, već svi u područje vulkanskih lukova, ukazujući time na genezu srednjetrijske magme vezanu za aktivne subdukcijske procese ili za moguće taljenje stijena koje su formirane u ranije aktivnim subdukcijskim zonama. Svi geokemijski podaci sugeriraju relativno specifične uvjete nastanka srednjetrijske magme u Vanjskim Dinaridima, kao i u okolnom zapadno Tetiskom prostoru (Crisci et al., 1984; Castellarin et al., 1988; Obenholzner, 1991; Harangi et al., 1996; Trubelja et al., 2004). Geološki i geotektonski gledano, srednji trijas zapadnoga Tetisa bio je obilježen subdukcijom Cimerijskog podkontinenta prema sjevernoj obali Tetiskog oceana te otvaranjem Neotetisa (Scotese, 2002; Stampfli & Borel, 2003). U zaleđu glavne subdukcijske zone formirano je više manjih inicijalnih zalučnih riftova povezanih s riftnom zonom otvaranja Neotetisa. Ovi riftovi se nisu u početnoj fazi razvitka u potpunosti razvili u prave riftne sustave, već su u određenom trenutku prestali biti aktivni. Jedan takav sustav protezao se i područjem Dinarida. Pretpostavlja se da je subdukcija Cimerijskog podkontinenta pod sjevernu obalu Tetiskog oceana (odnosno pod južnu obalu Pangee) imala

utjecaj na sastav magme i srednjetrijski magmatizam u području Vanjskih Dinarida. Moguće je da je ranija subdukcija, okončana nastankom Pangee hercinskom orogenezom, također utjecala na kasniji sastav srednjetrijske magme, dajući joj subdukcijsko obilježje, odnosno noseći karakteristike plašnog materijala kontaminiranog materijalom kontinentalne kore. Rezultati geokemijskih analiza stijena sa sva četiri lokaliteta ukazuju na jedinstven magmatski regionalni događaj koji je producirao vulkanski i vulkanoklastični materijal na području Vanjskih Dinarida u srednjem trijasu.

Abstract

Middle Triassic volcanic and volcanoclastic rocks appear in the External Dinarides as small bodies of neutral and basic rocks, while in sedimentary successions different volcanoclastic rocks are present. Middle Triassic volcanism in the External Dinarides was usually related to rifting and disintegration (Belak, 2000; Marjanac, 2000). Intensive magmatic phase was dated so far as Ladinian, while recent investigations indicate magmatic activity already in Anisian (Smirčić, et al., 2018). Investigated localities, in Donje Pazarište area at Velebit Mt. and in Bosansko Grahovo, suggest contemporaneous phases of magmatic activity. Three sedimentary successions of Lower to Upper Illyrian age with carbonates and tuffs in Donje Pazarište area (DP, 90 m thick), ignimbrites near Brušane village (V), as well as pillows of olivine basalts and hyaloclastics at Jovanović Draga locality (JD), were analyzed in the Croatian part of the External Dinarides. An interesting succession of hyaloclastics and mixed sedimentary-volcanic material of Anisian (Illyrian) age is investigated at Bosansko Grahovo locality in Bosnia and Herzegovina.

Petrographic characteristics of tuffs from Lower to Upper Illyrian carbonates and tuffs succession (DP), as well as ignimbrites (V) indicate genesis by explosive volcanic eruptions of neutral and acidic magmas, on land and in the shallow sea. Tuffs from DP locality were syneruptively resedimented into deeper pelagic environment, that is interpreted from the sedimentary structures and pelagic fossils from limestones interlayered with tuffs.

Pillows of olivine basalts and hyaloclastics appear at Jovanović Draga locality (JD). The characteristics of hyaloclastics indicate basaltic effusions, originated in deeper marine environment and auto-fragmentation of basaltic magma in contact with cold sea water, as well as their resedimentation with contemporaneous mixing with pelagic limestone fragments.

Volcanoclastics from Bosansko Grahovo area, where was also in Illyrian documented fragmentation of basaltic-andesitic magma and mixing with pelagic limestones, show characteristics similar to hyaloclastics from Jovanovića Draga locality.

Biostratigraphic results from the successions of hyaloclastics and mixed sedimentary-volcanic material at Donje Pazarište and Bosansko Grahovo localities (analysis of conodonts and ammonites from limestone interlayers) indicate contemporaneous volcanism (Lower to Upper Illyrian), despite genetically different types of volcanoclastics. Volcanoclastic material at Donje Pazarište locality is related to explosive volcanism on land, and it is synsedimentary redeposited into pelagic environment, while direct basaltic effusions in deeper marine environment followed by hyaloclastics, is characteristic at Bosansko Grahovo locality. Although olivine pillow basalts and hyaloclastics from Jovanović Draga are not stratigraphically defined, there is a significant resemblance of their formation mechanisms with the hyaloclastics from

Bosansko Grahovo section. Similarly, pyroclastic flow deposits of undefined age from Brušane locality can be genetically correlated with explosive volcanism on land that influenced the deposition at Donje Pazarište locality.

Although volcanic and volcanoclastic rocks from all four localities indicate different depositional and genetic processes, their geochemical characteristics imply the same magma origin.

Results of the geochemical analyses indicate calc-alkaline character of the Middle Triassic magma in the External Dinarides, suggesting its origin in the subduction zones. The Ti/Y vs. Zr/Y diagram (Pearce & Gale, 1977) show that all samples of the Middle Triassic volcanics/volcanoclastics fall in the area of basaltic magmas, formed in plate margin settings. In the Nb/Yb vs. Th/Yb diagram (Pearce, 2008) samples plot in the area of continental arc basalts. These data are not in agreement with a general concept of magma originated in classical rift systems, which is usually presumed for Middle Triassic rift formation in the Western Tethys. Additionally, in the La/10-Y/15-Nb/8 diagram (Cabaniš & Lescolle, 1989), analyzed samples plot in the area of calc-alkaline magma and magma generated in the continental areas. In the discrimination diagrams by Wood (1980) (Th-Hf/3-Nb/16; Th-Hf/3-Ta; Th-Zr/117-Nb/16), none of the samples plot in the area of mid-ocean ridge basalts. Furthermore, they are all well grouped in the area of volcanic arcs, indicating Middle Triassic magma generated in the active subduction zones, or melting of the rocks formed in the former subduction zones. All geochemical results suggest that the Middle Triassic magma generated in the specific conditions in the area of External Dinarides, as well as in the surrounding Western Tethyan area (Crisci et al., 1984; Castellarin et al., 1988; Obenholzner, 1991; Harangi et al., 1996; Trubelja et al., 2004). Geotectonically, the Middle Triassic of the Western Tethys was characterized by the subduction of the Cimmerian subcontinent towards the northern Tethyan Ocean and the opening of Neotethys (Scotese, 2002; Stampfli & Borel, 2003). In the hinterland of the main subduction zone, several small initial back-arc rifts were formed and related to the opening of the Neotethyan rift zone. These rifts did not develop in real rift systems in the early stages, and they stop being active at a certain point.

One of these systems stretched through the Dinarides. It is assumed that the subduction of the Cimmerian subcontinent beneath the north Tethyan coast (southern Pangea) had the influence on the magma composition and Middle Triassic magmatism in the External Dinarides. It is possible that the former subduction, finalized by the Hercinian orogenesis and formation of Pangea, influenced the Middle Triassic magma as well. It gave to magma subduction characteristics, or the characteristics of mantle material contaminated by the continental crust. The results of geochemical analysis for rocks from all four investigated localities indicate unique magmatic regional event in the Middle Triassic, which produced volcanic and volcanoclastic material in the area of the External Dinarides.

Reference:

1. Belak, M., (2000): Postaja 2: profil Sutina-Zelovo Sutinsko; Kristaloklastični i vitoroklastični tufovi (pietra perde) s proslojcima silicificiranih dolomita, vapnenaca, tufita i rožnjaka. U: Jelaska, V., Benček, Đ., 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, IGI, Zagreb.

2. Cabanis, B., & Lecolle, M., (1989): Le diagramme La/10-Y/15-Nb/8; un outil pour la discrimination des series volcaniques et la mise en evidence des processus de mélange et/ou de contamination crustale. *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences, Serie 2, Mecanique, Physique, Chimie, Sciences de l'Univers, Sciences de la Terre*, 309 (20), 2013-2029.
3. Castellarin, A., Lucchini, F., Rossi, P.L., Selli, L., & Simboli, G., (1988): The Middle Triassic magmatic-tectonic arc development in the Southern Alps. *Tectonophysics*, 146, 79-89.
4. Crisci, C.M., Ferrara, G., Mazzuoli, R., & Rossi, P.M., (1984): Geochemical and geochronological data on Triassic volcanism in the Southern Alps of Lombardy (Italy): genetic implications. *Geol.Rundschau*.73, 279-292.
5. Harangi, Sz., Szabó, Cs., Józsa, S., Szoldán, Zs., Árváné Sós, E., Balla, M., & Kubovics, I., (1996): Mesozoic igneous suites in Hungary: implications for genesis and tectonic setting in the northwestern part of Tethys. *Int. Geol. Rev.*, 38, 336–360.
6. Marjanac, T., (2000): Triassic of Dalmatia – Evidence of a failed rift (Muć section). *PANCARDI 2000, Vijesti Hrv. geol. dr.*, 37/2, 117-126.
7. Obenholzner, J.H., (1991): Triassic volcanogenic sediments from the Southern Alps (Italy, Austria, Yugoslavia) – a contribution to the “Pietra verde” problem. *Sedimentary Geology*, 74, 147-171.
8. Pearce, J.A., (2008): Geochemical fingerprinting of oceanic basalts with applications to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust. *Lithos* v.100, 14-48.
9. Pearce, J.A., & Gale, G.H., (1977): Identification of ore deposition environments from trace element geochemistry of associated igneous host rocks. *Geological Society of London, Special publications*, 7, 14-24.
10. Scotese, C.R., (2002): PALAEOMAP website. www.scotese.com
11. Smirčić, D., Kolar-Jurkovšek, T., Aljinović, D., Barudžija, U., Jurkovšek, B., & Hrvatović, H., (2018): Stratigraphic definition and correlation of Middle Triassic the volcanoclastic facies in the External Dinarides: Croatia and Bosnia and Herzegovina. *Journal of Earth Science*, 29/4, 864-878. <https://doi.org/10.1007/s12583-018-0789-1>
12. Stampfli, G.M. & Borel, G., (2003): A revised plate tectonic model for the Western Tethys from Paleozoic to Cretaceous. *AAPG International Conference*, Barcelona, Spain.
13. Trubelja, F., Burgath, K.P., & Marchig, V., (2004): Triassic magmatism in the area of the Central Dinarides (Bosnia and Herzegovina): geochemical resolving of tectonic setting. *Geol. Croatica*, 57, 159-170.
14. Wood, D.A., (1980): The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province. *Earth and Planetary Science Letters*, 50/1, 11-30.

NOVI REZULTATI ISTRAŽIVANJA LEŽIŠTA KOMPLEKSNE RUDE OLOVA, CINKA I BARITA NA PODRUČJU BOROVICE (OPĆINA VAREŠ)

Hrvatović¹, H. i Kamberović², E.

1.Federalni zavod za geologiju Sarajevo

2.Eastern Mining d.o.o Sarajevo

Ključne riječi: Borovica, Vareš, Rupice, olovo, cink, barit, srebro, zlato, bakar

Apstrakt

Rudonosnost područja Borovice (18 km sjeverozapadno od Vareša) je poznata odavno, zbog čega je ovaj teren privlačio pažnju istraživača mineralnih sirovina od vremena srednjovjekovne Bosne pa do danas. Svi istraživači su ukazivali na potencijal područja za pronalazak ležišta olova, cinka, bakra, srebra, zlata i barita i isticali složenost tektonskih odnosa.

Sredinom 20 stoljeća započeta su detaljna istraživanja kompleksne rude olova, cinka i barita na lokalitetu Rupice (2 km, sjeveroistočno od Borovice) i trajala, sa povremenim zastojsima, do 1989. godine, kada su prekinuta zbog pokretanja stečaja Rudnika olova, cinka i barita u Varešu. U tom periodu je izvedeno 46 istražnih bušotina ukupne dužine 7300 m, 700 m podzemnih jamskih radova, preko 2000 m³ istražnih raskopa, geofizička istraživanja i obimna laboratorijska ispitivanja. Geološka istraživanja su finansirana iz različitih fondova (državnih) a istraživanjima su rukovodili geolozi iz Geološkog zavoda sa sjedištem na Ilidži. Na osnovu izvedenih geoloških istraživanja utvrđena su tri tipa orudnjenja: 1)bariti sa sulfidima, 2)polimiktne breče sa piritom, sulfidima olova, cinka i baritom i 3)rudonosni dolomiti. Krajem 1989 godine izvršen proračun rezervi B+C₁ kategorije od 1,5 miliona tona rude sa prosječnim sadržajima Pb+Zn=6,8% i BaSO₄=51,43%. Na osnovu, manjeg obima ispitivanja (u kompozitnim uzorcima i zlata u dvije bušotine) izvršena je i procjena sadržaja Cu=0,45%, Ag=135 gr/t i Au=1-4 gr/t.

Pokretanje novih aktivnosti na istraživanju ovog ležišta započelo je dodjelom ugovora o koncesiji privrednom društvu Eastern Mining d.o.o Sarajevo. Privredno društvo Eastern Mining d.o.o Sarajevo je na osnovu odobrenja za geološka istraživanja Federalnog ministarstva energije, rudarstva i industrije izvelo istraživanja tokom 2017 i 2018. godine. U 2017 i 2018 godini, izvedene su 44 bušotine obima 9544 m, obimna laboratorijska ispitivanja kvaliteta rude, geohemijska i geofizička istraživanja šireg područja ležišta Rupice.

Hemijska ispitivanja jezgra bušotina (dužina jezgra za jedan uzorak je 2 m) iz 2017 i 2018. godine su vršena u laboratoriji ALS Minerals sa sjedištem u Boru (R Srbija). Hemijski sadržaj barita je urađen u 1567 uzoraka, cinka 1794 i olova u 1826 uzorka. Hemijskim ispitivanjima utvrđen je sadržaj i slijedećih komponenti na svim uzorcima iz bušotina: Ti, Sb, S, P, Ni, Mo, Mn, Hg, Fe, Cu, Co, Cd, Ca, Bi, As, Ag i Au.

Da postoji značajan potencijal, ležišta na lokalitetu Rupice, pokazali su podaci o debljini rudnog tijela i prosječni sadržaji olova, cinka, bakra, srebra, zlata i barita:

- bušotina Br-1-17 je presjekla rudno tijelo debljine 64 m sa sadržajima 5,1% olova, 8,5% cinka, 1,0% bakra, 347 g/t srebra i 2,3 g/t zlata;
- bušotina BR-4-17 je presjekla rudno tijelo debljine 30 m sa sadržajima 4,2% olova, 5,76% cinka, 0,21% bakra, 382 g/t srebra i 3,47 g/t zlata;
- bušotina BR-7-17 je presjekla rudno tijelo debljine 40 m sa sadržajima 5,45% olova, 8,17% cinka, 0,58% bakra, 478 g/t srebra i 3,62 g/t zlata.
- bušotina BR-10-18 je presjekla rudno tijelo debljine 28 m sa sadržajima olova 5,9%, cinka 10,8%, 271 g/t srebra, 3,4g/t zlata, 0,5% bakra i 61% barita.
- bušotina BR-12-18 je presjekla rudno tijelo debljine 18 m sa sadržajima olova 4,2%, cinka 8,2%, 131 g/t srebra, 1,4g/t zlata, 0,8% bakra i 27% barita;
- bušotina BR-13-18 je presjekla dva rudna tijela debljine 22 i 24 m. Rudno tijelo debljine 22 mima sadržaj olova 1,2%, cinka 0,6%, 91 g/t srebra, 1,4g/t zlata, 0,3% bakra i 41% barita, a rudno tijelo debljine 24 metra ima sadržaj olova 7,7%, cinka 14,8%, 167 g/t srebra, 3,7g/t zlata, 0,7% bakra i 53% barita,
- bušotina BR-17-18 je presjekla rudno tijelo debljine 66 m sa sadržajima 9,5% cinka, 4,9% olova, 187 g/t srebra, 2,4 g/t zlata, 0,5% bakra i 56% barita
- bušotina BR-22-18 je presjekla rudno tijelo debljine od 42 m, sa visokom koncentracijom Zn-14,1%, Pb-8,4%, Ag-245 g/t Ag, Au-5,7 g/t Au, Cu-1,4% i 47% BaSO₄.
- bušotina BR-25-18 je presjekla rudno tijelo debljine 46 m sa sadržajima od 12.7% Zn, 9.6% Pb, 309g/t Ag, 4.1g/t Au, 1.0% Cu, i 40% BaSO₄.
- bušotina BR-32-18 je presjekla rudno tijelo debljine 20m sa sadržajima: 8.2% Zn, 5.6% Pb, 479g/t Ag, 4.1g/t Au, 0.5% Cu, i 60% BaSO₄.
- bušotina BR-36-18 je presjekla rudno tijelo debljine 72m sa sadržajima od 18.3% Zn, 10.7% Pb, 211g/t Ag, 2.5g/t Au, 2.5% Cu, i 25% BaSO₄.

Detaljnim istražnim bušenjem i geološkim kartiranjem utvrđeno je da je ležište smješteno u dupleks strukturi (a ne u prevrnutoj sinklinali kako je to ranije smatrano) u kojoj postoji više ravni navlačenja.

Rudnomikroskopska ispitivanja su obuhvatila masivna sulfidna tijela (bariti sa sulfidima) i polimiktne orudnjene breče. Ispitivanjima je utvrđeno slijedeće:

Ruda cinka je u suštini niskožljezni sfalerit. Cink je također detektiran i u tetraedritu. Sfalerit u rudi se javlja na slijedeći način:

- Sfalerit u zrnima veličine od 10 do 200 μ se javlja 50 %u masivnim baritima i podređeno uz zrna galenita i pirita.
- Sfalerit u zrnima veličine od 0,5 do 1mm je zastupljen oko 20 u kompozitu sa baritom.
- Sfalerit sa mm veličinom zrna kao i galenit je zastupljen 10%
- Sfalerit i galenit sa zrnima >mm 10% i
- Sfalerit/pirit+galenit (u zrnima 100 μ 5% u baritu).

Ruda olova je uglavnom predstavljena galenitom i podređeno burnonitom. Galenit se dominantno javlja sa sfaleritom unutar masivnih barita. Dodatni sadržaji galenita se javljaju uz kolomorfne piritite, u zrnima veličine 100μ u baritu. Podređeno se javlja uz grubozrne piritite i tetraedrite. Masivni galenit sa 50μ se javlja kao inkluzije u burnonitu i piritu.

Ruda bakra je predstavljena halkopiritom, burnonitom i tetraedritom/tenantitom. Halkopirit se javlja u zrnima veličine $50-150\mu$ u tetraedritu unutar barita.

Pirit se većinom pojavljuje kao diseminacija unutar barita a nalazi se i kao vezan sa sfaleritom i galenitom te kao zasebna masivna tijela.

Srebro se pretežno javlja uz galenit. Neki od tetraedrita također sadrže značajne vrijednosti srebra.

Zlato se javlja uz veoma sitna zrna halkopirita koji se nalazi u baritu, te uz galenit i zrna pirita.

GENEZA I GEOHEMIJSKA DISTRIBUCIJA BARIJA U TLU OKOLINE MAGLAJA

GENESIS AND GEOCHEMICAL DISTRIBUTION OF BARIUM IN THE SOIL OF THE MAGLAJ AREA

Samir Ustalić¹, Elvir Babajić², Alisa Babajić³, Željka Stjepić-Srkalović⁴, Dado Srkalović⁵

¹Samir Ustalić, bach. ing. geol., ustalicsamir@gmail.com

²Dr sc. Elvir Babajić, docent, RGGF Univerziteta u Tuzli, elvir.babajic@untz.ba

³Dr sc. Alisa Babajić, v.ass. - saradnik, RGGF Univerziteta u Tuzli, alisababajic@yahoo.com

⁴Mr sc. Željka Stjepić-Srkalović, v.ass., PMF Univerziteta u Tuzli, zeljka.s.srkalovic@gmail.com

⁵Dr sc. Dado Srkalović, v.ass. - saradnik, RGGF Univerziteta u Tuzli, dadosrkalovic@gmail.com

Korespondent: ustalicsamir@gmail.com

Ključne riječi: barij, geneza, geohemijska raspodjela, tlo, Maglaj

Key words: barium, genesis, geochemical distribution, soil, Maglaj.

Sažetak

Geneza i geohemijska distribucija barija (Ba), kao potencijalno toksičnog elementa (PTE), u tlu okoline Maglaja je definisana na osnovu terenskih istraživanja i laboratorijskih ispitivanja. Uzorkovanje tla je izvršeno prema uputama EuroGeoSurvey - Geohemijske ekspertne grupe. Podloge za uzorkovanje su bile geološka, pedološka i topografska karta mjerila 1:25 000. Sistematskim terenskim istraživanjima prikupljeno je 45 uzoraka tla, koji su nakon laboratorijske obrade podvrgnuti hemijskim ispitivanjima metodom ICP-MS, sa osjetljivim pragom detekcije (1 - 10.000 ppm). Mreža uzorkovanja je obuhvatila eutrični fluvisol (EF) i nekarbonatni eutrični fluvisol (Efn) tip tla.

Sukladno Pravilniku o utvrđivanju dozvoljenih količina štetnih i opasnih tvari u zemljištu i metodama njihovog ispitivanja u FBiH, utvrđene su povišene koncentracije Ba u tlu u rasponu 2,5 - 7 puta većim od dozvoljenih.

Statističkom obradom podataka hemijskih analiza tla, minimalna koncentracija Ba iznosi 167 ppm, maksimalna 690 ppm, srednja vrijednost 374,64 ppm, medijana 345 ppm, standardna devijacija 122,32 i koeficijent varijacije 33%.

Povećane koncentracije Ba u tlu mogu biti produkt antropogenih aktivnosti koje se ogledaju kroz odlaganje industrijskog i kućanskog otpada te kroz upotrebu mineralnih gnojiva na bazi fosfata.

Analizom geološke istorije stvaranja terena, za vrijeme neogena, dacito-andezitni vulkanizam je imao značajnu ulogu u litološkoj građi predmetnog terena. Za kisele ekstruzivne stijene (dacite i andezite) genetski je vezan i Ba koji se veže za petrogene K-feldspate i Ca-plagioklase. S obzirom na geološku građu, geohemijsku distribuciju i dugogodišnje procese dekompozicije i dezintegracije dacito-andezitnih stijena Maglaja, može se zaključiti da su povišene

koncentracije Ba geogenog porijekla i direktno su vezane za dominantne petrogene Ca-plagioklase (andezin (An_{44.3-47.6})).

Abstract

The genesis and geochemical distribution of barium (Ba) as a potentially toxic element (PTE) in the soil of the Maglaj region is defined based on field research and laboratory testing. Soil sampling was performed according to EuroGeoSurvey - Geochemical Expert Group guidelines. The base for sampling were geological, pedological and topographic maps with scale of 1:25 000.

By systematic field examination collected are 45 soil samples, which were subjected to laboratory tests by ICP-MS method, with high detection limit (1 - 10,000 ppm).

The sampling network included mainly eutric fluvisol (EF) and non-carbonate eutric fluvisol soil type.

According to the Regulations on determination of allowed amounts of harmful and hazardous substances in soil in the FBiH, increased concentrations of Ba in the soil were found in the range of 2.5 - 7 times higher than allowed ones.

By statistical processing of chemical soil analysis data, the minimum concentration of Ba is 167 ppm, a maximum is 690 ppm, average value is 374.64 ppm, a median is 345 ppm, standard deviation is 122.32 and a coefficient of variation is 33%.

Increased Ba content in the soil can be product of anthropogenic activities caused by the disposal of industrial and household waste, and through the use of mineral phosphate fertilizers. Analyzing the history of geological creation of the terrain, during Neogene dacite-andesite volcanism played an important role in the lithological composition of the subjected field.

Barium is genetically associated with felsic extrusive rocks (dacite-andesites), where is related to petrogenetic minerals K-feldspar and Ca-plagioklase.

Considering the geological composition and long-term processes of decomposition and disintegration of the dacite-andesite rocks of Maglaj, it can be concluded that increased Ba concentrations have geogenic origins and directly are related to the dominant petrogenic Ca-plagioclase (andesine (An_{44.3 - 47.6})).

Uvod

Geohemijska istraživanja urbanih sredina dobijaju na intenzitetu, što se odrazilo i u razvoju novog ogranka okolišne geohemije - urbane geohemije.

Urbana geohemija proučava urbani ekosistem u urbanim područjima. Ona različitim metodologijama utvrđuje sadržaj potencijalno onečišćujućih tvari u tlu. Metodama urbanog geohemijskog kartiranja određuje se prostorna raspodjela anorganskih i organskih tvari u tlu, njihove geohemijske karakteristike, a detektiraju se i potencijalno onečišćena područja. Takva istraživanja doprinose otkrivanju tačaka onečišćenja u gradovima te njihov monitoring i/ili sanaciju (*Šorša & Halamić, 2014*).

Urbana geohemija se danas može smatrati fundamentom kada se govori o bilo kakvim geohemijskim istraživanjima vezanim za urbana i industrijska područja. Ova poddisciplina geohemije, kroz svoja istraživanja, omogućava stalno praćenje prisustva PTE, utvrđuje njihovu

genezu u tlu, što u konačnici ima za cilj izdvajanje zona koje su u određenoj mjeri izložene riziku za zdravlje ljudi, tzv. „onečišćenih lokacija“.

U maju i augustu 2014. godine dogodile su se ekstremne poplave u regionu, a Maglaj je jedan od teže pogođenih gradova.

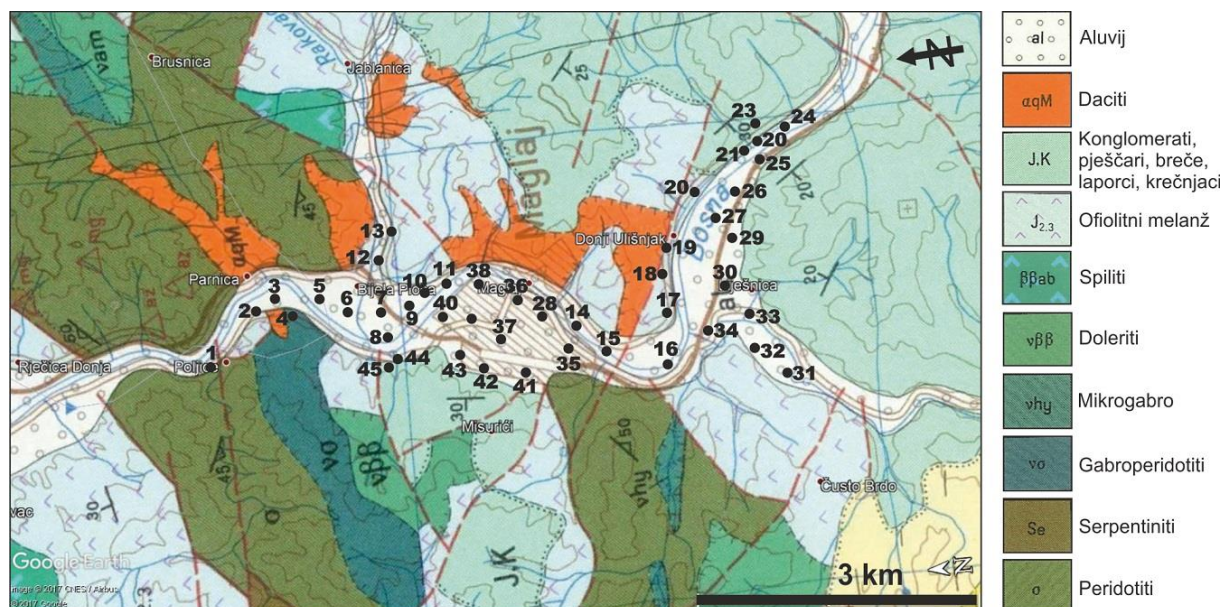
Područje grada i šire okoline Maglaja je obilježeno procesima urbanizacije i deruralizacije, industrijalizacije i deagrarizacije, što je takođe doprinijelo onečišćenju, degradaciji i devastaciji tla.

Istraživanja su sprovedena u cilju utvrđivanja kontaminacije tla šire okoline Maglaja sa PTE. Akcenat je dat na genezu i geohemijsku distribuciju. Sistematskim uzorkovanjem tla šireg područja Maglaja, evaluacijom koncentracija i distribucije PTE, uočeno je da su koncentracije Ba višestruko prekoračene na cijelom istraživanom području (Babajić *et al.*, 2017).

PTE su opasni za ljude, floru i faunu, ovisno o koncentraciji, biodostupnosti i bioakumulaciji (Šorša & Halamić, 2014).

1. Geološka građa

U geološkoj građi šire okoline Maglaja dominiraju magmatske i sedimentne stijene, slika 1. Najstarije stijene šire okoline Maglaja pripadaju ofiolitnim kompleksima Ozren (JZ obod) i Manjača (SI obod). Ultramafitne stijene (peridotiti koji su često serpentinisani) dominiraju nad mafitnim varijetetima (gabroperidotiti, mikrogabri, doleriti i spiliti). Ofiolitne stijene su navučene na ofiolitni melanz (karakteriše se siltno - šejlnim matriksom u kojem fragmenti grauvaka preovladavaju nad ultramafitnim i mafitnim stijenama, škriljcima, radiolaritima i blokovima krečnjaka deponovanih u raznovrsnim sredinama). Sedimentne stijene su izgrađene od konglomerata, pješčara, breča, laporaca i masivnih krečnjaka.



Slika 1. Geološka karta šire okoline Maglaja sa pozicijom uzoraka tla
 (OGK list Zavidovići, R – 1 : 100 000)

Produkti neogenog vulkanizma su predstavljeni dacitima, koji imaju znatno rasprostranjenje. Najveće dacitske mase su vezane za područje oko maglajske tvrđave, dok su manje na

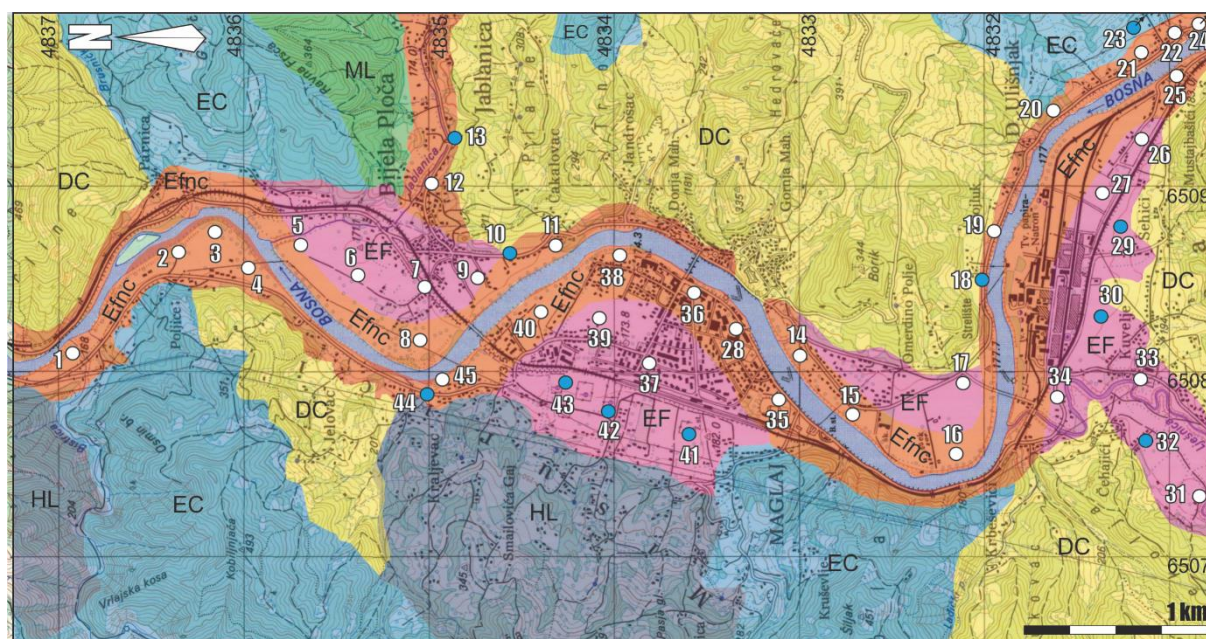
lokalitetima Jandrošac i Bijela Ploča. Probijaju stijene mezozoika, odnosno ofiolitni melanž i jursko-kredne sedimente (Pamić et al. 1966, Sunarić-Pamić et al. 1966). Osim dacita, evidentiranu i andeziti, a najčešći vid dekompozicionog procesa u dacitima je kaolinizacija i karbonitizacija (Salkić et al., 2014; Salkić, 2015). Najmlađe stijene su kvartarni aluvijalni nanosi šljunka i pijeska duž obala rijeke Bosne. Pokrivač (tlo) se formirao kroz dugogodišnju dezintegraciju i dekompoziciju navedenih stijena te je bio predmetom uzorkovanja.

2. Pedološka građa

Prema podacima Federalnog zavoda za statistiku, u općini Maglaj po stanovniku dolazi 0,61 ha poljoprivrednog te 0,47 ha obradivog zemljišta.

Na teritoriju općine Maglaj dominira distrični kambisol tip tla sa površinom od 10.401,71 ha, (43,61%) ukupne površine zemljišta općine Maglaj. Značajne površine zemljišta su u tipu eutrični kambisol sa 7.599,59 ha, odnosno 31,86%, zatim luvisol sa površinom od 2.399,13 ha, odnosno sa 10,06%. Ostali tipovi tla manje su zastupljeni. Na području općine Maglaj miješaju se glinoviti produkti raspadanja koji potiču od čistih krečnjaka i silicijskog praškastog materijala, pa su se na ovim stijenama obrazovala pretežno smeđa kisela plitka, srednje duboka tla i smeđa degradirana tla. Humofluvisoli su tla riječnih dolina, mlada tla sa razvijenim A horizontom na aluvijalnim sedimentima. U suštini na prostoru Maglaja razvila su se automorfna i hidromorfna tla (Tanović et al., 2017).

Kategorije tla koje su karakteristične za širu okolinu Maglaja i koje su podvrgnute uzorkovanju su prikazane na pedološkoj karti R - 1 : 25 000 (Federalni zavod za agropedologiju), slika 2.



EC – eutrični kambisol; DC - distrični kambisol; EfnC – nekarbonatni eutrični fluvisol; HL – kisel (haplični) luvisol; EF – eutrični fluvisol; ML – molični leptosol /ranker/; ● uzorci iz nepoplavljenog dijela 2014. godine

Slika 2. Pedološka karta šire okoline Maglaja sa pozicijom uzoraka tla (Zavod za agropedologiju FBiH)

Kao što se vidi na slici 2, uzorkovanje je izvršeno u ravničarskom dijelu koji je bio zahvaćen poplavama iz 2014. godine. Svih 45 uzoraka je uzeto iz dvije kategorije tla: eutrični fluvisol (EF) - 34 uzorka (75 %) i nekarbonatni eutrični fluvisol (Efn) - 11 uzoraka (25 %). Na osnovu internacionalne klasifikacije (FAO, 2015) eutrični fluvisol je definisan kao crvenkasto-smeđe bezkarbonatno tlo (simbol - Fle), a u nacionalnoj klasifikaciji nosi naziv humofluvisol. Eutrični nekarbonatni fluvisol (simbol - Fle) pripada grupi aluvijalnih bezkarbonatnih tala, odnosno fluvisolima prema nacionalnoj klasifikaciji.

3. Metode istraživanja i ispitivanja

Uzorkovanje tla je izvršeno prema uputama geohemijske ekspertne skupine (Ottesen, 2008).

Kompozitni uzorak se sastojao od 5 poduzoraka: 4 rubna i 1 središnji uzorak, koji su uzimani u kvadratu dimenzija 2 m. Dubina uzorkovanja je iznosila 10 - 25 cm.

Dio laboratorijskih ispitivanja (granulometrijska analiza i aerometrija) i priprema (sušenje, sijanje, mljevenje i vaganje) je izvršena na Rudarsko-geološko-građevinskom fakultetu Univerziteta u Tuzli.

Određivanje koncentracije Ba i niza od još 58 elemenata u tragovima je obavljeno metodom ICP-MS (Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry, code MA250) u Bureau Veritas Commodities Canada Ltd. laboratoriju u Vancouveru - Kanada (ISO 9002 akreditacija). Detekcioni limit ove metode za Ba iznosi 1 - 10.000 ppm.

Statistički su određene minimalna (min.), maksimalna (max.) i srednja vrijednost (sr. vr.) te medijana (med.), standardna devijacija (st. dev.) i koeficijent varijacije (ko. var.) koncentracija Ba u uzorcima tla.

Grafička obrada rezultata je izvršena u Golden software Surfer 12 programskom paketu.

4. Rezultati ispitivanja

Koncentracije Ba su analizirane na 45 uzoraka prikupljenih u široj okolini Maglaja.

Uzorci su uzeti po mreži koja je formirana u odnosu na geomorfološku građu terena, a obuhvaćen je ravničarski dio terena, sklon plavljenju.

Koncentracije Ba i rezultati statističke obrade podataka su prikazani tabeli 1.

Mreža uzorkovanja je obuhvatila dio terena koji je zahvaćen poplavama iz 2014. godine odakle je prikupljeno 34 uzorka, a manji broj uzoraka (10, 13, 18, 23, 29, 30, 32, 41, 42, 43 i 44) je uzet iz nepoplavljenog dijela. Uzorkovanje je izvršeno u rejonima Poljice, Bijela Ploča, Omerdino Polje, Ulišnjak, okolina Natron-Hayata, gradsko područje i Liješnica. Površina obuhvaćena uzorkovanjem iznosi oko 5 km².

Granulometrijskom analizom (BAS CEN ISO/TS 17892 – 4, 2009) i aerometrijom (BAS CEN ISO/TS 17892 – 3, 2009) definisana je struktura tla: 73% uzoraka tla je pjeskovito, a 23% uzoraka tla je pjeskovito-ilovačasto.

Tabela 1

	Poljice		O. Polje		B. Ploča		Ulišnjak		Grad		okolina Natron- Hayat		Liješnica	
	1	468.0	14	690.0	5	531.0	<u>18</u>	<u>283.0</u>	28	327.0	25	303.0	31	218.0
	2	514.0	15	319.0	6	357.0	19	384.0	35	435.0	26	261.0	<u>32</u>	<u>241.0</u>
	3	496.0	16	514.0	7	284.0	20	548.0	36	610.0	27	368.0	33	261.0
	4	451.0	17	600.0	8	593.0	21	537.0	37	337.0	<u>29</u>	<u>250.0</u>		
					9	372.0	22	407.0	38	345.0	<u>30</u>	<u>260.0</u>		
					<u>10</u>	<u>326.0</u>	<u>23</u>	<u>246.0</u>	39	363.0	34	319.0		
					11	407.0	24	316.0	40	381.0				
					12	167.0			<u>41</u>	<u>219.0</u>				
					<u>13</u>	<u>266.0</u>			<u>42</u>	<u>256.0</u>				
									<u>43</u>	<u>249.0</u>				
									<u>44</u>	<u>312.0</u>				
									45	360.0				
<i>min.</i>		451.0		319.0		167.0		246.0		219.0		250.0		218.0
<i>max.</i>		514.0		690.0		593.0		548.0		610.0		368.0		261.0
<i>sr. vr.</i>		482.3		522.0		369.4		390.6		358.8		297.4		239.8
<i>med.</i>		482.0		557.0		357.0		384.0		341.0		282.0		241.0
<i>st. dev.</i>		24.4		137.2		124.0		109.9		97.6		41.6		18.0
<i>ko. var.</i>		5.1		26.3		33.6		28.1		27.2		14.0		7.5

13 266.0 – uzorak tla uzet iz nepoplavljenog područja

1 – uzorak tla pjeskovite strukture

4 - uzorak tla pjeskovito-ilovičaste strukture

5. Diskusija

Barij (Ba) je litofilni element u tragovima i po učestalosti u Zemljinoj kori se nalazi na 14. mjestu, sa atomskim brojem 56 i relativnom molekulskom masom 137.33. Ima specifičnu težinu (gustoću) od 3,6 na 25° C, topi se na 727 ° C i isparava na 1897 ° C (Haynes 2011). Iako je identifikovano 25 izotopa Ba, pojavljuje se kao mješavina 7 stabilnih izotopa, od kojih je najznačajniji ¹³⁸Ba (WHO, 1990; Boffito 1991).

Bitni minerali - nosioci Ba su viterit (BaCO₃ - 69%), zatim barit (BaSO₄ - 58 %) (Pradyot, 2003). Barij u petrogenim mineralima magmatskih stijena može da zamijeni K⁺ sa Ba²⁺ u K-feldspatima i liskunima, a Ca²⁺ sa Ba²⁺ u plagioklasima, piroksenima, amfibolima, kalcitu i apatitu (Martin, 1986).

Sadržaj mu u magmatskim stijenama uglavnom raste sa povećanjem sadržaja Si (Ure & Berrow, 1982; Smith 1999a), mada je u nekim granitima zabilježena niska koncentracija (< 200 ppm - Plant et al. 1980). Mielke (1979) navodi vrijednosti Ba u magmatskim stijenama kao: ultramafitne stijene 0,4 ppm; bazalti 330 ppm; graniti 420 - 840 ppm i sijeniti 1600 ppm.

U sedimentnim stijenama koncentracija Ba povezana je sa K-feldspatima, mineralima glina i hidroksidima Fe i Mn na koje se element može adsorbovati (Wedepohl, 1978).

Najveće koncentracije Ba su vezane za škriljce (580 ppm), dok karbonatne stijene i peščari sadrže oko 10 ppm (Mielke, 1979).

Jedinjenja Ba se pojavljuju u zemljinoj kori u rasponu 340 ppm (*Barbalace, 2007*) - 425 ppm (*Taylor, 1964*)), naročito u kiselim magmatskim stijenama, šejlovima i pješčarima (*Boffito, 1991*).

Ba se pojavljuje i u uglju (do 3000 ppm) i u gorivima u različitim koncentracijama (*WHO, 1990*). Također je pronađen u morskoj vodi u koncentracijama od 13 µg /l. U slatkoj vodi ga ima oko 0,02 µg /l (*Adriano, 1986*).

Koncentracija Ba u tlu se kreće u rasponu od 15 - 3.000 ppm (*ATSDR, 1992*) sa srednjom vrijednošću od 500 ppm (*Halamić i Miko, 2009*). Međutim, u blizini mjesta eksploatacije barita, koncentracije Ba u tlu mogu doseći i do 37.000 ppm (*Adriano, 1986*).

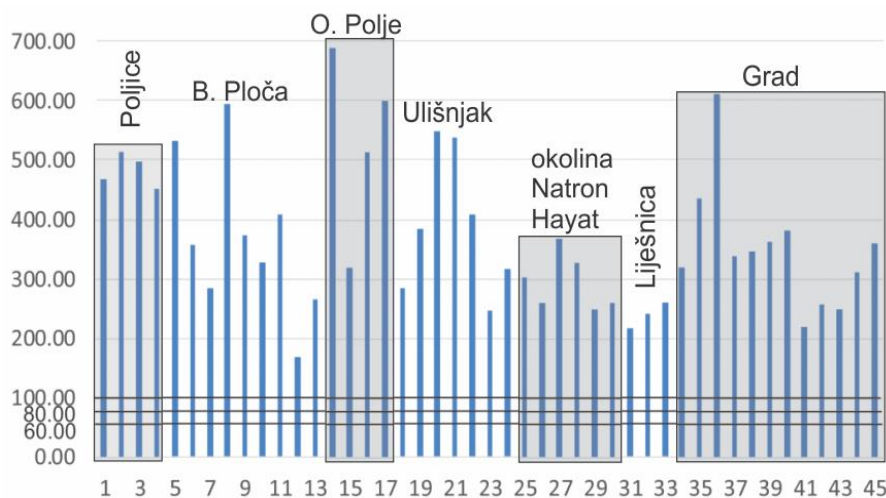
Mobilnost Ba u tlu nakon trošenja iz matičnih stijena nije velika. Lako veže na sulfate i karbonate, jaka je adsorpcija na gline te Mn i Fe okside i hidrokside. Najveći uticaj na transport Ba u tlu ima kapacitet izmjene kationa (eng. *cation-exchange capacity – CEC*) sadržaj Ca u tlu i pH tla. U tlima sa visokim CEC, mobilnost Ba je ograničena adsorpcijom (*Salminen et al., 2005*).

Nije biološki bitan, ali može biti esencijalan za neke organizme. Umjereno je otrovan za biljke, a manje za sisare. Kao barit je skoro neotrovan. Spojevi topivi u vodi su otrovni. Otrovnost se manifestuje kroz poremećaj u probavnom i respiratornom traktu te mineralizaciju u kostima. Moguća je i hipertenzija i nenormalan rad srca (*Halamić & Miko, 2009; Šorša i Halamić, 2014*).

Prema Pravilniku (2009) o utvrđivanju dozvoljenih količina štetnih i opasnih tvari u zemljištu i metoda njihovog ispitivanja, dozvoljene koncentracije Ba u zavisnosti od strukture tla iznose (tabela 2):

Tabela 2

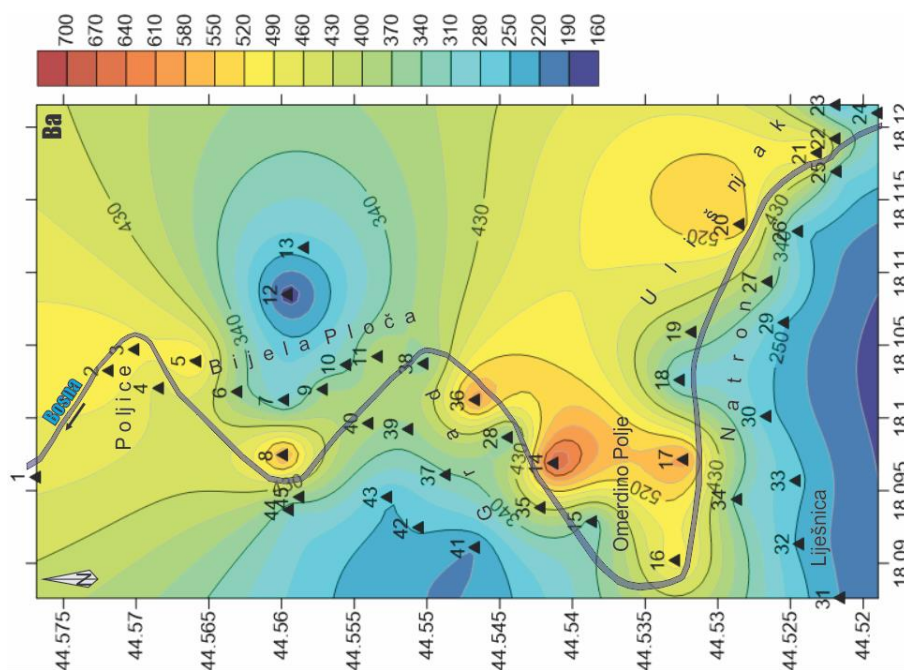
PTE	pjeskovito tlo (ppm)	pjeskovito - ilovičasto tlo (ppm)	glinovito tlo (ppm)
Ba	60	80	100



Slika 3. Koncentracija Ba u tlu šire okoline Maglaja

U odnosu na koncentracije dozvoljene Pravilnikom, uočljivo je da je najniža koncentracija Ba u tlu (167 ppm, uzorak 12) veća od maksimalno dozvoljene (glinovito tlo) za više od 1,5 puta, a najviša koncentracija Ba (690 ppm, uzorak 14) je za oko 7 puta veća od iste. Medijana Ba (245 ppm) je za 2,5 puta veća od maksimalno dozvoljene koncentracije (slika 3). Koeficijent varijacije iznosi 33,02 % i pada u granično područje između relativno slabog (10-30 %) i umjerenog (30 - 50 %).

Geohemijska distribucija Ba u tlu pokazuje određene zakonitosti, slika 4. Analizom geohemijske distribucije Ba uočava se da su povišene koncentracije vezane za lokalitete sa desne strane rijeke Bosne (Ulišnjak, Omerdino polje i Bijela Ploča). Sa lijeve strane rijeke Bosne, na lokalitetu Poljice, takođe su zabilježene povišene koncentracije u odnosu na ostale uzorkovane lokalitete (Grad, okolina Natron-Hayat i Liješnica).

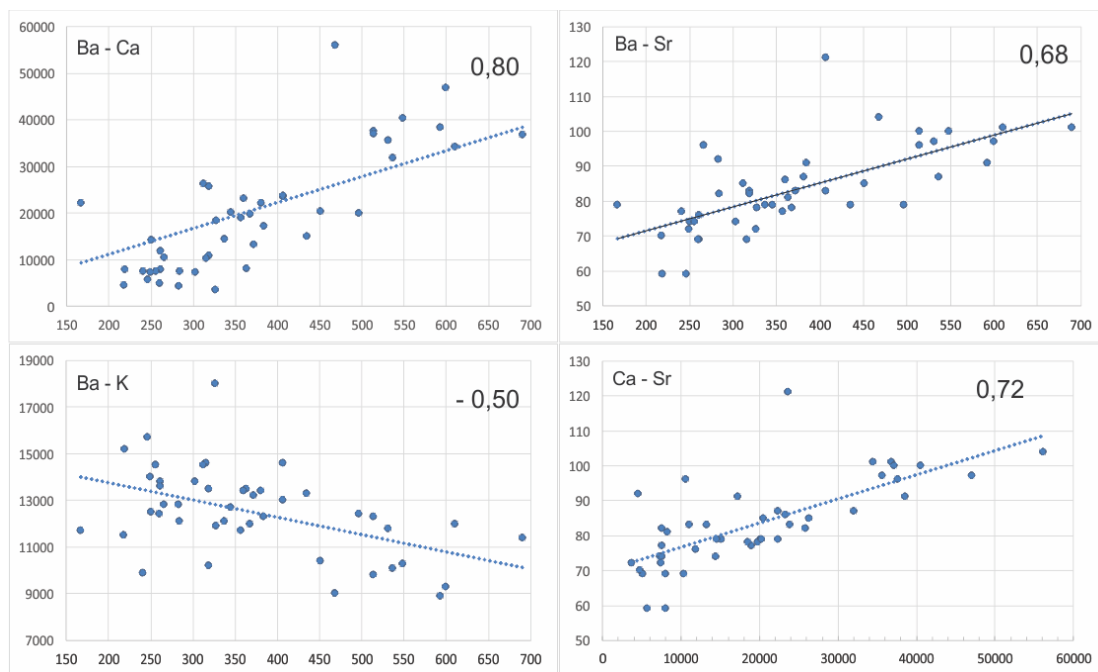


Slika 4. Geohemijska distribucija Ba u tlu šire okoline Maglaja

Ova konstatacija se može povezati sa geološkom građom terena. Ba je u genetski vezan za kisele ekstruzivne stijene, nastale neogenim vulkanizmom (daciti i andeziti).

U geohemijskom pogledu Ba pokazuje slične odlike kao K, Ca i Sr. Detaljnim geološkim istraživanjima je potvrđeno da su glavni i najučestaliji petrogeni minerali u dacitima i andezitima Maglaja plagioklasi. Na osnovu % anortitne (An) komponente, plagioklasi pripadaju intermedijarnim vrstama: andezin ($An_{44.3-47.6}$). Sandini, kao K-feldspat se pojavljuje podređeno (Salkić, 2005;).

S obzirom na supstituciju Ba sa Ca, K i Sr, izvršena je korelacija i predstavljena na slici 5. Uočava se pozitivan korelacioni trend između Ba-Ca, Ba-Sr i Ca-Sr. Pozitivne korelacije imaju i relativno visok koeficijent korelacije (0,8; 0,68 i 0,72). Negativnu korelacioni trend pokazuje odnos Ba-K sa negativnim koeficijent korelacije (-0,50). Ovakve korelacije su posljedica mineralnog sastava, gdje su pozitivne korelacije posljedica dominirajućeg Ca-plagioklasi i supstitucije sa Ba i Sr.



Slika 5. Varijacijski dijagrami između Ba, Ca, K i Sr

Koncentracije Ba u tlu su razmatrane i preko stepena onečišćenja tla (S_o) koji predstavlja odnos ukupnog sadržaja PTE prema maksimalno dopuštenoj vrijednosti. Na osnovu dobijenih koncentracija tlo se razvrstava u kategorije:

- 1 - čisto, neopterećeno tlo do 25 %,
- 2 - tlo povećane onečišćenosti 25 - 50 %,
- 3 - tlo velike onečišćenosti 50 - 100 %,
- 4 - onečišćeno tlo 100 - 200 % i
- 5 - zagađeno tlo, više od 200 % od maksimalno dopuštenih vrijednosti.

Kao ukupni sadržaj PTE korištena je vrijednost medijane. Rezultati su prikazani u tabeli 3.

Tabela 4

struktura tla	broj uzoraka	granična vrijednost (ppm)	medijana (ppm)	S_o (%)
pjeskovito	33	60	368	613,33
pjeskovito - ilovačasto	12	80	301	501,67

6. Zaključak

Potencijalno toksični Ba bilježi visoke koncentracije u tlu šire okoline Maglaja (1,5 - 7 puta od maksimalno dozvoljene koncentracije).

Geohemijska distribucija Ba u široj okolini Maglaja je neravnomjerna: uzorci sa desne strane rijeke Bosne imaju više koncentracije, kao i lokalitet Poljice na lijevoj strani rijeke Bosne. Korelirajući koncentracija Ba u tlu sa geološkom građom, jasno se vidi da su povišene koncentracije povezane sa matičnim stijenama - dacitima i andezitima, odnosno za

hipsometrijski niže nivoe, gdje se gravitacijski transportuju produkti dekompozicije dacita i andezita.

Ba je genetski vezan za bitne petrogene minerale u dacitima i andezitima - feldspate. Najzastupljeniji je Ca-plagioklas (andezin), dok se K-feldspat (sanidin) pojavljuje podređeno. Feldspati su podložni alteracijama u egzogenim uslovima, a kao najčešći vid dekompozicije je kaolinizacija i karbonatizacija feldspata.

U zavisnosti od intenziteta dekompozicionog procesa, omogućava se pojačano izdvajanje Ba i njegova distribucija u koru trošenja, kao i u tlo. Iz prethodnog proizilazi geogeno porijeklo Ba u tlu šire okoline Maglaja, što potvrđuju i pozitivne korelacije sa Ca i Sr.

Stepenom onečišćenja tla, sukladno maksimalno dozvoljenim koncentracijama i strukturi tla (pjeskovito i pjeskovito-ilovačasto), utvrđen je nivo onečišćenja tla karakterističan za zagađena tla (501,67 - 613,33 %).

Zahvala

Zahvaljujemo se Uredu za Naučno-istraživački rad Univerziteta u Tuzli i Federalnom ministarstvu obrazovanja i nauke za grant sredstva u realizaciji naučno-istraživačkog projekta: „Koncentracija teških metala i ukupnih karbonata u tlu šire okoline Maglaja”.

Broj Projekta : 01/2 - 7396 - VI/15.

Reference

1. Adriano, D. C., (1986): Barium. Trace Elements in the Terrestrial Environment. Springer-Verlag, New York, Berlin, Heidelberg, Tokyo: 472 - 473.
2. Ahmetbegović, S., Stjepić Srkalović, Ž., Gutić, S., (2017): Pedogeografija, Off Set, Tuzla.
3. ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) (1992): Public Health Assessment Guidance Manual. U.S. Department of Health and Human Services. PB92 - 147164.
4. Babajić, E., Babajić, A., Stjepić Srkalović, Ž., Srkalović, D., Ustalić, S., Akmadžić, H., (2017): Chromium and nickel in soil in the wider Maglaj area - concentration and genesis. Archives for Technical Sciences 2017. 17(1), 1-8.
5. Barbalace, K., (2007): [Periodic Table of Elements](#)". Environmental Chemistry.com. Retrieved 2007-04-14.
6. BAS CEN ISO/TS 17892 – 3, (2009): Geotehničko istraživanje i ispitivanje – Laboratorijsko ispitivanje tla – Dio 3: Određivanje gustoća čvrstih čestica – metoda piknometra.
7. BAS CEN ISO/TS 17892–4, (2009): Geotehničko istraživanje i ispitivanje – Laboratorijsko ispitivanje tla – Dio 4: Određivanje granulometrijskog sastava (CEN ISO/TS 17892-4:2004, IDT).
8. Boffito, C., (1991): Barium. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology. 4th edition, Vol. 3. John Wiley and Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto and Singapore: 902 – 908.
9. Federalni Zavod za agropedologiju: Pedološka karta FBiH, 1:20 000. Sarajevo.
10. Halamić, J., Miko, S., (2009): Geokemijski atlas Republike Hrvatske. Hrvatski geološki Institut. Zagreb.
11. Haynes, W. M., [ed.]. (2011): Section 4. Properties of the elements and inorganic compounds in CRC Handbook of Chemistry and Physics, 91st Edition (Internet Version 2011), CRC Press/Taylor and Francis, Boca Raton, FL.
12. Martin, R. B., (1986): Bioinorganic chemistry of metal ion toxicity. Metal Ions in Biological Systems, Vol. 20, H. Sigel (Ed.). Marcel Dekker, New York: 21 – 65.

13. Ottesen, R.T. (2008): Sampling protocol for Urban Geochemistry in Europe (URGE).
14. Pamić, J., Sunarić-Pamić, O., Kapeler, I., Olujić, J., (1966): Tumač za osnovnu geološku kartu, list Zavidovići 1:100 000. Institut za geološka istraživanja, Sarajevo.
15. Pradyot, P., (2003): Handbook of inorganic chemicals. ISBN 0-07-049439-8.
16. Salkić Z., Babajić E., Babajić A., Pobrić V., i Bešić, A., (2014): Petrogenesis of the Maglaj volcanics, Central Bosnia. Archives for Technical Sciences 11(1), 7-1. UDC: 553.98:622.276 (497.6 Maglaj). DOI: 10.7251/afts.2014.0611.007S. COBISS.RS-ID 4571160.
17. Salkić, Z. (2005): Petrologija i geohemija tercijarnih vulkanskih stijena u Bosni i Hercegovini. Doktorska disertacija. Rudarsko-geološko-građevinski fakultet Univerzitet u Tuzli.
18. Salkić, Z. (2015): Tercijarni vulkanizam u Bosni i Hercegovini. RGGF Tuzla.
19. Salminen, R., Batista, M.J., Bidovec, M., Demetriades, A., de Vivo, V., de Vos, W., Duris, M., Gilucis, A., Gregorauskiene, V., Halamic, J., Heitzmann, P., Jordan, G., Klaver, G., Klein, P., Lis, L., Locutura, J., Marsina, K., Mazreku, A., O'connor, P.J., Alsson, S.Å., Ottesen, R.T., Petersell, V., Plant, J.A., Reeder, S., Salpeteur, I., Sandström, H., Siewers, U., Steenfelt, A. & Tarvainen, T., (2005): Geochemical Atlas of Europe, Part 1, Background Information, Methodology and Maps.- Geological Survey of Finland, 526 pp, Espoo.
20. Službene novine Federacije Bosne i Hercegovine (2009): Pravilnik o utvrđivanju dozvoljenih količina štetnih i opasnih tvari u zemljištu i metode njihovog ispitivanja, broj 72/09. Sarajevo.
21. Sunarić-Pamić, O., Pamić, J., Kapeler, I., Olujić, J., Zec, F., (1966): Osnovna geološka karta, list Zavidovići 1:100 000. Institut za geološka istraživanja, Sarajevo.
22. Šorša, A., Halamić, J., (2014): Geokemijski atlas Siska. Hrvatski geološki Institut Zagreb.
23. Tanović, N., Ivanković, M., Džubur, A., Kurtović, O. i Salčinović, A. (2017): Strategija razvoja poljoprivrede općine Maglaj (2017 - 2021). Maglaj.
24. Taylor, S. R., (1964): Abundance of chemical elements in the continental crust: A new table. Geochim. Cosmochim. Acta. 28: 1273 – 1285.
25. WHO (World Health Organisation) (1990): Environmental Health Criteria 107: Barium. International Programme on Chemical Safety, Geneva: 121.

**DONJOMIOCENSKI (OTNANAG-KARPATSKI) KLASTIČNI I
KLASTIČNO-KARBONATNI ŠELF JUGOISTOČNOG DELA
CENTRALNOG PARATETISA, NAFTNO-GASNO POLJE
MALJUREVAC-BUBUŠINAC (DRMLJANSKA DEPRESIJA, STIG,
SRBIJA)**

**LOWER MIOCENE (OTTNANGIAN-CARPATHIAN) CLASTIC AND
CLASTIC-CARBONATIC SHELF OF SOUTH-EASTERN PART OF
CENTRAL PARATHETYS, OIL AND GAS FIELD MALJUREVAC-
BUBUŠINAC (DRMNO DEPRESSION, STIG DISTRICT, SERBIA)**

Dr Radmilo Jovanović, dipl. inž. geologije

NTC NIS Naftagas, d.o.o., Novi Sad, Republika Srbija; radmilo.jovanovic@nis.eu

Ključne reči: Naftno-gasno polje Maljurevac-Bubušinac, Paratetis, otnang-karpat, formacija Sirakovo, klastično-karbonatni šelf, Stig, Srbija

Key word: Petroleum deposit Maljurevac-Bubušinac, Parathetys, Otnangian-Karpathian, Formation Sirakovo, clastic-carbonate shelf, Stig, Serbia

Sažetak

Naftno-gasno ležište „Maljurevac-Bubušinac“ se nalazi na oko 70km istočno od Beograda u Drmljanskoj depresiji, Stiški okrug, Istočna Srbija.

Naftno-gasni sistem je u donjem miocenu, u otnangsko-karpatskim (Gagić, 1990) klastičnim i karbonatnim stenama koje su nastale jugoistočnom delu Paratetisa (Janković, 1982). Sedimentne stene tog naftnog ležišta pripadaju formaciji Sirakovo (Jovanović, 2017). Pre-ma generalnoj geotektonskoj rejonizaciji Evrope, formacija Sirakovo je u okviru pokri-vaču Srpsko-makedonskog kompozitnog terana.

Eksploatacija nafte i gasa ležišta Maljurevac-Bubušinac je još uvek aktivna (Bajatović, 2002; Jovanović, 2016). Sedimentne i vulkano-sedimentne stene su deponovane u različitim facijama klastičnog i klastično-karbonatnog šelfa koji je bio razvijen tokom otnangsko-kar-patske faze egzistencije jugoistočnog dela Paratetisa. Nekoliko različitih faza sinsedimentacione tektonike su za posledicu imale intenzivni subsidencionalni transgresivni (agradacija) i regresivni (progradacija) stil sedimentne depozicije. Povremeno su se sticali uslovi za formiranje karbonatne platforme sa razvojem krpastih sprudova. Uočeno je nekoliko faza depozicije tufnih sedimenata. Sinsetimentaciona i sindijagenetska tektonska aktivnost za posledicu ima razvoj veoma velikog broja deformacionih struktura. Mlađa tektonika sred-njemiocenske i pliocenske starosti je uzrokovala aktuelni strukturni sklop naftno gasnog ležišta Maljurevac-Bubušinac.

Abstract

Petroleum deposit „Maljurevac-Bubušinac“ is located 70 km eastern of Belgrade in Drmno depression, Stig Ditriect, East Serbia.

Petroleum system are in Lower Miocene, Otnangian-Karpathian (Gagić, 1990) clastic and carbonate rocks in south eastern part of Parathetys (Janković, 1982). Sedimentary rock of this petroleum deposit belongs to the Foarmation Sirakovo (Jovanović, 2017). According to general

geotectonic zoning and setting of Europe Formation Sirakovo belongs to the cover of Serbian-Macedonian Composite Terrane.

The exploitation of petroleum (oil and gas) deposit Maljurevac-Bubusinac is still in progress (Bajatović, 2002, Jovanović, 2016). The sedimentary and volcano-sedimentary rocks are deposited in the various facies of clastic and carbonate-clastic shelf which were developed during the Ottnangian and Karpathian phase of existence of east-southern part of Parathetys. Several phases of various syndepositional tectonic activity produced intensive subsidence transgressive (aggradation) and regressive (progradation) style of sedimentary deposition. Occasionally they acquired conditions for the formation of a carbonate platform with patch reefs. It is noted several stages of deposition of tuffaceous matter. Syndepositional and syndiagenetic tectonic activity produced a lot of deformational structures. Younger tectonic of Middle Miocene and Pliocene age produced actual tectonic setting of oil and gas deposit Maljurevac-Bubušinac.

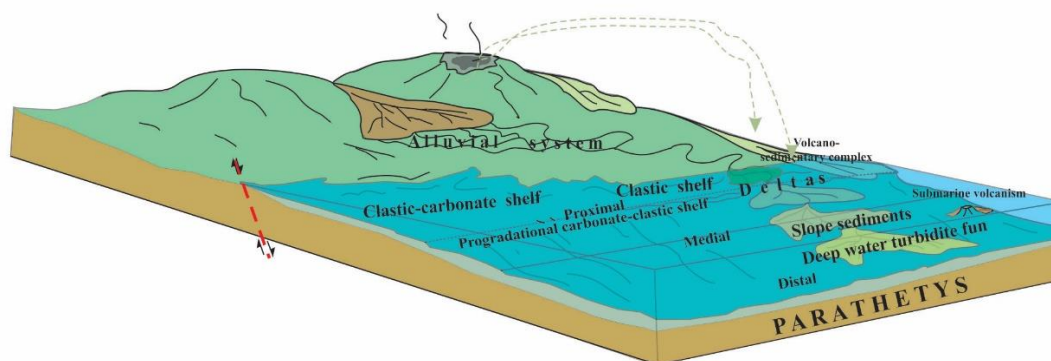


Fig. 1 Model of sedimentary environments during Ottnangian-Karpathian

References:

1. Bajatović, M. (2002): Aneks projekta detaljnih geoloskih istraživanja na lokalitetu Maljurevac-Bubusinac. Confidential, unpublished, NTC NIS Naftagas in-haus data base. Novi Sad.
2. Gagić, N. (1990): First Recovery of Carpathian and Ottnangian Microfossil Communities in Požarevac Area of the Danubian Littoral (Stig, Serbia). *Annal. Geol. Pen. Balk.*, LIV, 277-294. Belgrade.
3. Janković, P., Pantić, N., Sećerov P., Marković, V., Kurbalija, J., Bundaleski, M. (1982): Tercijarne naslage Podunavlja (između Smedereva, Požarevca i Velikog Gradišta) na osnovu dubokog bušenja. *Zbornik radova, knj. I, X Geol. Kong. Jugoslavije*, 123-135, Budva.
4. Jovanović, R. (2015): Izveštaj o izvršenim radovima na sedimentološkoj studiji donjomiocenskih jezgara sa polja Sirakovo. Confidential, unpublished, NTC NIS Naftagas in-haus data base, 1-111. Novi Sad.
5. Jovanović, R. (2016): Izveštaj o izvršenim radovima na sedimentološkoj studiji donjomiocenskih jezgara sa polja Maljurevac-Bubusinac. Confidential, unpublished, NTC NIS Naftagas in-haus data base, 1-132. Novi Sad.
6. Jovanović, R. (2017): Lithostratigraphy of Lower Miocene (Ottnangian-Karpathian) clastic-carbonatic shelf of south-eastern part of central Parathetys, Formation Sirakovo (Drmno Depression, Stig District, Serbia). Unpublished, NTC NIS Naftagas in-haus data base. Novi Sad.

CONODONTS OF SLOVENIA

KONODONTI SLOVENIJE

Tea Kolar-Jurkovšek, Bogdan Jurkovšek

Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, SI-1000 Ljubljana, Slovenija, tea.kolar@geo-zs.si,
bogdan.jurkovsek@geo.zs.si

Key words: conodonts, biostratigraphy, Paleozoic, Triassic, Permian-Triassic boundary, Slovenia

Abstract

The monograph Conodonts of Slovenia is a review of conodont research on the Slovenian territory, aiming to present an interesting fossil group, particularly important for Palaeozoic and Triassic biostratigraphy. Conodonts are phosphatic, tooth-like elements of an extinct, jawless vertebrate animal grouped in the class Conodonta. The entire group became extinct at the end of the Triassic due to rapid simultaneous changes in the environment caused by the progressive disintegration of the Pangea supercontinent. Short chronostratigraphic range coupled with extensive geographic distribution and high resistance to rock alteration, place conodonts among the most important index fossils in the biostratigraphy of Paleozoic and Triassic marine formations.

Preserved fossils of entire conodont animals are extremely rare. Conodont phylogeny is therefore based on delicate, tooth-like phosphatic elements that can be obtained by dissolving marine sedimentary rocks in diluted formic or acetic acid. These bilaterally and symmetrically arranged tooth-like elements were positioned in the anterior part of the digestive tract of conodont animal. They were first described by Heinz Christian Pander (1794–1865) from the Paleozoic strata along the Baltic Sea, but only in the first half of the 20th century, in the pioneering era of conodont study, did their chronostratigraphic value gradually come to be recognized, which continues to be further refined today. In the modern period of post-World War II, conodont research became more important in establishing the relative geological age of rocks.

Conodont elements can be collected in variety of sedimentary rocks because conodont animals inhabited vastly different marine environments, ranging from just the sea floor to far higher up in the water column. Among them were also species adapted to shallow marine environments. Due to their microscopic size conodonts are often abundantly preserved in the rocks. Conodont elements enable us to determine the relative age of the strata where ammonoids and other fossils are rare or not preserved at all.

In Slovenia, the first research on conodonts dates back to the 1960s, which coincides with the production of the first Basic Geological Map of Yugoslavia 1:100,000, and at the Geological Survey of Slovenia it represents still today one of the most important paleontological methods used to determine the relative geological age.

This work presents the results of long-year systematic research in marine sedimentary rocks of the Eastern and Southern Alps, the External Dinarides and the transitional area between the External and Internal Dinarides. They are evidence of the history of the main Paleozoic and Triassic palaeogeographic units, from the unified Slovenian Carbonate Platform in the Paleozoic and Lower Triassic to its disintegration into the Julian and Adriatic-Dinaric Carbonate Platform with an intermediate Slovenian Basin in the Anisian. Today the Southern Alps correspond to the Julian Carbonate Platform, and comprise a large part of the Southern Karavanke, the Julian Alps and the Kamnik-Savinja Alps. The rocks of the Slovenian Basin are exposed on the surface in the border area of the Southern Alps and the External Dinarides, from where they extend across central Slovenia towards the southeast to the transitional area between the External and Internal Dinarides. The sediments of the Adriatic-Dinaric Carbonate Platform are represented in the External Dinarides, which were deposited over the extensive carbonate area of southern and south-western Slovenia.

An important supplement to the book represent several illustrations with geotectonic, paleogeographic and lithostratigraphic position of all the studied conodont bearing strata in Slovenia, which is an important tool for geologists to use in dating relative age of Paleozoic and Triassic strata.

In addition to the description of the basic geotectonic, paleogeographic and paleoecologic conditions, some key events, that had a fatal impact on life on Earth are highlighted. Among the latter, the Permian-Triassic catastrophe is definitely the most important. It is evidenced by conodonts in the strata of the Idrija-Žiri area and in the Permian-Triassic interval strata that can be tracked further south-east in the Dinarides.

The Permian-Triassic interval strata in Slovenia are characterized by the *Hindeodus* and *Isarcicella* population and in the absence or very rare presence of gondolellids. The Lukač section, with a continuous succession of zones, from the latest Permian *praeparvus* zone through the entire Griesbachian, represents a key section to define the Permian-Triassic boundary based in Slovenia on international criteria, as well as in the wider Dinarides area. Dienerian and Smithian strata are marked by shallow water genera: *Eurygnathodus*, *Foliella*, *Hadrodontina*, *Pachycladina* and *Platyvillosus*, whereas in the Spathian *Triassospathodus* prevails. Following Lower Triassic zones can be recognized: *parvus*, *lobata*, *isarcica-staeschei*, *postparvus*, *aequabilis*, *anceps*, *costatus*, *obliqua*, *gardenae*, *corniger*, *regularis*, *hungaricus*, *symmetricus*, *homeri-robustispinus* in *triangularis* Zones.

The Middle and Upper Triassic zones are largely comparable to conodont zones elsewhere in the world. Middle Triassic faunas are indicated by the presence of *Budurovignathus*, *Neogondolella* and *Paragondolella*, which enable the recognition of the following zones: *bulgarica*, *bifurcata*, *constricta*, *trammeri*, *hungaricus* and *mungoensis* Zones. In the Longobardian strata of central Slovenia *Pseudofurnishius murcianus* occurs, which is therefore an important paleobiogeographic marker. *P. murcianus* is a typical element of the Sephardic province characterized by partly endemic faunas of the western Tethys and its marginal seas.

The distinguished Carnian zones are based on *Carnepigondolella*, *Paragondolella* and *Quadralella*, followed by: *polygnathiformis*, *praelindae*, *tivalica-carpatica* and the *pseudodiebeli-zoae* Zones, which are comparable to the zones of the standard conodont zonation. The only difference is the Julian-?early Tivalian zone, with monofauna of *Nicoraella? budaensis* which designates the *budaensis* Zone and indicates the stressful

conditions of the Carnian Pluvial Event; the species being an important regional marker. From the lower Norian until the end-Triassic, a noticeable decline in conodonts is demonstrated in the *Epigondolella*, *Mockina*, *Parvigondolella* and *Misikella* cycle. The following succession of the zones was identified: *rigoi-quadrata*, *triangularis*, *postera*, *bidentata*, *andrusovi-hernsteini*, *posthernsteini* (divided into the *hernsteini-posthernsteini* and *koessenensis* Subzones) Zones and one Unnamed Zone. The latter corresponds to the *ultima* Zone, which to date has been documented in the eastern part of the Dinarides area.

Conodonts were certainly one of the most successful animal groups. They demonstrated their importance for Paleozoic and Triassic stratigraphy, world palaeogeography and paleoclimate, enable to determine the thermal history of sedimentary rocks that is especially useful in the search for hydrocarbon as well as the study of structural geology. According to the reviewers, the presented book is a fundamental scientific work in the field of paleontology and biostratigraphy in Slovenia. The monograph is supported by numerous graphics and field photographs, an important part of which are several illustrations of conodont elements. The selection of literature contains 364 reference sources which provides a more detailed insight into the conodont research of the studied area and in the world.

The studied conodonts obtained in the Paleozoic strata of Slovenia enabled to distinguish 18 Devonian, Carboniferous and Permian associations. A conodont zonation scheme for the strata ranging through the entire Triassic was established based on identification of 34 zones and 2 subzones.

ФАЦИЈАЛНА АНАЛИЗА МИОЦЕНСКИХ СЕДИМЕНАТА ШИРЕГ ПОДРУЧЈА СРЕМА (СРБИЈА)

FACIAL ANALYSIS OF THE MIOCENE SEDIMENTS IN WIDER AREA OF SREM (SERBIA)

Даница Ашанин, дипл. инж. геологије

НТЦ-НИС-Нафтагас д.о.о., Нови Сад, Република Србија; danica.asanin@nis.eu

Кључне речи: 3Д сеизмичко испитивање, миоцен, фације, депозиционе средине

Key words: 3D seismic exploration, Miocene, facies, depositional environment

Апстракт

Истражни простор припада Славонско-сремској депресији, која се налази у јужном делу Панонског басена. На северу се граничи са Дравском, а на западу са Савском депресијом. Геолошка интерпретација 3Д сеизмичких података била је полазна основа за свеобухватно разумевање истражног простора.

Фацијална анализа миоценских седимената урађена је на основу синтезе података који су добијени палеонтолошко-петролошко-седиментолошким проучавањима узорка језгара и њиховом корелацијом са подацима добијеним каротажним мерењима у бушотинама. Детаљним петролошко-седиментолошким испитивањима стена миоценског комплекса утврђени су типови стена и депозициони услови њихове генезе. Палеонтолошка испитивања омогућила су идентификацију фосилних остатака и самим тим дефинисање стратиграфске припадности и депозиционих средина.

Циљ овог рада био је седиментолошка реконструкција ширег истражног простора, као и боље разумевање ширег простора и његове везе са околним депресијама.

Фацијална анализа је урађена за четири хоризонта: „Доњи миоцен“, „Баден“, „Панон“ и „Доњи понт“.

У раздобљу отнанга (18-17 м.а.) су створени услови који су омогућили таложење седимената распрострањених на целом подручју. Седиментација се одвијала у копненим срединама алувијалних лепеза и у језерским срединама.

На основу фацијалне анализе хоризонта „Доњи миоцен“ издвојени су седименти проксималних и дисталних језерских фација. На крајњем истоку су утврђени олигоценско-доњемииоценски дацити.

На ширем подручју истраживања, средином миоцена (16,5-11,6 м.а.) долази до трансгресије. Као резултат регионалне екстензије формиран је низ полуграбена у којима се одвијала седиментација која је била праћена вулканском активношћу, о чему сведоче наслаге туфова и вулканских стена на околним Славонским горама и Мотајици, као и на мањим структурама. Трансгресивни карактер ових седимената условио је значајну фацијалну диференцијацију па се таложе органогени кречњаци, брече, конгломерати, пешчари, песковити лапорци, лапорци.

На основу фацијалне анализе хоризонта „Баден“ утврђени су органогени кречњаци, пешчари и конгломерати приобалног појаса, као и карбонатни и песковити седименти

фација унутрашњег шелфа. У дубљим деловима депресија депоновани су претежно глиновито-лапоровити седименти.

Седименти панона припадају следећем седиментационом мегациклусу (време горњег миоцена (11,6 – 5,3 м.а.). То је фаза термалне субсиденције. Дебљина наслага горњег миоцена у Славонско-сремској депресији највећа је у западном и северном делу ове депресије, где досежу 1500 м.

Током панона шири простор обележавају бракични језерски услови седиментације. Продубљавање акомодационог простора условило је таложење дубоководних седимената.

На основу фацијалне анализе хоризонта „Панон“ издвојено је подручје приобалског појаса, падине шелфа (са развићем дистрибутивних канала), као и најдубљи делови депресија (фације турбидитних лепеза).

Током понта (8,2-5,3 м.а.) на ширем истражном простору долази до поступног запуњавања акомодационог простора, што је довело до оплићавања и пораста учешћа теригеног материјала.

На основу фацијалне анализе хоризонта „Доњи понт“ можемо закључити да северозападни део истражног простора припада проксималним деловима (приносни канали шелфа). Глиновити лапорци су депоновани у басену, у деловима турбидитских лепеза. Фације пешчара, лапораца и глинаца таложене су у делтном режиму седиментације. Песковито-лапоровите фације припадају челу делте. Јужни део истражног простора карактерише дубоководније басенско развиће. Седименти доњег понта се одликују већим дебљинама у северном делу истражног простора.

Сеизмогеолошка интерпретација 3Д података била је полазна основа за просторно дефинисање хоризоната у миоцену, а бушотински подаци (анализе језгара и геофизичког каротажа) као основа за израду карата седиментолошке реконструкције.

Приказани модел Срема можемо користити за истраживање депресија ширег простора у циљу разматрања нафтно-геолошке перспективности.

Резултати ових испитивања омогућавају разумевање геолошких процеса који су утицали на колекторска својства седимената.

Сви резултати ће користити за израду детаљних геолошких модела, као и за будуће планирање истраживања нафте и гаса.

Abstract

The exploration area belongs to the Slavonian-Syrmian depression, which is located along the southern edge of the Pannonian basin. On the north it is bordered by Drava depression, and on the west by Sava depression.

A geological interpretation of 3D seismic data was the starting point for an integral understanding of the exploration area.

The facies identification of Miocene sediments was carried out based on the synthesis of data obtained by complex petrological and palaeontological studies of the core samples and their correlation with well log data. Detailed sedimentological studies of the samples of Miocene complex have obtained the lithotypes determination and the deposition conditions of their genesis. Paleontological tests enabled the identification of fossil remains and depositional environments.

The main goal of this paper was the sedimentological reconstruction of the wider exploration area, as well as its connection with the adjacent depressions.

Facies analysis was carried out for four horizons; “Lower Miocene“, “Badenian“, “Pannonian“, and “Lower Pontian“.

During the Ottnangian period (18-17 m.a.), conditions that allowed the deposition of widespread sediments were created. Sedimentation took place in the conditions of alluvial fans and lake areas.

Based on the facial analysis of the horizon "Lower Miocean", the sediments of proximal and distal lake facies were distinguished. In the easternmost part of terrain, Oligocene-Lower Miocene dacites were observed.

In the wider area, by Middle Miocene (16.5-11.6 m.a.) transgression had occurred. As a result of the regional extension, a series of half-grabens, and sedimentation was followed by volcanic activity, which is evidenced by the tuffs and volcanic rocks on the surrounding Slavonian and Motajica mountains, as well as on smaller structures. The transgressive character of these sediments has resulted in significant facial differentiation, and organogenic limestones, breccia, conglomerates, sandstones, sandy marlstones, and marlstones were deposited.

Based on the facial analysis of the horizon "Badenian", organogenic limestones, sandstones and conglomerates of the coastal belt were established, as well as carbonates and sandstones of inner shelf facies. In deeper areas clayey-marly sediments were deposited.

Pannonian sediments belong to the next sedimentation megacycle (the Upper Miocene time (11.6 – 5.3 m.a.). It is a phase of thermal subsidence. The thickness of the upper Miocene deposits in the Slavonian- Sarmian depression is highest in the western and northern parts of depression, reaching 1500 m.

During the Pannonian, the wider area is characterized by brackish deposition conditions. Deepening of the accommodation space caused the deposition of deep-water sediments.

Based on the facial analysis of the horizon “Pannonian“ the area of the coastal belt, the slope (with the development of distribution channels), as well as deeper parts of depression (turbidite fan facies) were distinguished.

During the Pontian stage (8.2-5.3 m.a.), the wider exploration area experienced gradual filling of the accommodation space, which has led to the expansion and increase of the content of terrigenous material.

Based on the facial analysis of the horizon “Lower Pontian” we can assume that the northwestern part of the exploration area belongs to the proximal parts (tributary channels of the shelf). Clayey marls are deposited in the basin, in parts of the turbidite fans. Sand, marl and clay facies are deposited in the delta sedimentation regime. The southern part of the exploration area is characterized by deep-water basin development. The Lower Pontian sediments are characterized by greater thicknesses in the northern part of terrain.

The geological interpretation of 3D seismic data was used as the starting point for the spatial definition of the horizons: “Lower Miocene“, “Badenian“, “Pannonian“, and “Lower Pontian“, the general palaeotransport definition, and the well data (core analysis and well logging data) as the basis for making facies distribution and sedimentological reconstruction maps.

The presented model of the Srem can be used for studying the surrounding depressions and considering their hydrocarbon potential.

The results of this study provide an understanding of the geological processes and features, patterns of changes in reservoir properties of oil and gas reservoirs in the Miocene sediments of the wider area of Srem region.

All results could be used for detailed geological models, as well as for future drilling plans, not only for exploration, but also for field development phase.

References

1. Čanović, M., Kemenci, R., (1999): Geologic setting of the Pre-Tertiary basement in Vojvodina (Yugoslavia). Part II: The north part of the Vardar zone in the south Vojvodina. Acta Geologica Hungarica, Budapest
2. Documentation fund of NIS a.d. Scientific-technological center, Novi Sad, Republic of Serbia
3. Karamata, S., Krstić, B., Dimitrijević, D. M., Dimitrijević, M. N., Knežević, V., Stojanov, R., Filipović, I., (1997): Terranes between the Moesian plate and the Adriatic sea. Annales géologiques des pays Helléniques, IGCP Project, 276. Terrane maps and terranes descriptions D. Papanikolaou (coordinator), Panepistimiopolis, Athines
4. Velić, J. (2007): Geologija ležišta nafte i plina. Sveučilište u Zagrebu, 342, Zagreb
5. Вучковић, Б. и др., (2018): Извештај комплексне сеизмогеолошке интерпретације података снимљених на истражном простору „3Д Моровић“; Нови Сад, Република Србија

STRATIGRAFSKA REVIZIJA GORNJEG BADENA RAKOVIČKOG POTOKA KOD BEOGRADA (CENTRALNI PARATETIS , SRBIJA)

STRATIGRAPHY REVISION OF UPPER BADENIAN OF RAKOVICA STREAM NEAR BELGRADE (CENTRAL PARATETHYS, SERBIA)

Dr Gordana Jovanović 1, dr Sejfudin Vrabac 2 , dr Stjepan Ćorić 3

¹ Prirodnjački muzej, Beograd, Srbija; ² Rudarsko-geološko-građevinski fakultet u Tuzli (Bosna i Hercegovina), ³ Geologische Bundesanstalt Neulinggasse, Wien, Austria,

(e-mail: ¹gordana.j@nhmbeo.rs, ²sejfudin.vrabac@untz.ba), ³stjepan.coric@geologie.ac.at

Ključne reči: stratigrafija, donji baden, Rakovica (Srbija), krečnjački nanofosili, foraminiferi, mekušci.

Key words: stratigraphy, Lower Badenian, Rakovica (Serbia), calcareous nannofossils, foraminifers, molluscs.

Sažetak

U ovom radu su prikazani rezultati biostratigrafskih studija badenskih (srednjomiocenskih) pešćara u Rakovičkom potoku kod Beograda (centralna Srbija). Prikazano područje se nalazi na južnim bokovima brda Torlaka, južno od Beograda. U prethodnoj literaturi, gornjobadenska starost (*Ammonia beccarii* Zone) ovih naslaga je zasnovana na proučavanjima zajednice foraminifera. Novi uzorci su sakupljeni 2018. godine za analizu fosilnog materijala. Nova istraživanja su pojasnila stratigrafski položaj sedimenata nazvanih "Rakovički peskovi". Na osnovu novih fosilnih nalaza krečnjačkog nanoplanktona, foraminifera i mekušaca objedinjeni su dokazi i izvršena revizija gornjobadenskih sedimenata Rakovičkog potoka, čime je obezbeđena dobra osnova za buduća istraživanja. Mikropaleontološka i makropaleontološka proučavanja ovih sedimenata koji su u radu pripisani donjem badenu, pokazala su postojanje bogate faune mekušca, foraminifera i retkih nanofosila, kao značajnih zajednica koje su omogućile precizno definisanje starosti istraživanih sedimenata.

Formacija pešćara Rakovica koja je ovde opisana iznosi 3 m debljine srednjomiocenskih (badenskih) sedimenata. Autori su prikupili stratigrafski i taksonomski važne mikrofosile i makrofosile. Takođe, proučene su i stare zbirke Muzeja koje obuhvataju 3000 primeraka iz mesta Rakovica. Opisani deo se sastoji od slabo cementiranog pešćara žućkaste boje i malog sivog sloja pešćara u obliku sočiva. Fosili su nađeni u oba uzorka. Na vrhu izdanka otkriveni su tanki i jako cementirani slojevi pešćara s retkim nanofosilima.

Analizirano je nekoliko uzoraka u pogledu nanoplanktona, foraminifera i mekušaca. Vrlo plitkovodni pešćari potoka Rakovica nisu povoljni za nalazak bogatih asocijacija nanofosila. Retkost krečnjačkog nanoplanktona je otežavalo utvrđivanje biostratigrafskog položaja istraživanih sedimenata. Ipak, nekoliko identifikovanih vrsta ukazuju da pešćari pripadaju srednjomiocenskoj nanoplanktonskoj, NN5 (korišćena je nanoplanktonska zonacija Martini, 1971). *Sphenolithus heteromorphus* Deflandre 1953 je identifikovan u uzorku iz stare zbirke Muzeja. Zajednica ovog uzorka sadrži i *Sphenolithus moriformis* (Brönnimann & Stradner, 1960 Bramlette & Wilcoxon, 1967), *Siracosphaera pulchra* Lohmann, 1902 i tri vrste

pretaloženih nanofosila iz krednih naslaga. Foraminiferi su retki i gotovo isključivo zastupljeni bentoskim oblicima. Pronađeno samo nekoliko planktonskih oblika roda *Orbulina*. Zajednice foraminifera iz analiziranih uzoraka ukazuju da sedimentne naslage potoka Rakovica pripadaju donjem badenu, i to starijoj zoni *Ammonia viennensis* i *Elphidium crispum*. Jedna od činjenica je i da se u peščaru nalazi podvrsta *Borelis melo haueri* (d 'Orbigny), koja se u Centralnom Paratetisu vezuje isključivo za donji baden. Pored toga, bazalni konglomerat i peščari potoka Rakovica nastali su tokom transgresije badenskog mora, što je karakteristično za donjobadensku zonu *Ammonia viennensis*, u Srbiji i severnoj Bosni. Naši rezultati pokazuju da se oko 150 vrsta mekušaca pojavljuje na istraživanom terenu. Gastropodi dominiraju. Zajednice mekušaca predstavljene su vrstama čestim u ranom srednjem miocenu Centralnog Paratetisa. Mnogi morski mekušci su dostigli vrhunac raznovrsnosti tokom toplog ranog badena. Neke vrste kao što su *Xenophora deshayesi* (Michelotti), *Babylonia (Peridipsaccus) eburnoides* (Matheron), *Semicassis laevigata* (Defrance), *Vittularia linguabovis* (Basterot), *Persististrombus exbonellii* (Sacco), *Persististrombus lapugyensis* (Sacco) i *Megacardita hoernesii* La Perna, Mandić i Harzhauser, takođe pripadaju tom periodu, ili se vezuju za početak badenske transgresije. Istraživanja su pokazala da sedimenti Rakovičkog potoka stratigrafski odgovaraju ranom badenu (nanoplankton NN5 zona).

Summary

This paper presents the results of biostratigraphy studies of Badenian (Middle Miocene) of the sandstone deposits of the Rakovica stream near Belgrade (central Serbia). The studied area is located on the southern flanks of Torlak hill, south of Belgrade. In previously literature, the upper Badenian age (*Ammonia beccarii* Zone) of these deposits were based on studies of the foraminifers assemblages. A new bulk samples were taken in 2018 for analyses of fossils materials. New research are clarified the stratigraphic position of the deposit so-called "Rakovica sand". Here, has been integrated evidences based on new fossil findings of calcareous nannoplankton, foraminifera and molluscs shells in order to revised the Upper Badenian deposits of Rakovica stream, and in order to provide a thorough scientific background for future study. Micropaleontological and macropaleontological studies on the sediments of Rakovica Stream herein reported to the Lower Badenian showed the existence of a rich faunal where molluscs and foraminifera, as well as some rare nannofossils are enabled accurate defining of the age of the researched sediments.

. The Rakovica sandstone Formation is herein named and described for a 3-m-thick sequence of the Middle Miocene sediments (Badenian). Autors have collected stratigraphically and taxonomically important microfossils and macrofossils. Also, old collections of Museum comprise 3000 specimens from the Rakovica deposits were investigated. The described section consists of poorly cemented sandstone yellowish color and small gray sandstone body in the lens shape. Fossils come from both sample. On the top of the section, thin and strongly layers cemented sandstones with rare nannofossils are exposed.

Several samples from the Rakovica Stream have been analysed in respect to nannoplankton, foraminifers and molluscs. Very shallow sandstones of the Rakovica Stream are not very favorable to provide abundant and rich associations of nannofossils. The rarity of calcareous nannoplankton has made difficult the establishing biostratigraphic framework. Nevertheless, the few identified species are informative and show that NN5 zone of the Middle Miocene is

present in the sampled succession. The occurrences of *Sphenolithus heteromorphus* Deflandre 1953 in the sample from old collection of Museum enabled the attribution into NN5 (nanoplankton zonation of Martini, 1971). The nannofossil assemblage is composed of *Sphenolithus moriformis* (Brönnimann & Stradner, 1960) Bramlette & Wilcoxon, 1967 and *Syracosphaera pulchra* Lohmann, 1902 and three species of the reworked nannofossils from Cretaceous deposits. Foraminifers are rare and almost exclusively represented by benthic forms, only several planktonic forms of genus *Orbulina* was found. The associations of foraminifers from the analyzed samples also indicate that the sedimentary deposits of Rakovica Stream belong to the Lower Badenian, to older zone of *Ammonia viennensis* and *Elphidium crispum*. One of the fact is that in the sandstone a subspecies *Borelis melo haueri* (d'Orbigny), is found, which in the Central Paratethys is related exclusively to the Lower Badenian. Also, basal conglomerate and sandstones of Rakovica Stream was formed during the transgression of the Badenian sea which is a characteristic of lower Badenian zone *Ammonia viennensis* in Serbia and northern Bosnia. Our results show approximately 150 molluscs species occurring in the studied section. Gastropods are dominated. Molluscan assemblages represent elements common in early Middle Miocene of the Central Paratethys. Many marine molluscs display a peak in diversity during the warm early Badenian. Some species such as *Xenophora deshayesi* (Michelotti), *Babylonia (Peridipsaccus) eburnoides* (Matheron), *Semicassis laevigata* (Defrance), *Vittularia linguabovis* (Basterot), *Persististrombus exbonellii* (Sacco), *Persististrombus lapugyensis* (Sacco) i *Megacardita hoernesii* La Perna Mandić & Harzhauser, belong to that periode or appear with the beginning of Badenian transgression. Therefore, the investigated sections corresponding to early Badenian age (nanoplankton zone NN5).

References

1. Ćorić S., Vrabac S., Đulović I. & Babajić E., (2018): Donji miocen i donji baden na profilu Čaklovići u Tuzlanskom bazenu. Knjiga apstrakata 17. kongresa geologa Srbije, 115-120, Vrnjačka Banja.
2. Jovanović G., Ćorić S. & Vrabac S., (2018): Prvi dokazi morske donjobadenske transgresije kod Koceljeve (zapadna Srbija). Knjiga apstrakata 17. kongresa geologa Srbije, 139-143, Vrnjačka Banja.
3. Petrović M., (1962): Prilog poznavanju tortonskih foraminifera iz Beograda i bliže okoline. Geol. anali Balk. pol., 29, 27-38, Beograd.
4. Vrabac S., Ćorić S., Đulović I. & Ječmenica Z., 2015: Diskordancija između badena i sarmata u profilu Spasine kod Ugljevika. Zbornik radova I kongresa geologa BiH sa međunarodnim učešćem, 10-15, Tuzla.

TRAGOVI PREDACIJA NA SREDNJOMICENSKIM (BADENSKIM) SKAFOPODIMA IZ VIŠNJICE KOD BEOGRADA (SRBIJA)

TRACES OF PREDATION ON THE MIDDLE MIOCENE (BADENIAN) SCAPHOPODA OF VIŠNJICA NEAR BELGRADE (SERBIA)

¹ Dr Gordana Jovanović, ²Jovica Jovanović

Prirodnjački muzej, Njegoševa 51, Beograd, Srbija, e-mail: gordana.j@nhmbeo.rs;

Geološki zavod Srbije, Rovinjska 12, Beograd, Srbija, e mail: jovica.jovanovic@gzs.gov.rs

Ključne reči: tragovi predacija, skafopode, baden, Višnjica kod Beograda (Srbija).

Key words: traces of predation, scaphopoda, Badenian, Višnjica near Belgrade (Serbia).

Sažetak

U morskim ekosistemima, predatori koji se hrane mekušcima koriste razne metode prilikom ishrane, kao što su bušenje, struganje, grebanje. U toku predatorstva, često ostavljaju različite tragove na ljušturama plena, koji daju važne informacije o interakciji predatora i plena. Izbušene ljuštire nam mogu dati podatke kako o veličini plena tako i o veličini predatora. U ovom radu dajemo pregled takvih predacija na ljušturama skafopoda iz zbirke Prirodnjačkog muzeja u Beogradu. Skafopodi su mekušci u obliku kljove, koji žive kao infauna, zakopavajući se mišićavom nogom u isključivo meke morske sedimente. Ljuštura im je otvorena na oba kraja. Primerci skafopoda su sakupljeni iz jednog lokaliteta (potok Ramadan u Višnjici kod Beograda, centralna Srbija), lokalitet je trenutno nedostupan. Srednjomiocenska glina u Višnjici sadrži raznovrsnu, dobro očuvanu faunu, a to su briozoe, koralni, gastropodi, skafopodi, školjke, zubi ajkula, i dr. Stratigrafska pripadnost višnjičkih glina je još uvek predmet rasprava, ali svi dostupni podaci ukazuju na srednji miocen (baden, nanoplanktonska NN5 zona).

Skafopode iz miocenskih sedimenata Srbije su veoma slabo proučene. Istraživanja su pretežno predstavljena kratkim spiskovima identifikovanih vrsta ili njihovom stratigrafskim položajem. U fosilnim zapisima Srbije, gastropodi su poznati kao predatori, ali nema informacija o tragovima predacija na skafopodima iz srpskih lokaliteta. Naše istraživanje obuhvata više od 300 ljušturica, od kojih oko 130 uzoraka pripada *Fissidentalium badense* (Partsch in Hoernes, 1856). Većina fosilnih ljuštura je izlomljena, dominiraju središnji delovi ljuštura. Veći delovi su retki. Najveća izmerena dužina je bila 37,3 mm. Na ispitivanim materijalima su uočena različita oštećenja: pukotine, perforacije itd. Neki primerci pokazuju nepravilnost u rastu ljuštire. Analiza ovih oštećenja ukazuje da neka od njih predstavljaju delo predatora.

Badenski skafopodi sa lokaliteta Višnjica bili su povredjeni na više načina. Primerci sadrže potpune i nepotpune bušotine koje su napravili gastropodi. Identifikovani dokazi o predatorskom pritisku na ispitivanom materijalu su povezani sa bušenjem gastropoda iz porodice Naticidae. Više od 100 primeraka predatora natika je zabeleženo u fosilnoj zajednici. Bušotine koje su kružnog oblika odgovaraju ihnotaksonu *Oichnus paraboloides* Bromley, 1981. Takođe su pronađeni i predatori mureksi, ali mureksi žive uglavnom kao epifauna, dok skafopod plen živi kao infauna. Zabeženi su i tragovi bušenja crva i oporavljeni ožiljci koje su

napravili durofagni predatori. Jedan primerak *Fissidentalium*-a ima nekoliko malih tragova koji su česti na ehinidima: *Tremichnus excavatus* (Donovan i Jagt, 2002).

Naši rezultati pokazuju da: (1) skoro sve bušotine se nalaze između čvrstih radijalnih, rebara; (2) zapažene su višestruke rupe male veličine, strme u odnosu na površinu ljušture; (3) bušotine su češće na središnjim delovima ljušture (4) opšta morfologija bušotina je kružna ili skoro kružna sa vertikalnim zidovima, (5) primećena je selekcija plena; (6) Intenzitet bušenja je bio nizak, samo 8 ljuštura ima rupe. *Fissidentalium*, skafopod sa rebrima je pokazao viši stepen predacija; (7) učestalost neuspelih napada konstatovanih nepotpunim bušenjem je bila relativno niska.

Abstract

In marine ecosystems, predators which feed on molluscs use a variety of foraging methods such as drilling, rasping, scraping, etc. In the course of predation, predators often leave various traces on prey shells, which provide important informations on the predator–prey interaction. A drilled fossil shells can tell us both the size of the prey and the size of the predator that ate it. In this paper, we provide an overview of such as predations on the shells scaphopods from collection of Natural History Museum of Belgrade. Scaphopods are tusk-shaped mollusks which live infaunally, burrowing into exclusively soft marine sediments with a muscular foot. The shell is open at both ends. Specimens of the scaphopod were collected from a single locality (Ramadan creek in Višnjica near Belgrade, central Serbia), the site is currently inaccessible. The Middle Miocene clay of Višnjica contains a common and diverse, well-preserved fauna, namely bryozoa, corals, gastropods, scaphopods, bivalves, sharks teeth, crustaceans, etc. The stratigraphy of the Višnjica clay is still debated but all the available data indicate the Middle Miocene (Badenian, nannoplankton NN5 Zone) age.

Scaphopoda from the Miocene sediments of Serbia was very poorly studied. The researches were presented mainly with brief lists of the identified species or their stratigraphic position. Gastropods are known predators in the fossil record Srbije, but there is no information about trace predation on the scaphopods, from Serbian localities. Our investigated includes more than 300 shells, from which about 130 specimens belong to *Fissidentalium badense* (Parsch in Hoernes, 1856). Most of the fossil shells is fragmented, central parts of shells dominated. Larger parts of shells are rare. The greatest measured length was 37.3 mm. We recognized a different damage in the studied materials: cracks, perforations, etc. Some specimens show an irregularity in the growth of shell. Analysis of the shape these damages suggesting that they represent the work of a predator.

Badenian scaphopods from Višnjica locality was preyed upon in several ways. Specimens exhibit complete and incomplete drillholes produced by gastropods. Identifiable evidences for the predatory pressure imposed on the investigated material is associated with drilling gastropods of the family Naticidae. Naticid predators were present, more than a 100 specimens recorded in the fossil assemblage. The drill holes that are circular in outline corresponding to the ichnotaxon *Oichnus paraboloides* Bromley, 1981. Also, muricid predators were found, but the muricids live mostly epifaunally while the scaphopod prey is infaunal. Boring Polychaetes and repair scars of shell-breaking durophagous predators were observed. One specimen of *Fissidentalium* displays a several small traces which often found on echinoids: *Tremichnus excavatus* (Donovan & Jagt, 2002).

Our the results indicate that (1) almost all of drill-hole situated between the solid radial primary ribs; (2) multiple holes of small size perpendicular to the surface of shell were observed; (3) the drill-holes seem to be more common on the central parts of the shell; (4) the general morphology of the drill-holes is circular or nearly circular in outline with vertical walls; (5) Prey selectivity is recognized; (6) Drill-hole predation intensitie was low, only 8 shells displays holes. *Fissidentalium*, scaphopod with ribs, showed a higher rate of predation; (7) the frequency of failed attacks recorded by incomplete drill holes was relatively low.

References:

1. Bromley, R. G., (1981): Concepts in ichnology illustrated by small round holes in shells. *Acta Geológica Hispánica*, 16: 55–64.
2. Jovanović, G., and Jovanović, J. (1998): Tertiary scaphopods in Natural History Museum Belgrade. *Bulletin of Natural History museum*, A, 47-50, 199-204.
3. Klompmaker, A., (2011): Drilling and crushing predation on scaphopods from the Miocene of the Netherlands. *Lethaia*, doi:10.1111/j.1502-3931.2010.00254.x.
4. Klompmaker, A., Chattopadhyay, D., Clements, C. J., Kowalewski, M. (2019): Predation in the marine fossil record: Studies, data, recognition, environmental factors, and behavior. *Earth-Science Reviews*, doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.02.020.
5. Yochelson, E.L., Dockery, D. & Wolf, H. (1983): Predation of sub-Holocene scaphopod mollusks from Southern Louisiana. *Geological Survey Professional Paper* 1282, 13.

MIOCEN PROFILA BUŠOTINE DH-1 KOD LUKAVCA (TUZLANSKI BAZEN)

MIOCENE OF THE PROFILE OF BOREHOLE DH-1 NEAR LUKAVAC (TUZLA BASIN)

Izudin Đulović¹, Sejfidin Vrabac², Elvir Babajić³, Eldar Jašarević⁴ & Nermin Taletović⁵

¹Dr. sc. Izudin Đulović, vanr. profesor, RGGF Univerziteta u Tuzli, izudin.dulovic@untz.ba

²Dr. sc. Sejfidin Vrabac, red. profesor, RGGF Univerziteta u Tuzli, sejfidin.vrabac@untz.ba

³Dr. sc. Elvir Babajić, docent, RGGF Univerziteta u Tuzli, elvir.babajic@untz.ba

⁴Mr. sc. Eldar Jašarević, Rudarski institut Tuzla, eldar.jasarevic@rudarskiinstitutuzla.ba

⁵Mr. sc. Nermin Taletović, Rudarski institut Tuzla, nermin.taletovic@rudarskiinstitutuzla.ba

Korespondent: izudin.dulovic@untz.ba

Ključne riječi: Miocen, Tuzlanski bazen, Centralni Paratetis, foraminifere, mekušci.

Key words: Miocene, Tuzla basin, Central Paratethys, foraminifera, molluscs.

Sažetak

Bušotina DH-1 kod Lukavca urađena je 2017. godine s namjerom da se provjeri zastupljenost evaporitnih sedimenata, posebno sone formacije, u sjeverozapadnom dijelu Tuzlanskog bazena. Tom prilikom izvršeno je sistematsko uzorkovanje jezgra bušotine za izradu paleontoloških i mineraloško-petrografskih analiza. Prioritetni cilj ovih istraživanja bio je utvrđivanje stratigrafske pripadnosti sedimenata. Paleontološki uzorci su korišteni za analizu makrofosila, foraminifera i ostrakoda. Mineraloško-petrografski uzorci su korišteni za određivanje mineralnog sastava, tipa i intenziteta alteracije minerala, definisanje vrsta stijena, te njihovih strukturnih i teksturnih odlika. Istraživanja su izvedena primjenom terenskih i laboratorijskih metoda. Od terenskih metoda korištena je metoda detaljnog geološkog kartiranja jezgra bušotine DH-1. Određene su optimalne pozicije (dubine) za uzimanje proba za makropaleontološka, mikropaleontološka i mineraloško-petrografska istraživanja. Na području Smoluće određeni su slatkovodni sedimenti donjeg miocena, marinski sedimenti badena i sarmata, i jezerski brakični sedimenti panona (sl.1). Na objavljenim geološkim kartama Tuzlanskog bazena sedimenti Smoluće su uvrštavani u različite stratigrafske jedinice, a granice između jedinica su označene kao konkordantne. Izrazite litološke razlike slatkovodnih i marinskih sedimenata, različiti padni uglovi, te odsustvo sone formacije i foraminiferske zone *Ammonia viennensis* i *Nonion commune*, koja je u istočnom dijelu Tuzlanskog bazena zastupljena u neposrednoj krovini sone formacije, svjedoče da je granica između donjeg miocena i donjeg badena tektonsko-eroziona, odnosno diskordantna. Granica između badena i sarmata je upitno konkordantna, jer nije utvrđeno postojanje mlađe zone *Ammonia viennensis*. Provjera zastupljenosti ove zone, kao i srednjeg badena, biti će predmet budućih istraživanja. Granica između sarmata i panona vjerovatno je normalna. Za detaljnija stratigrafska i mineraloško-petrografska istraživanja miocena u prifilu bušotine DH-1 uzeti su uzorci na svakih 5m. Petrografske i paleontološke osobine sedimenata donjeg miocena ukazuju da su oni taloženi u plitkovodnom slatkovodnom jezeru. Badenski i sarmatski sedimenti taloženi su na

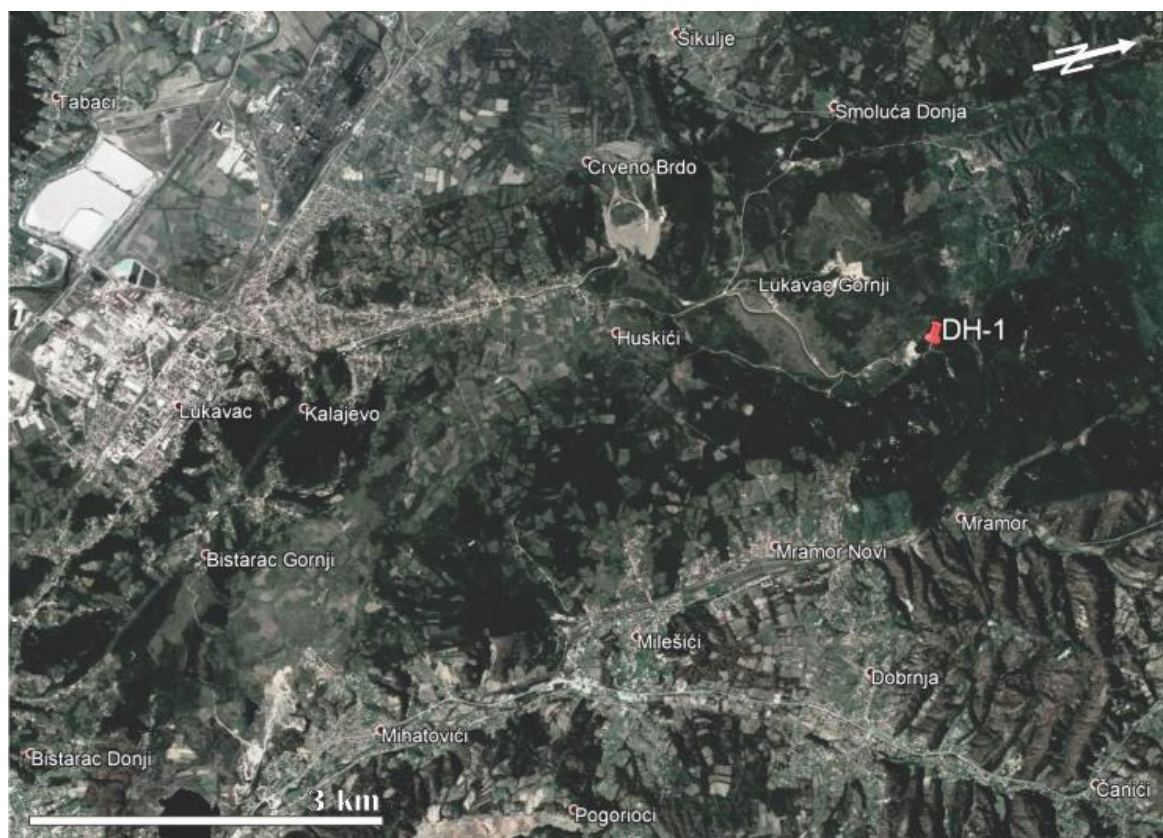
južnom obodu Centralnog Paratetisa. Panonski klastiti su deponovani u brakičnom jezeru. Salinitet je tokom badena bio normalan, a tokom sarmata i naročito panona došlo je do značajnog oslađivanja. Rezultati ovih istraživanja su reprezentativni za Tuzlanski bazen i kao takvi se trebaju koristiti prilikom izrade detaljnih geoloških karata, kako ovog bazena tako i susjednih bazena na prostoru sjeverne Bosne.

Abstract

The DH-1 borehole at Lukavac was made in the 2017. with the intention of checking the presence of evaporite sediments, especially the salt formation, in the northwestern part of the Tuzla basin. On this occasion, systematic sampling of the core of the borehole was performed for the production of paleontological and mineralogical-petrographic analyzes. The priority goal of this research was to determine the stratigraphic affiliation of sediments. Paleontological samples were used to analyze of macrofossils, foraminifers and ostracods. Mineralogical-petrographic samples were used to determine the mineral composition, type and intensity of mineral alteration, the definition of rock types, and their structural and textural features. Researches were carried out using the field and laboratory methods. From the field methods, the method of detailed geological mapping of the core of the DH-1 borehole was used. Optimal positions (depths) for taking macropaleontological, micropaleontological and mineralogical-petrographic researches were determined. In the Smoluća region freshwater sediments of the Lower Miocene, marine sediments of the Badenian and the Sarmatian, and lake brackish sediments of the Pannonian were determined (Figure 1). On the published geological maps of the Tuzla basin, the sediments of Smoluća are included in different stratigraphic units, and the boundaries between units are designated as concordant. Express the lithological differences between the freshwater and marine sediments, the different dip angles, and the absence of the salt formation and foraminiferal zone *Ammonia viennensis* and Nonion commune, which is present in the eastern part of the Tuzla basin in the immediate roof of the salt formation, testify that the boundary between the Lower Miocene and the Lower Badenian is tectonic-erosion, or discordant. The boundary between the Badenian and the Sarmatian is questionable concordant, because the existence of a younger zone *Ammonia viennensis* has not been established. Checking the presence of this zone, as well as the Middle Badenian, will be the subject of future researches. The boundary between the Sarmatian and the Pannonian is probably normal. For detailed stratigraphic and mineralogical-petrographic studies of the Miocene in the profile of the DH-1 borehole, samples were taken at every 5 m. The petrographic and paleontological characteristics of the Lower Miocene sediments indicate that they are deposited in a shallow freshwater lake. The Badenian and the Sarmatian sediments are deposited on the southern periphery of the Central Paratethys. The Pannonian clastics are deposited in the brackish lake. Salinity was normal during the Badenian, and during the Sarmatian, and especially the Pannonian, salinity was considerably reduced. The results of these studies are representative of the Tuzla basin and as such should be used in the making of detailed geological maps, both of this basin and adjacent basins in the area of northern Bosnia.

1. Uvod

Bušotina DH-1 urađena je 2017. godine sjeverno od Lukavca, na udaljenosti oko 4 kilometra u naselju Potočari (Smoluća) (sl. 1). Locirana je blizu ose u sjevernom krilu sinklinale Smoluća. Ovom bušotinom se htjela provjeriti zastupljenost evaporitnih sedimenata, posebno sone formacije, u sjeverozapadnom dijelu Tuzlanskog bazena. Tom prilikom izvršeno je sistematsko uzorkovanje jezgra bušotine za izradu paleontoloških i petrografskih analiza. Cilj istraživanja bio je utvrđivanje stratigrafske pripadnosti sedimenata. Paleontološki uzorci su korišteni za analizu makrofosila, foraminifera i ostrakoda. Petrografski uzorci su korišteni za određivanje mineralnog sastava, tipa i intenziteta alteracije minerala i definisanje strukturnih i teksturnih odlika stijena. Na osnovu paleontoloških karakteristika određena je geohronološka pripadnost uzorkovanih sedimenata, i gdje je bilo moguće izvršeno je izdvajanje biostratigrafskih jedinica, odnosno zona. Stratigrafski položaj sedimenata u kojima nisu nađeni fosili definisan je metodom superpozicije.



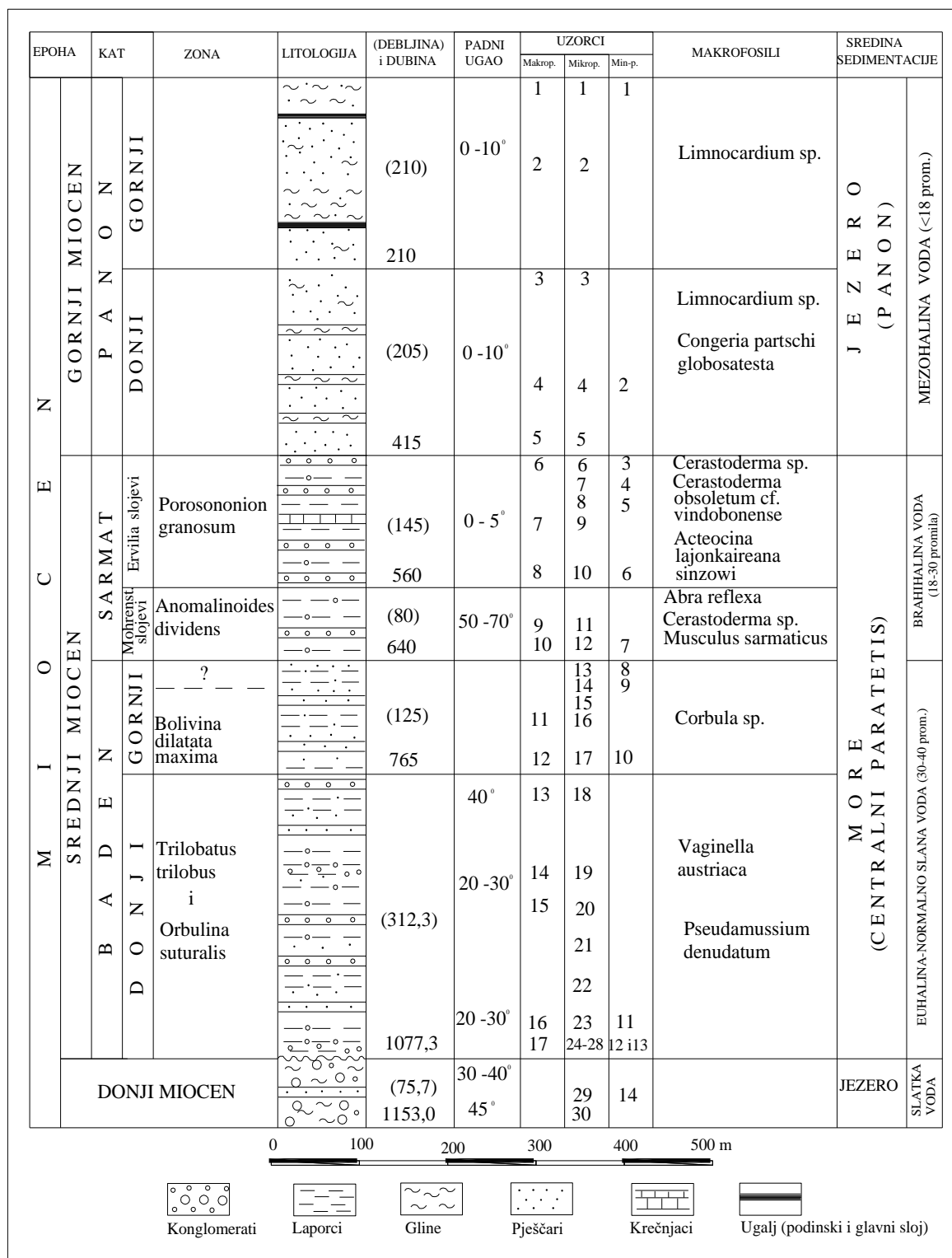
Slika 1. Geografski položaj bušotine DH-1 (Google Earth Pro 2019)

2. Metode

Istraživanja su izvedena primjenom terenskih i laboratorijskih metoda istraživanja. Od terenskih metoda korištena je metoda detaljnog geološkog kartiranja jezgra bušotine DH-1. Određene su optimalne pozicije (dubine) za uzimanje proba za makropaleontološka, mikropaleontološka i petrografska istraživanja. Uzeto je ukupno 47 paleontoloških uzoraka (17 makropaleontoloških i 20 mikropaleontoloških), kao i 14 mineraloško-petrografskih uzoraka. U laboratorijama su prikupljeni uzorci pripremljeni za mikroskopske i druge analize.

3. Rezultati

Najstariji sedimenti izdvojeni u bušotini DH-1 su donjomiocenske starosti. Transgresivno preko slatkovodnih sedimenata nataloženi su marinski i jezerski sedimenti srednjeg i gornjeg miocena (sl. 2).



Slika 2. Stratigrafski stub sedimenata u bušotini DH-1 kod Lukavca.

3.1. Donji miocen

Ovi sedimenti su nabušeni u intervalu 1077,3-1153,0 metara. Predstavljani su sitnozrnim pješčarima, tamnosivim i svijetlosivim laminiranim i slojevitim laporcima, konglomeratima, zelenim i crvenim glinama, podređeno laminiranim krečnjacima. Mineraloško-petrografskim uzorkom s dubine 1130 m (sl. 3) određen je kvarcni pješčar, laminirani, sitnozrni.

U netopivom ostatku tamne lamine sadrže glinovitu komponentu. Svijetle lamine sadrže poligonalni kvarc (veličine 0,25 - 0,4 mm) i sporadični feldspat. Sadržaj ukupnih karbonata je 7,87%. Padni uglovi slojeva u ovim sedimentima su 30 do 45°.



Slika 3. Kvarcni pješčar, laminirani, sitnozrni iz donjeg miocena s dubine 1130 m.



Slika 4. Jezgro bušotine DH-1 sa dubine 1078 do 1094 m.

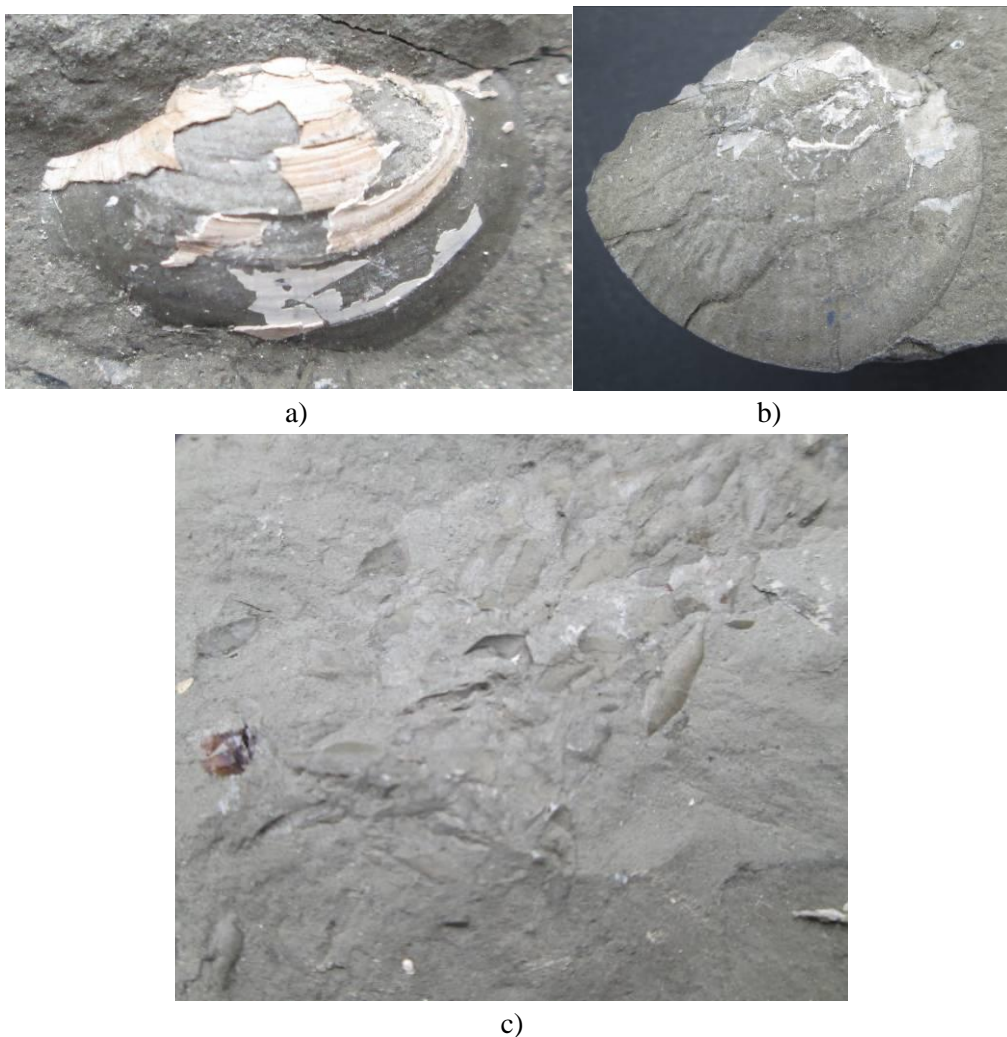
U uzorcima jezgra sa dubine 1077,3 do 1150 metara nisu nađene foraminifere, drugi mikrofosili i makrofosili, na osnovu čega je izveden zaključak da oni pripadaju slatkovodnoj, klastičnoj formaciji donjeg miocena (sl. 4). Nabušena debljina ovih sedimenata je 75,7 metara.

3.2. Baden

Transgresivno preko jezerskih sedimenta nalaze se sedimenti badena. Baden je raščljanjen na donji i gornji.

Donji baden je predstavljen tankoslojevitim i slojevitim laporcima, slojevitim pješčarima, konglomeratima i krečnjacima. Sadržaj ukupnih karbonata u laporcima varira od 19,07 - 21,26 %. U netopivom ostatku zastupljen je poligonalni kvarc (veličine 0,15 - 0,30 mm), kao i feldspati (0,15 - 0,20 mm). Sedimentacija u donjem badenu počinje bazalnim konglomeratom čija debljina iznosi oko 40 cm. Slijede laporci debljine 90 cm u kojima su nađene slijedeće foraminifere: *Trilobatus trilobus* (REUSS), *Orbulina suturalis* BRÖNNIMANN, *Uvigerina macrocarinata* PAPP & TURNOVSKY i *Quinqueloculina* sp..

Od makrofosila su nađeni: *Thracia* cf. *ventricosa* PHILIPPI, *Pseudamussium denudatum* (REUSS) i otisci planktonskog gastropoda *Vaginella austriaca* KITTL, (sl. 5).



Slika 5. *Thracia cf. ventricosa* PHILIPPI (a) *Pseudamussium denudatum* (REUSS) (b), sa dubine 778,5-778,7m i *Vaginella austriaca* KITTL (c) sa dubine 854,9-855 m.

U ostalim uzorcima jezgra su nađene dominantno planktonske foraminifere. Određene su: *Trilobatus trilobus* (REUSS), *Orbulina suturalis* BRÖNNIMANN, *Uvigerina macrocarinata* PAPP & TURNOVSKY, *Quinqueloculina* sp., *Globigerina bulloides* d' ORBIGNY, *Valvulineria complanata* (d' ORBIGNY), *Dentalina* sp., *Globoquadrina altispira* (CUSHMAN & JARVIS), *Lenticulina inornata* (d' ORBIGNY), *Nonion commune* (d' ORBIGNY), *Praeglobobulimina pupoides* (d' ORBIGNY), *Cibicidoides ungerianus ungerianus* (d' ORBIGNY), *Praeglobobulimina pyrula* (d' ORBIGNY) *Ammonia viennensis* (d' ORBIGNY), *Uvigerina* sp., *Uvigerina pygmoides* PAPP & TURNOVSKY *Borelis* sp., *Uvigerina cf. aculeata* d' ORBIGNY, *Semivulvulina* sp., (sl. 6). Nađeni su i ponekad brojni fragmenti biljaka. Nabušena debljina donjeg badena je 312,3 m.



Slika 6. Foraminifere donjebadenske zone *G. trilobus* i *O. suturalis* s dubine 778,5- 778,7 m.

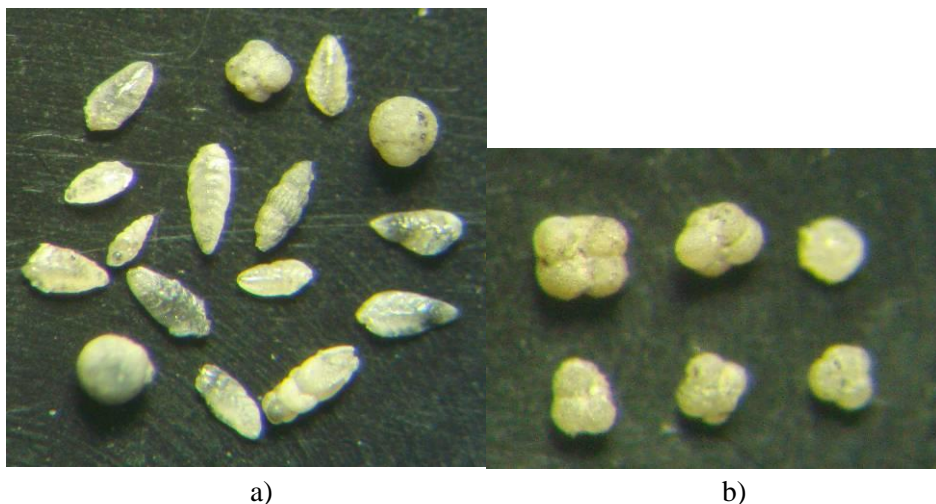
Gornji baden je predstavljen dominantno tankoslojevitim i laminiranim laporcima, podređeno pješčarima i polimiktnim konglomeratima. Sadržaj ukupnih karbonata u laporcima je oko 19 %. U netopivom ostatku laporaca konstatovan je sitnozrni, poligonalni, prozirni, kvarc (veličine 0,05 - 0,15 mm). Laporac s dubine 650,0 m sadrži lamine debljine 1 - 2 mm (sl. 7).



Slika 7. Laminirani laporac gornjeg badena s dubine 650,00 m.

U netopivom ostatku laporac sadrži poligonalni, prozirni kvarc (veličine 0,05 - 0,15 mm), i sporadično feldspate.

Od makrofosila su nađeni: *Corbula sp.* i *gastropoda*. Nađeni su fragmenti krljušti *riba* i ugljenificiranog *bilja*. Od mikrofosilne asocijacija nađene su relativno rijetke foraminifere, planktonski gastropod *Spirialis*, bodlje *ehinida* i *ostrakodi*. Dominiraju bentoske forme. Nađene su: *Bolivina dilatata maxima* CİCHA & ZAPLETALOVA, *Pappina parkeri* (KARRER), *Globigerina bulloides* d' ORBIGNY, *Bulimina elongata elongata* d' ORBIGNY, *Bulimina sp.*, *Orbulina suturalis* BRÖNNIMANN, *Globigerina sp.*, *Laevidentalina sp.* i *Asterigerinata planorbis* (d' ORBIGNY), (sl. 8).



Slika 8. Foraminifere gornjebadenske zone *Bolivina dilatata maxima* s dubine 705,6-705,8 m (a), Foraminifere gornjeg badena s dubine 675,0 m.(b).

Foraminifere nađene u uzorku s 675,0 m (*G. buloides* i *A. planorbis*) mogle bi pripadati završnom dijelu gornjeg badena, odnosno zoni *A. viennensis*. Zastupljenost ove zone, kao i srednjeg badena, biti će provjerena budućim istraživanjima. Nabušene debljina gornjeg badena je 125 m.

3.3. Sarmat

Sedimenti sarmata su predstavljeni: laminiranim i tankoslojevitim laporcima, slojevitim pješčarima, glinama i podređeno slojevima pjeskovitih krečnjaka. Izdvojen je stariji i mlađi dio sarmata.

Stariji dio sarmata pripada Mohrensternia slojevima. Od makrofosila nađeni su: fragmenti ugljenificiranog *bilja* i fragmenti kapaka i otisaka školjkaša *Abra reflexa* (EICHWALD), *Musculus sarmaticus* (GATUEV), (sl.7) i *Cerastoderma* sp..



Slika 9. *Musculus sarmaticus* (GATUEV) iz Mohrensternia slojeva sarmata sa dubine 602,2 m (a), *Abra reflexa* (EICHWALD) iz Mohrensternia slojeva sarmata sa dubine 625 m (b).

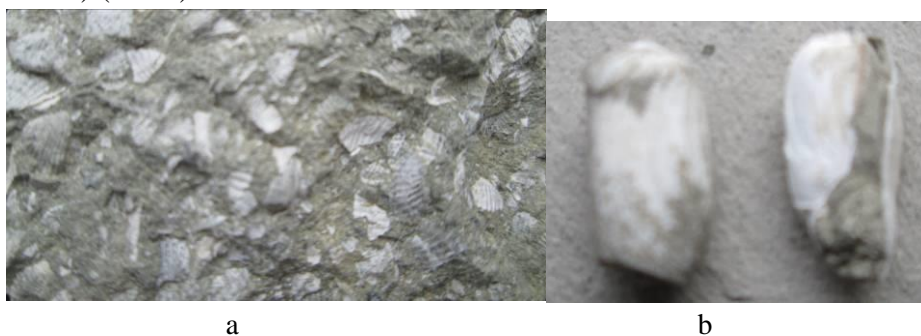
Mikrofosilna asocijacija odgovara zoni *Anomalinoidea dividens*. Određene su: *Anomalinoidea dividens* LUCZKOWSKA, *Articulina sarmatica* (KARRER), *Elphidium hauerinum* (d' ORBIGNY), *Porosonion granosum* (d' ORBIGNY), *Quinqueloculina* sp., *Elphidium* sp., *E. josephinum* (d' ORBIGNY), *Bulimina* sp., *Bulimina elongata elongata* d'

ORBIGNY i *Fursenkoina acuta* (d' ORBIGNY), (sl. 10). Padni uglovi slojeva su 50 do 70°. Debljina sedimenata je oko 80 metara.



Slika 10. Foraminifere sarmatske zone *Anomalinoides dividens* sa dubine 625 m.

Mlađi dio sarmata pripada *Ervilia* slojevima. Od makrofosila određeni su: *Cerastoderma* sp., *Cerastoderma obsoletum* cf. *vindobonense* PARTSCH, i *Acteocina lajonkaireana sinzowi* (KOLESNIKOV) (sl. 11).



Slika 11. *Cerastoderma* sp. i *Cerastoderma obsoletum* cf. *vindobonense* PARTSCH sa dubine 499,3-499,4 m (a), *Acteocina lajonkaireana sinzowi* (KOLESNIKOV) sa dubine 550 m (b) iz *Ervilia* slojeva sarmata.

Od mikrofosila nađene su relativno česte sitne ljušturice gastropoda (*Acteocina*), rijetki fragmenti kapaka *ostrakoda*, i foraminifere. Od foraminifera rijetko je zastupljen *Porosonion granosum* (d' ORBIGNY) (sl. 12). Padni uglovi slojeva su 0 do 5°. Debljina sedimenata je oko 145 m.



Slika 12. Foraminifere sarmatske zone *Porosonion granosum* sa dubine 550 m.

3.4. Panon

Panon je na osnovu litoloških i paleontoloških karakteristika raščlanjen na donji i gornji panon. Donji panon je predstavljen: kvarcnim pješčarima, laminiranim i slojevitim laporcima i pjeskovitim glinama. Analizom mineraloško-petrografskog uzorka s dubine 355,00 m, konstatovan je kvarc-sericitni pješčar, s karbonatnim vezivom. Sadržaj ukupnih karbonata u ovom pješčaru je 20,79 %. Od makrofosila određena je *Congeria partschi globosatesta* PAPP (sl. 13). Nađeni su fragmenti školjkaša *Limnocardium* sp. i *Congeria* cf. *czjzeki* M. HOERNES. Od mikrofosila nađeni su samo vrlo rijetki kapci ostrakoda *Candona* sp. i *Cyprideis* sp.. Padni uglovi slojeva su 0 do 10°. Debljina donjeg panona je oko 205 metara.



Slika 13. *Congeria partschi globosatesta* PAPP iz donjeg panona s dubine 402,0-402,1 m (visina kapka 42 mm, dužina 31 mm).

Sedimenti gornjeg panona su predstavljeni: kvarcnim pješčarima, pijescima, glinovitim pješčarima, ugljenim slojevima, pjeskovitim glinama i laporcima. Na dubini 25,00 m definisan je laporac s ukupnim sadržajem karbonata 28,6 %. U netopivom ostatku konstatovani su poligonalni kvarc (veličine do 0,25 mm), sporadični feldspat i koagulirani minerali glina. Od makrofosila nađeni su fragmenti kapaka *Limnocardium* sp. (sl. 14). Od mikrofosila nađen je ostrakod *Candona* sp. Padni uglovi slojeva su 0 do 10°. Debljina gornjeg panona je oko 210 m.



Slika 14. *Limnocardium* sp. iz gornjeg panona s dubine 121,2-121,3 m (dužina kapka 40 mm, visina 30 mm).

4. Diskusija

Sedimenti sinklinale Smoluća, u kojima je izvedena bušotina DH-1, su na publikovanim geološkim kartama Tuzlanskog bazena različito petrografski i stratigrafski klasificirani. Tako Katzer [4] u sinklinali Smoluća izdvaja klastične sedimente miocena i pliocena. Kranjec [5] na prostoru sinklinale Smoluća definiše: helvet (crvene i sive gline, pješčari i konglomerati) koje tretira kao bočni ekvivalent sone formacije, zatim mlađi torton (laporci, pješčari, konglomerati i rijetko krečnjaci), donji sarmat (laporci, krečnjaci, pješčari, konglomerati i gline), panon (gline, pijesci, laporci i konglomerati-šljunci). Soklić [10] na istraživanom prostoru Smoluće izdvaja sedimente: donjeg miocena, helveta, tordona (badena), sarmata i panona. Na OGK list Tuzla u rejonu sinklinale Smoluća Čičić et al. [1] izdvojili su sedimente: donjeg-srednjeg miocena, mlađeg tordona, sarmata, panona i pliocena. Treba istaći da na navedenim geološkim kartama stratigrafske jedinice srednjeg miocena (baden i sarmat) nisu biostratigrafski raščlanjene, a izražene su razlike u tretiranju slatkovodnih donjemiocenskih sedimenata. Raniji istraživači su donjomiocenske sedimente nazivali najčešće „šarena serija“ i smatrali su da u Tuzlanskom bazenu čine podinu sone formacije ili su njen bočni ekvivalent. Katzer [4] je ove sedimente svrstao u akvitan, Stevanović i Eremija [11] u mlađi burdigal i helvet, Kranjec [5] u srednji miocen, Soklić [10] u helvet, Čičić et al. [1] u završni dio donjeg i početak srednjeg miocena. Vrabac i Ćorić [12] ove slatkovodne sedimente uvrštavaju u donji miocen, smatrajući da isti predstavljaju podinu sone formacije, a ne njen bočni ekvivalent, kako je isticala većina istraživača. Na svim prethodnim geološkim kartama Tuzlanskog bazena, koje obuhvataju ovo područje, granica između donjeg i srednjeg miocena je prikazivana kao normalna. Međutim, rezultati ovih istraživanja svjedoče da preko slatkovodnih donjemiocenskih sedimenata diskordantno slijede marinski sedimenti donjeg badena, i da je granica između ovih stratigrafskih jedinica tektonsko-eroziona. Petrović [8] na osnovu foraminifera, baden Tuzlanskog bazena raščlanjava na donji, sredni i gornji. Soklić et al. [9] su na Čaklovici u „donjem tortonu“ izdvojili zonu *Orbulina universa* i *Globigerinoides*. Ćorić et al. [2] i Vrabac i Ćorić [12] donji baden dijele na stariju zonu *Ammonia viennensis* i *Nonion commune*, te mlađu zonu *Globigerinoides trilobus* i *Orbulina suturalis*, kojima odgovara nanoplanktonska zona NN5 [7]. U sinklinali Smoluća, Đulović et al. [3] su odredili mlađu zonu donjeg badena *Globigerinoides trilobus* i *Orbulina suturalis*. U profilu bušotine DH-1 određena je asocijacija mikroforaminifera koja pripada mlađoj donjebadenskoj zoni *Trilobatus trilobus* i *Orbulina suturalis*. U sedimentima gornjeg badena utvrđena je asocijacija koja odgovara starijoj zoni *Bolivina dilatata maxima*. Mlađa zona gornjeg badena *Ammonia viennensis* ovim istraživanjima nije konstatovana. Na sedimentima badena nalaze se sedimenti koji pripadaju starijem dijelu sarmata, odnosno zoni *Anomalinoides dividens*. Dalje slijede sedimenti mlađeg dijela sarmata, koji pripadaju zoni *Porosonion granosum*. Preko sarmata nalaze se sedimenti panona u koje su po novoj podjeli uvršteni i ugljonošni sedimenti nekadašnjeg pontaa [6].

5. Zaključak

Na području Smoluće određeni su slatkovodni sedimenti donjeg miocena, marinski sedimenti badena i sarmata, i brakični jezerski sedimenti panona. Na objavljenim geološkim kartama Tuzlanskog bazena sedimenti Smoluće su uvrštavani u različite stratigrafske jedinice, a granice između jedinica su označene kao konkordantne. Izrazite litološke razlike slatkovodnih i marinskih sedimenata, različiti padni uglovi, te odsustvo sone formacije i zone A. viennensis i

N. commune koja je u istočnom dijelu Tuzlanskog bazena zastupljena neposredno iznad sone formacije, svjedoče da je granica između donjeg miocena i donjeg badena tektonsko-eroziona, odnosno diskordantna. Granica između badena i sarmata je upitno konkordantna, jer nije utvrđeno postojanje mlađe zone *Ammonia viennensis*. Granica između sarmata i panona je vjerovatno normalna. Za detaljnija stratigrafska i mineraloško-petrografska istraživanja miocena profila bušotine DH-1 uzeti su uzorci jezgra na svakih 5 m. Petrografske i paleontološke osobine sedimenata donjeg miocena ukazuju da su oni taloženi u plitkovodnom slatkovodnom jezeru. Badenski i sarmatski sedimenti taloženi su na južnom obodu Centralnog Paratetisa. Panonski klastiti su deponovani u brakičnom jezeru. Salinitet je tokom badena bio normalan, a tokom sarmata i naročito panona došlo je do značajnog oslađivanja. Rezultati ovih istraživanja su reprezentativni za Tuzlanski bazen i kao takvi se trebaju koristiti prilikom izrade detaljnih geoloških karata, kako ovog bazena tako i susjednih bazena na prostoru sjeverne Bosne.

References

1. Čičić S., Jovanović Č., Mojićević M., Tokić S., (1991): Tumač za list OGK Tuzla 1:100000. Savezni geološki zavod Beograd, 1-72.
2. Ćorić S., Vrabac S., Ferhatbegović Z., Đulović I., (2007): Biostratigraphy of Middle Miocene Sediments from the Tuzla Basin (North-eastern Bosnia) Based on Foraminifera and Calcareous Nannoplankton. Neogene of Central and South-Eastern Europe, 2 Inter. Works. Joanea-Geol. und Pal., 9, 21-23.
3. Đulović I., Babajić E., Vrabac S., Jašarević E., Taletović N., (2018): Miocen sinklinale Smoluća kod Lukavca. Glasnik Rudarsko-geološko-građevinskog fakulteta, Univerziteta u Tuzli, 18-24.
4. Katzer F., (1909): Geologische Spezialkarte von Bosnien-Herzegovina.- 1. Blatt., 1 : 75.000. DL. Tuzla.
5. Kranjec V., (1965): Geološka građa šireg tuzlanskog područja (doktorska disertacija). FSD RGNF- a, 1-288.
6. Mandić O., Rundić Lj., Ćorić S., Pezelj Đ., Theobalt D., Sant K. & Krijgsman W., 2019: Age and mode of the middle Miocene marine flooding of the Pannonian Basin – constraints from central Serbia. Palaios, v. 34, 71-95.
7. Martini E., (1971): Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. Proceedings of the II Planktonic Conference. Ed. Tecnoscienza, Roma, 739-785.
8. Petrović M., (1979/80): Biostratigrafski značaj srednjemiocenskih foraminifera iz bušotina Tuzlanskog bazena. Geol. anali Balk. pol., 43/44, 155-208.
9. Soklić I., Atanacković M., Jerković L., Petrović M., (1980): Biostratigrafski aspekti za utvrđivanje geneze i starosti tuzlanskog sonog ležišta. Simpoz. iz reg. geol. i paleontol., Beograd, 307-316.
10. Soklić I., (1986): Tektonsko-strukturni oblici Tuzlanskog bazena i Majevice. Akademija nauka i umjetnosti BiH, Odjeljenje tehničkih nauka, Knj. 10, 23-55.
11. Stevanović P. i Eremija M., (1960): Miocen Donje Tuzle. Geol. anali Balk. Pol., knj. XXVII, 45-102, Beograd.
12. Vrabac S., Ćorić S., (2008): Revizija „karpata“ Tuzlanskog bazena sa osvrtom na stratigrafski položaj sone formacije. Geološki glasnik 37, Sarajevo, 71-81.

OD MORA PARATETISA DO JEZERA PANON: BIOSTRATIGRAFIJA, PALEOEKOLOGIJA I PALEO GEOGRAFIJA MIOCENA U BUŠOTINI KC-4, ZAPADNA SRBIJA

FROM THE PARATETHYS SEA TO LAKE PANON: BIOSTRATIGRAPHY, PALEOECOLOGY AND PALEO GEOGRAPHY OF MIOCENE IN THE KC-4 WELL, WESTERN SERBIA

Prof. dr Ljupko Rundić, MSc Jelena Stefanović, MSc Natalija Batočanin², Doc. dr Violeta Gajić,
Prof. dr Nebojša Vasić, Dr Stjepan Ćorić

Prof. dr Ljupko Rundić, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, Beograd,
Srbija. Email: ljupko.rundic@rgf.bg.ac.rs

MSc Jelena Stefanović, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, Beograd, Srbija.

MSc Natalija Batočanin², Univerzitet u Beogradu, Geografski fakultet, Studentski trg 16, Beograd,
Srbija

Doc. dr Violeta Gajić, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, Beograd, Srbija

Prof. dr Nebojša Vasić, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, Beograd, Srbija

Dr Stjepan Ćorić, GBA - Geologische Bundesanstalt für Österreich, Wien, Austria

Ključne reči: Miocen, baden, sarmat, panon, Paratetis, jezero Panon

Apstrakt

U radu su prikazani rezultati detaljnog kartiranja i različitih analiza uzoraka jezgra bušotine KC-4 (Mrovska kod Koceljeve), zapadna Srbija. Litostratigrafski stub bušotine dubine 602 metra, obuhvata oko 120 m trijaskih krečnjaka koji predstavljaju paleoreljef i podinu za jako moćnu sukcesiju, predominantno klastita, srednjeg i gornjeg miocena. Preko stotinu uzoraka je analizirano različitim petrološkim metodama koje obuhvataju mehanička, hemijska i optička merenja i analize. Od mehaničkih metoda rađene su granulometrijske analize koje su omogućile preciznu determinaciju klastičnih stena. Kalcimetrijom je utvrđen CaCO₃ sadržaj u pojedinim karbonatima dok je ukupni sadržaj Sr određen pomoću ICP-MS spektrometra. Tanki preparati su rađeni u cilju identifikacije mikrofacija u karbonatima. Analiza fosilnog sadržaja, prvenstveno makrofaune, foraminifera, ostrakoda i krečnjačkog nanoplanktona korišćenja je u svrhu biostratigrafske zonacije miocenske serije, paleoekološke rekonstrukcije depozicione sredine i različitog morskog i jezerskog paleobiotopa. Za potrebe vremenskog pozicioniranja vulkanskog događaja, određena je radiometrijska starost vitroklastičnog tufa (14.54 Ma) unutar serije fino-zrnih klastita donjeg badena što je korelativno sa novijim rezultatima iz Hrvatske, Mađarske, Poljske i Srbije, (Marković, 2017; Bukowski et al., 2018; Lukács et al., 2018; Sant et al., 2018). Litostratigrafski stub miocenskih naslaga debljine preko 480 m, obuhvata stene srednjeg i gornjeg miocena: badena, sarmata i panona *s.lato* (panon i pont, u ranijim radovima). Badenska morska transgresija Paratetisa osvojila je široke prostore južnog oboda Panonskog basena (Ćorić et al., 2009; Ćorić & Hohenegger 2011; Pezelj et al., 2013; Sant et al., 2017, 2018; Mandić et al., 2019a, 2019b; Jovanović et al., 2019; Stefanović et al., 2019). U području

Koceljewe, usloвила je postojanje morskoj režima na duži period jer je biostratigrafska analiza pokazala da su svi nivoi badena prisutni u ovoj bušotini (ukupno oko 300 m). Bazalni delovi badena su izgrađeni od grubozrnih klastita (dominantno fragmenti trijaskih krečnjaka) u alternaciji sa peskovitim glinama i alevritima (425-485 m). To odgovara inicijalnoj fazi morske transgresiji na ove prostore. Planktonske foraminifere (*Globigerinoides trilobus*, *Orbulina suturalis*, *O. bilobata*, etc.) ukazuju na donji baden. Preko tog paketa sedimentata naležu karbonatnih peskovi i krečnjaci do dubine od oko 355 m. Oni sugerišu plitkovodni morski razvoj sa uticajem otvorenog mora na šta ukazuju kombinovane bentosko-pelaške asocijacije foraminifera i retki mekušci (gornja lagenidna zona badena). Na karakter morskog dna i procenu paleodubine starije badenskog mora ukazuje kvantifikacija sadržaja bentoskih foraminifera o čemu govore i Pezelj & Drobniak (2019). Finozrni klastiti i laporci u interval 295-355 m sadrže mikrofaunu koja sugeriše postojanje srednjeg badena - *Spirorutilus carinata* zone. Litološki slični, najmlađi nivoi badena (195-295 m) biostratigrafski odgovaraju *Bulimina* - *Bolivina* zoni. Visoko karbonatni pesak, šljunak i ugljevite gline predstavljaju početak novog sedimentacionog ciklusa u sarmatu (135-195 m) i ukazuju na kolebanja obalske linije i veći uticaj slatke vode sa kopna. Sitne foraminifere i ostrakode (*Elphidium*, *Ammonia*, *Porosonion*, *Aurila*, etc.) i brojni fragmenti mekušaca (*Planorbis* sp.) ukazuju na promenu paleoekoloških uslova, redukciju saliniteta i razvoj brakičnog biotopa. Preko toga, naviše u stubu, leži serija peskovitih laporaca i krečnjaka (135-90 m) koja predstavlja najmlađi marinsko-brakični nivo. Nalasci široko rasprostranjenih mekušaca kao što su *Valvata sarmatica*, *Pseudoamnicola* sp., *Gibbula* sp., sitnih bentoskih foraminifera (*Elphidium* sp.), jednoličnih ostrakoda (*Aurila mehesi*, *A. cf. kollmanni*, brojne briozoe i zelene alge markiraju zonu sa značajnim padom saliniteta vode (ispod 23 promila). U prvih 90 m bušotine, nabušeni su sterilni klastiti, smeđe-žuti liskunoviti peskovi i sivi alevriti koji odgovaraju fluvijalnim do sublitoralnim facijama jezera Panon. Retki fragmenti krupnije faune mekušaca (*Limnocardium* sp., *Congeria* sp., *Dreissena* sp.) i brojne ostrakode u pojedinim uzorcima (*Cyprideis triangulata*, *Hemicytheria pejinovicensis*, *Amplocypris bacevicæ*, *Candona (Caspiolla) alasi mislodjini*, *Loxoconcha cumsacui* i dr.) ukazuju na mlađe etape panonskog jezera.

Proučavani litofacijlani sadržaj u bušotini KC-4, sedimentološke karakteristike i sukcesija fosilnih asocijacija, ukazuju na značajne izmene karaktera depozicionog prostora kroz period od više od 7 miliona godina i tranziciju iz tipične morske (Paratetis) u morsko-brakičnu (redukovani morski Paratetis) i na kraju, slano-jezersku sredinu (jezero Panon). Uočene promene su rezultat mladoalpske dinamike, intenzivnih ili slabije izraženih spuštanja tokom syn- i postriftno faze oblikovanja ovog prostora, smena u transgresivno-regresivnim ciklusima i klimatskih oscilacija koje su postojale tokom miocenske epohe (npr. srednje miocenski klimatski optimum - MMCO). Konačan uplift Alpsko-Karpatskog gorja (11.6 Ma) prouzrokovao je izolaciju Panonskog prostora od morskih uticaja, i nastanak jednog velikog i endemičnog slanog jezera koje je trajalo do kraja miocena (Ter Borgh et al., 2013).

Reference

1. Bukowski, K., Sant, K., Pilarz, M., Kuiper, H. & Garecka, M., (2018): Radioisotopic age and biostratigraphic position of a lower Badenian tuffite from the western part of the Carpathian Foredeep (Cieszyn area, Poland). *Geological Quaterterly* 62, 2, 303–318.

2. Ćorić, S., Pavelić, D., Rögl, F., Mandić, 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, 31–43.
3. Ćorić, S., Hohenegger, J., (2011): Srednjemiocenska transgresija u južnom obodu centralnog Paratetisa i nova podjela badena. *Zbornik sažetaka IV Savjetovanja geologa BiH*, 2–3.
4. Jovanović, G., Vrabac, S., Ćorić, S., (2019): Early Badenian transgression near Koceljeva (western Serbia, Central Paratethys). 8th workshop on Neogene of Central and South/Eastern Europe (NCSSEE), Chęciny (Holy Cross Mts., Poland) May 27–31, 2019, 51–52.
5. Lukács, R., Harangi, S., Guillong, M., Bachmann, O., Fodor, L., Buret, Y., Dunkl, I., Sliwinski, J., von Quadt, A., Peytcheva, I., Zimmerer, M., (2018): Early to Mid-Miocene syn-extensional massive silicic volcanism in the Pannonian Basin (East-Central Europe): eruption chronology, correlation potential and geodynamic implications. *Earth Sci. Rev.*, 179 (2018), pp. 1–19.
6. Mandić, O., Rundić, Lj., Ćorić, S., Pezelj, Đ., Theobalt, D., Sant, K. and Krijgsman, W., (2019a): Age and mode of the middle Miocene marine flooding of the Pannonian basin - Constraints from central Serbia. *Palaios*, 2019, v. 34, 1–25
7. Mandić, O., Sant, K., Kallanxhic, M-E., Ćorić, S., Theobalt, D., Grunert, P., de Leeuw, A. and Krijgsman, W., (2019b): Integrated bio-magnetostratigraphy of the Badenian reference section Ugljevik in southern Pannonian Basin - implications for the Paratethys history (middle Miocene, Central Europe). *Global and Planetary Change* 172 (2019), 374–395.
8. Marković, F., (2017): Miocene tuffs from the North Croatian Basin. PhD thesis (in Croatian, English abstract). 1-170, University of Zagreb (unpublished).
9. Pezelj, Đ., Mandić, O., and Ćorić, S., (2013): Paleoenvironmental dynamics in the southern Pannonian basin during initial middle Miocene marine flooding: *Geologica Carpathica* 64, 81–100.
10. Pezelj, Đ., Drobnyak, L., (2019): Foraminifera-based estimation of water depth in epicontinental seas: Badenian deposits from Glavnica Gornja (Medvednica Mt., Croatia), Central Paratethys. *Geologia Croatica* 72/2, 93–100.
11. Sant, K., Palcu, D.V., Mandić, O. and Krijgsman, W., (2017): Changing seas in the Early–Middle Miocene of Central Europe: a Mediterranean approach to Paratethyan Stratigraphy. *Terra Nova* 29, 273–281.
12. Sant, K., Mandić, O., Rundić, Lj., Kuiper, K., Krijgsman, W., (2018): Age and evolution of the Serbian Lake System: integrated results from Middle Miocene Lake Popovac. *Newsletter on Stratigraphy*, 51/1, 117–143.
13. Stefanović, J., Batočanin, N., Gajić, V., Vasić, N. & Rundić, Lj., (2019): Biostratigraphy and facial analysis of the Miocene succession from the borehole KC-4 (Koceljevo, western Serbia). 8th workshop on Neogene of Central and South/Eastern Europe (NCSSEE), Chęciny (Holy Cross Mts., Poland) May 27–31, 2019, 77.
14. Ter Borgh, M., Vasiliev I., Stoica M., Knežević S., Matenco L., Krijgsman W., Rundić Lj., Cloething S., (2013): The isolation of the Pannonian basin (Central Paratethys): new constraints from magneto- and biostratigraphy. *Global and Planetary Change*, 103: 99–118.

O JEZERSKOJ UGLJENOJ SERIJI I SREDNJOMIOCENSKOJ MORSKOJ TRANSGRESIJI NA PODRUČJU JANJARI-ATMAČIĆI (UGLJEVIK-ISTOK)

ON A LACUSTRINE-COAL SERIES AND THE MIDDLE MIOCENE MARINE TRANSGRESSION IN THE AREA OF JANJARI-ATMAČIĆI (UGLJEVIK-EAST)

Prof. dr Ljupko Rundić, Svetlana Renovica, dipl.inž.geol.,

Prof. dr Ljupko Rundić, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Dušina 7, Beograd, Srbija. Email: ljupko.rundic@rgf.bg.ac.rs

Svetlana Renovica, dipl.inž.geol., Zavисno preduzeće "Rudnik i Termoelektrana Ugljevik"a.d. Ugljevik, Ugljevik Republika Srpska, BIH

Ključne reči: Jezerska serija, morska transgresija, donji i srednji miocen, Ugljevik-istok

Uvod

Puno godina unazad, mnoge istraživače sa prostora južnog oboda Panonskog basena a i šire, intrigira pitanje odnosa starije miocenskih jezerskih serija i srednjomiocenske morske transgresije Paratetisa (Štajerska tektonska faza). Poslednje decenije publikovano je više radova koji se bave ovom problematikom a uključene su i potpuno nove metode (npr. visokorezolutna biostratigrafija, magnetostratigrafija, radiometrijsko datiranje i dr.) koje, zajedno sa već tradicionalnim lito- i biostratigrafskim analizama, bolje dokumentuju ovaj regionalni događaj i tektonske preduslove koji su do njega doveli (npr. Ćorić i dr., 2009, Ćorić i Hohenegger, 2011; Pezelj i dr., 2013; Sant i dr., 2017; Mandić i dr., 2019a, 2019b). Prostor Ugljevika, duga tradicija geoloških istraživanja (još od Tietze-a, 1880), pružaju odlične uslove za potvrdu pomenutih geodinamičkih i paleogeografskih događaja. Veliki i otvoreni površinski kopovi i brojne bušotine, omogućile su rekonstrukciju miocenske sedimentacije u ovom delu južnog oboda Panonskog basena. Prikazani primer iz područja revira Ugljevik-istok, zasnovan je na analizi i interpretaciji starih bušotina (prvopotpisani autor je iste koristio tokom izrade magistarske teze). Iako je prošlo 30 godina, podaci su vrlo aktuelni i to je bio glavni motiv autora da prikažu deo geološke građe ovog prostora.

Materijal i metode

Ukupno je obrađeno 75 uzoraka jezgra iz bušotina Ui-41 (x-4946205,39; y-6583196,09, z-242,53, dubina 160, 20m) i Ui-43 (x-4946390,68; y-6583001,24, z-201,50, dubina 108 m), koje je bušilo preduzeće "Geoinženjering" Sarajevo, 1989. godine. Za potrebe ovog rada, urađena je litostratigrafska i biostratigrafska interpretacija profila bušotina, međusobna korelacija i odnos prema obližnjim drugim bušotinama u cilju definisanja prostorne građe ugljene serije i njenih povlatnih naslaga. Makrofauna mekušaca i mikrofauna foraminifera i ostrakoda su bili osnov za razdvajanje jezerske od morske serije sedimenata. Analiza geološke građe i strukturno-tektonskih odnosa miocenskih jedinica, dopunjena je ranije poznatim podacima (Rudarski institut Tuzla, 1990; Rundić, 1992).

Rezultati

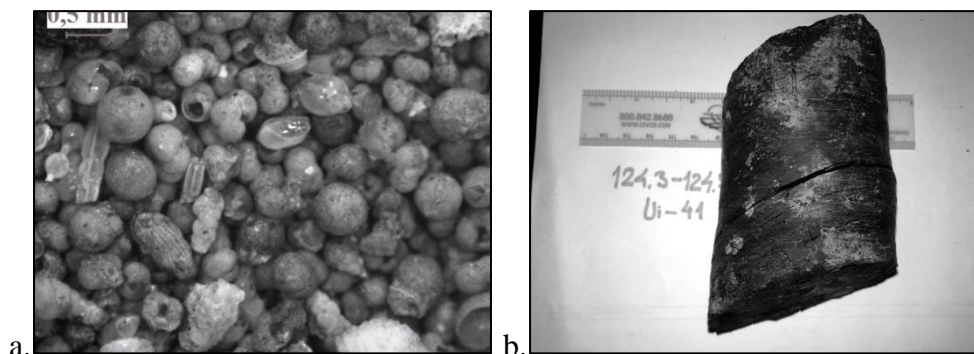
Uvidom u prostorni položaj i materijal na samom terenu tokom bušenja kao i naknadnom analizom prikupljenog materijala iz jezgara (Rundić, 1992), definisani su litostratigrafski, prostorni i strukturni odnosi miocenskih jedinica u pomenutim bušotinama.

Bušotina Ui-41 je locirana jugozapadno od bušotine Ui-43, u selu Atmačići, na desnoj strani Ugljevičkog potoka. Bušotinu su kartirali Dž. Mulaosmanović i V. Cuculić (RiTE Ugljevik). Na ukupnoj dubini od 160 m, nabušene su dve miocenske jedinice: mlađa, srednjomiocenski morski sedimenti badena nabušeni su do dubine od oko 50 m. Oni leže transgresivno i diskordnatno preko starije podloge, odnosno jezerskog, ugljunosnog donjeg miocena koji je nabušen sve do kraja bušotine. Tačna granica između dve serije nije određena jer su sve probe u intervalu 50-74 m retko uzorkovane i sadrže uglavnom samo fragmente faune. Od 74 m naniže, prisutna je oskudna slatkovodna fauna mekušaca i ostrakoda. U litološkom pogledu, ovaj mlađi paket sedimenata je izgrađen od alternacije sivih, fino-zrnih peskova, peskovitih laporaca i smeđih laporovitih do zelenkastih glina sa dosta pirita i kvarca. Analizom fosilnog sadržaja konstatovana je dosta raznovrsna makrofauna (*Corbula gibba*, *C. carinata*, *Nucula nucleus*, *Pychodonte cochler*, *Ostrea* sp., bodlje ježeva, itd – Rundić, 1992) a posebno bogata mikrofauna foraminifera (*Orbulina suturalis*, *O. bilobata*, *Trilobatus trilobus*, *T. quadrilobatus*, *T. sacculifer*, *Gutulina austriaca*, *Globigerina bulloides*, *G. parva*, *Siphonodosaria verneuli*, *S. pyrula*, *Lenticulina inornata*, *L. cultratus*, *Pullenia bulloides*, *Asterigerinata planorbis*, *Dentalina spinosa*, *D. elegans*, *D. acuta*, *Ammonia* sp., *Uvigerina* sp., *Nodosaria* sp., *Bolivina* sp., i dr. – sl. 1b). Od ostrakoda, preovlađuju uglavnom samo retko odlomci na osnovu kojih je teško identifikovati pojedine taksone. Biostratigrafski, pomenuti mlađi paket miocena bi odgovarao donjem badenu tj. gornjoj lagenidnoj zoni.

Niži paket sedimenata definisan je prisustvom fino-zrnih klastita, uglavnom zelenih, “masnih” glina i sivih laporovitih glina i tzv. ostrakodskih laporaca u koje se “umetnuo” ugljeni sloj (120-126 m). Ugljeni sloj ima padni ugao od oko 35° (sl. 2a). Manji ugljeni sloj je primećen i na dubini od 134 m i ima debljinu oko 1,5 m. Najdublji delovi bušotine, izgrađeni su od smeđe-crvenih glina sa karbonatnim konkrecijama (156-160 m). Unutar tog paketa sedimenata, često je prisutna sulfidna mineralizacija. U sivim laporacima (119,40-119,50 m) neposredne povlate glavnog ugljenog sloja, determinisana je malobrojna i slabo očuvana ostrakodska asocijacija: *Candona* sp., *Cypridopsis* sp., *Ilyocypris* sp., *Herpetocypris* sp., *Darwinula* sp., ? *Pannoninotus* sp. Od ostale faune, česti su odlomci slatkovodnih mekušaca (*Planorbis*, *Lymnea*), delovi skeleta riba i retko oogonije harofita.

Bušotina Ui-43 je celom dužinom nabušila slatkovodnu seriju sa ugljem (108 m). Bušotinu su kartirale S. Renovica i V. Cuculić (RiTE Ugljevik). Povlatni ugljeni sloji je nabušen na dubinama ispod 55 m, raslojen je i ne prelazi debljinu od 1 m. Najniži proslojak je utvrđen na dubini od 62 m. Prvih 55 m bušotine je izgrađeno od fino-zrnih klastita, zelenih do smeđih glina, proslojaka ugljevitih glina, zelenih tufitičnih glina (markantan paket između 3,7-41,2 m u stubu bušotine). Glavni ugljeni sloj je nabušen na dubini od oko 80 m i raslojen je na manje slojeve uglja, male debljine (obično manje od 1 m). Najdeblji sloj uglja od 2,2 m utvrđen je na dubini od 93,10 m. Slojevi su iskidani rasedima, tektonski deformisani i padaju pod uglom od oko 35° (sl. 2b). Ugljena serija je raslojena tankim paketima laporaca ili sivih glina a sama podina uglja (ispod 95 m) je izgrađena od zelenih, masnih glina. Samo iz nekoliko uzoraka je određena loše očuvana makrofauna i mikro- i makroflora koja u celosti ima slatkovodni karakter. Nađena je

u proslojcim ugljevitih glina ili uz ugalj (fragmenirani mekušci, ostrakode, i oogonije harofita). Ljušture su uglavnom polomljene i retko se nalaze celi primerci te je identifikacija otežana. Od mekušaca, prepoznati su sledeći taksoni: *Planorbis* sp., *Planorbarius* sp., *Lymnea* sp. Među ostrakodima, dominiraju fragmenti *Ilyocypris* sp., *Potamocypris* sp., *Candona* sp., ? *Pannoninotus* sp.



Slika 1. a) Bogata asocijacija donje badenskih foraminifera (Ui-41, 49.75 m), b) ugljeni slojevi zaležu pod uglom do 35° (Ui-41, 124.30 m)

Diskusija

Brojni raniji istraživači, kako sa prostora bivše Jugoslavije tako i inostrani, bavili su se pitanjem odnosa ugljevičke slatkovodne serije i biostratigrafijom morskog miocena koji je pokriva (npr. Čičić, 1964; Petrović i dr., 1969, 1990; Rundić, 1992; Vrabac i dr., 1995, 2011). Da li je taj odnos postupan ili je u pitanju diskordantna i transgresivna granica? U konkretnom slučaju, na osnovu naše analize i komparacije sa okolnim prostorima gde postoje i druge bušotine (Rudarski institut Tuzla, 1990), može se konstatovati da je slatkovodna ugljena serija tektonski deformisana i izrasedana u manje ili veće blokove. Zahvaljujući analizi prostornih odnosa miocenskih jedinica, padnom uglu ugljene serije (do 35°) i slabo deformisanim povlatnim morskim naslagama badena, može se reći da postoji tektonski odnos između pomenutih jedinica tj. uglovna diskordancija (Rundić, 1992). Drugim rečima, badenske morske naslage su transgresivne i diskordantne preko starije slatkovodne ugljene serije.

Zaključak

Analiza jezgara bušotina iz revira Ugljevik-istok (Ui-41 i Ui-43), područje Janjari-Atmačići, dokumentovala je postojanje transgresivno-diskordantnog odnosa pokrovnih morskih naslaga i podinske, ugljevite serije. Osnovni kriterijum za odvajanje morskih sedimenata je prisustvo morskih fosila (mekušci, foraminifere, ostrakode, ostaci riba i ježeva) determinisanih u bušotini Ui-41. Oni ukazuju na već ranije poznatu morsku transgresiju po južnom obodu Panonskog basena (pre oko 14.6 m.g).

Reference

1. Ćorić, S., Pavelić, D., Rögl, F., Mandić, 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, 31-43.
2. Ćorić, S., Hohenegger, J., (2011): Srednjemiocenska transgresiji u južnom obodu centralnog Paratetisa i nova podjela badena. *Zbornik sažetaka IV Savjetovanja geologa BiH*, 2-3.

3. Čičić, S., (1964): Geološki sastav i tektonika sjeveroistočnog dijela planine Majevice s naročitim osvrtom na geološko-ekonomski značaj ležišta mrkog uglja. *Geološki glasnik* VI, 1-175.
4. Mandić, O., Sant, K., Kallanxhić, M.-E., Ćorić, S., Theobald, D., Grunert, P., de Leeuw, A. & Krijgsman, W., (2019a): Integrated bio-magnetostratigraphy of the Badenian reference section Ugljevik in southern Pannonian Basin - implications for the Paratethys history (middle Miocene, Central Europe). *Global and Planetary Change* 172 (2019), 374-395.
5. Mandić, O., Hajek-Tadesse, V., Bakrač, K., Reichenbacher, B., Grizelj, A. & Miknić, M., (2019b): Multiproxy reconstruction of the middle Miocene Požega palaeolake in the Southern Pannonian Basin (NE Croatia) prior to the Badenian transgression of the Central Paratethys Sea. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 516 (2019), 203-219.
6. Petrović, M., Eremija, M., Pantić, N., (1969): Biostratigrafska naliza faune iz okoline Ugljevika. *Geološki anali Balkanskoga poluostrva* 34, 20-43.
7. Petrović, M., Eremija, M., Rundić, Lj., (1990): Uporedni biostratigrafski pregled badenskg kata okoline Tuzle i Ugljevika. XII kongres geologa Jugoslavije, knj. I, 152-161.
8. Pezelj, Đ., Mandić, O. & Ćorić, S., (2013): Paleoenvironmental dynamics in the southern Pannonian basin during initial middle Miocene marine flooding. *Geologica Carpathica* 64, 81–100.
9. Sant, K., Palcu, D.V., Mandić, O. & Krijgsman, W., (2017): Changing seas in the Early–Middle Miocene of Central Europe: a Mediterranean approach to Paratethyan Stratigraphy. *Terra Nova* 29, 273-281.
10. Rudarski institut Tuzla, (1990): Izveštaj o rezultatima geoloških istraživanja područja Janjari-Atmačići, Ugljevik-istok. Fond stručne dokumentacije, RiTE Ugljevik.
11. Rundić, Lj., (1992): Neogen između Modrana i Jasenice (SI Bosna). Magistarska teza, Rudarsko-geološki fakultet Beograd, (nepublikovano), str. 1-141.
12. Tietze, E., (1880): Das ostliche Bosnien (aus den Grundlinien der Geologie Bosniens). *Jahrbuch der kais. Kön. Geologischen reichsanstalt*. 30. Band 1880, II heft., 267-352.
13. Vrabac, S., Cuculić, V., Mulaosmanović, Dž., Pavlić, G. i Okuka, S., (1995): Karakteristike geološke građe ugljonosnih sedimenata i uglja u rejonu Bogutovo Selo kod Ugljevika. *Geološki glasnik* 33, 73-80.
14. Vrabac, S., Đulović, I., Tomić, R., (2011): Paleogen i neogen na profilu Vučjak u ugljonosnom basenu Ugljevik. *Zbornik sažetaka IV Savjetovanja geologa BiH*, 6-8.

СЛИЧНОСТИ И РАЗЛИКЕ ЛИТОТИПОВА КОЛУБАРСКОГ И КОСТОЛАЧКОГ БАСЕНА

SIMILARITY AND DIFFERENCES OF LITHOTYPE FROM KOLUBARA AND KOSTOLAC BASIN

Драгана Животић^{1*}, Ана Ристић¹, Ксенија Стојановић²

¹Универзитет у Београду – Рударско-геолошки факултет, Ђушина 7, 11000 Београд, Србија,

*e-mail: dragana.zivotic@rgf.bg.ac.rs

²Универзитет у Београду – Хемијски факултет, Студентски трг 12-16, 11000 Београд, Србија

Апстракт

Проучаван је петрографски састав барског, земљастог, фузенизираног и ксилитног литотипа, као и варијетета ксилитног литотипа и то: мумифицираног, тракастог, тракастог влакстог, структурног и доплеритског. Узорци угљева горњемiocенске (понтске) старости за наведена испитивања узети су са површинских копова Тамнава-Запад (Колубарски басен) и Дрмно (Костолачки басен).

Садржај мацерала хуминитске групе (> 73 зап.%) преовлађује у свим испитиваним узорцима, осим код фузенизираног литотипа који се карактерише високим садржајем мацерала инертинитске групе. Изразито висок садржај текстинита (> 79 зап.%) констатован је у мумифицираном, тракастом и тракастом влакнастом типу ксилита код оба басена. Код структурног и доплеритског ксилита текстинит и улминит су много више заступљени него детрохуминити (атринит+денсинит) У наведеним типовима ксилита садржај улминита је виши него у осталим типовима. Барски и земљаста литотипови имају виши садржај детрохуминита у односу на телохумините (текстинит+улминит). Фузенизирани литотип из Колубаре има виши садржај хуминита него исти литотип из Костолца, али је садржај инертинита знатно виши у Костолцу него у Колубари.

Садржај липтинита је низак у ксилитном литотипу, показујући тренд пораста кроз фузенизирани и барски до земљастог где је највиши. Садржај резинита преовладава у мумифицираном и тракастом типовима ксилита, а суберинит у структурном и доплеритском ксилиту. Липтодетринит преовладава у барском и земљастом литотипу. Фузен из Колубарског басена има виши садржај суберинита и липтодетринита. Садржај инертинита је генерално низак, са изузетком фузенизираног литотипа, у којима преовлађују или доминирају мацерали инертинитске групе (>54 зап.%) у којима преовлађује садржај фузинита (> 35 зап.%).

Земљаста литотип стваран је у слатководној мочвари у зони отворених водених површина. Формирање барског литотипа везано је за зону зељасте вегетације. Стварање мумифицираног и тракастог типа ксилита везано је за суву зону шумске мочваре, док су структурни и доплеритски типови ксилита везани за влажну зону шумске мочваре. Формирање фузена везано је за шумске пожаре. Релативно висок садржај минералних материја у фузену из Колубаре указује на алохтоно порекло и депоновање велике количине продуката делимично сагореле оргаске супстане у дубље делове мочваре који су принети ветром и воденим токовима. Са друге стране, висок садржај инертинита у фузенизираном литотипу из Костолца указује на његово формирање у јако сувој средини.

Abstract

Maceral composition of four different lignite lithotypes, matrix-coal, mineral-rich coal, charcoal-rich coal and xylite-rich coal, represented by 5 types: pale yellow, dark yellow, dark yellow-fibrous, brown and black, was studied. Samples were taken from the Upper Miocene (Pontian) Tamnava-Zapad field of the Kolubara Basin and Drmno field of the Kostolac basin. Huminite is prevailing maceral group in all samples (> 73 %), with exception of charcoal which characterized by prevalence of inertinite group macerals in both basins. Yellow xylite types sharply dominated by textinite (> 79 %) in both basins. In brown and black xylite type, textinite and ulminite are more abundant than detrohuminite (attrinite+densinite). In mentioned xylite types content of ulminite is higher than in yellow type. Matrix and mineral-rich coal are characterized by higher content of detrohuminite than telohuminite (textinite+attrinite). Charcoal in Kolubara basin has higher content of huminite than in Kostolac, while content of inertinite is much higher in Kostolac than in Kolubara basin.

Content of liptinite is low in xylite lithotype, showing increasing trend through charcoal and matrix coal, being the highest in mineral-rich coal. Resinite prevailed in yellow xylite types, suberinite in brown and black xylite. Liptodetrinite is prevailed in matrix and mineral-rich coal. Charcoal from the Kolubara basin is characterized by prevalence of suberinite and liptodetrinite. Content of inertinite is generally low, with exception in charcoal, where inertinite group macerals prevailed or dominates (54 vol.%) and characterized by prevalence of fusinite (>35 vol.%).

Mineral-rich coal was formed in topogenous fresh-water peat mire with open water areas. Formation of matrix coal was performed in reed march. The peatification of pale yellow and dark yellow xylites proceeded in dry forest swamp. Brown and black xylite was formed in wet forest swamp, whereas formation of charcoal is associated with wildfire. Relatively high content of mineral matter in charcoal from Kolubara basin indicates an allochthonous origin, where large quantities of fusinite are brought into the deepest parts of the mire by wind and water. Otherwise, charcoal from Kostolac basin with high inertinite content (>87 vol.%) indicates very dry environment.

GEOLOŠKA I GEOMORFOLOŠKA ANALIZA ŠIREG PODRUČJA VAREŠA

A. Begić, Dr.sc. A. Baraković, Dr.sc. D. Baraković, Mr. sc. S. Begić

Ključne reči: Vareš, geološka građa područja, morfogeneza područja, morfografija, morfohronologija, morfometrija.

Key words: Vareš, geological area, morphogenesis, morphography, morphology, morphometry.

Apstrakt

U ovom radu urađena je geološka i geomorfološka analiza šireg područja Vareša, grada koji pripada središnjem dijelu Dinarida Bosne i Hercegovine.

Vareš je smješten u istoimenoj opštini površine 390 km².

Kroz grad Vareš protiče rijeka Stavnja, sa svojim manjim pritokama. Administrativno pripada Zeničko – dobojskom kantonu.

Prvi pisani podaci o gradu se javljaju u 15. stoljeću, a o prošlosti Vareša svjedoče i mnogi kulturno – historijski spomenici među kojima je svakako najznačajniji kraljevski grad Bobovac.

Priroda je vareški kraj bogato podarila planinskim predjelima koji su obrasli gustim šumama u kojim se kriju i čuvaju bistri potoci i zeleni proplanci sa živopisnim selima i izletištima.

Stanovništvo Vareša se od davnih vremena bavi kopanjem željezne rude, preradom i obradom željeza, preradom drveta, poljoprivredom i trgovinom.

Geološka i geomorfološka analiza je urađena posmatrajući područje sa pet aspekata, a ti aspekti su:

- Geološka građa područja, koja je utvrđena posmatrajući litološki sastav područja i njegov sklop, i to služeći se osnovnom geološkom kartom SFRJ list Vareš razmjere 1 : 100 000.
- Morfogeneza područja koja podrazumjeva endogene i egzogene oblike koji su utvrđeni posmatrajući geomorfološku kartu razmjere 1 : 50 000.
- Morfografija, ustvari predstavlja opis oblika.
- Morfohronologija, predstavlja red nastanka oblika.
- Morfometrija, koja se utvrđuje na osnovu analize energije reljefa i analize drenažnog sistema, te sintezom dobijenih rezultata koji su utvrđeni koristeći topografasku kartu razmjere 1 : 25 000.

Abstract

In this work was done geological and geomorphological analysis of the wider area of Vareš, a city belonging to the central part of the Dinarides of Bosnia and Herzegovina. Vareš is located in the municipality of the same name, measuring 390 km². Through the city of Vares, the river Stavnja flows with its smaller tributaries. It belongs administratively to the Zeničko - Dobojski Canton. The first written records of the town appear in the 15th century, and many of the cultural and historical monuments, including the most important royal city of Bobovac, are witnesses of the past of Vares.

The nature of the Vares region was rich in mountain ranges overgrown by dense forests that hide and retain clear streams and green peaks with vibrant villages and excursions. The population of Vareš has since ancient times been involved in digging of iron ore, processing and processing of iron, wood processing, agriculture and trade. The geological and geomorphological analysis was carried out by looking at the area with five aspects, and these aspects are:

- The geological structure of the area, determined by observing the lithological composition of the area and its structure, using the basic geological map of SFRY Vareš scale 1: 100 000.
- Morphogenesis of the area, which implies endogenous and exogenous forms determined by observing the geomorphological map scale of 1: 50,000.
- Morphography, in fact, represents a description of the form.
- Morphohronology represents the order in which the shape is formed.
- Morphometry, which is determined on the basis of analysis of the relief energy and the analysis of the drainage system, and the synthesis of the results obtained by using the topographic map scale of 1: 25,000.

GEOMORFOLOŠKI TRAGOVI PLEISTOCENSKE LEDNIČKE EROZIJE NA PLANINI VISOČICI

GEOMORPHOLOGIC TRACES OF PLEISTOCENE GLACIAL EROSION ON MT.VISOCICA

Toni Nikolić doc.dr.sc.geologije

- Federalni zavod za geologiju, Sarajevo (nikolic_t@yahoo.com)

Ključne riječi: glacijacija, lednička erozija, geologija, geomorfologija, pleistocen.

Key words: glaciation, ice erosion, geology, geomorphology, pleistocene.

Sažetak

Geomorfološki proces oblikovanja terena glacijacijom dugotrajan je i spor proces, ali veoma značajan u formiranju topografije terena, migracijama, pojavama novih i odumiranja starih vrsta biljaka i niza pojava vezanih za promjenu klime. Zadnje ledeno doba na području Europe odvijalo se tokom kvartara, a najveću ekspanziju je imalo u pleistocenu, prije nekih 2 mliona godina. Granice “stalnog leda” bile su ispod 2.000 m nadmorske visine. Jedan od dokaza glacijacije na prostorima Bosne i Hercegovine nalazi se na planini Visočici oko 10 km jugozapadno od Sarajeva kod mjesta Sinanovići prema vrhu Vito (1.960 m). Na navedenoj lokaciji mogu se vidjeti svojevrsni fenomeni glacijacije unutar formiranog “amfiteatra” na visini od oko 1.500 m, unutar koje se vide tragovi cirka, areata, horna, morena, glacijalni materijal til kao i veliki fragmenti stijena transportovani daleko od cirka tzv. “Eratički blokovi” veličine 2-3m. Ovaj rad je detaljniji uvid sa naučne strane na glacijalne i tektonske procese na određenom prostoru planine Visočice, oslanjajući se na predhodna istraživanja. Čitav ovaj prostor je geološki muzej na otvorenom, koji kao otvorena knjiga koja svjedoči o geološkoj prošlosti ovog mjesta.

Abstract

Geomorphological process forming terrain by glaciation is long and slow process, but very important in topography forming terrain, migration, born new and end old plants and other occurrence related for climate change. Last Ice Age on Europe area was over quaternary, with the biggest topic over pleistocene, nearly 2 million years ago. Boundary of “permanent ice” was below 2.000 m over sea. One of direct proof glaciation on area of Bosnia and Herzegovina can be seen on Mt.Visocica about 10 km south-west from Sarajevo in place Sinanovici on the way to topic Vito (1.960 m). On presented location can be seen some geological phenomena of glaciation in side of “amphitheater” on the high 1.500 m, where can be seen traces of cirque, aerate, horn, moraine, glacial material til and huge fragments of rock transported far away from cirque called erratic blocks, size 2-3 m. This publication is more detail overview scientific side of glaciation and tectonic process on the Mt. Visocica, related with past research. All this area is some geological museum on open space, like an open book, which talk about geological history of this place.



Slika 1. Amfiteatar na planini Visočici, sa vrhom Vito (1.960 m), na grebenu cirka

Predhodna istraživanja

Suprotno mišljenju istraživača glacijacije u Alpama (Cvijić J., 1890) je dokazao postojanje glacijacije na planinama Balkanskog poluostrva.

Visočicom se naziva karstna visoravan, u račvama Neretve i njenih pritoka: Rakitnice i Ljute. Ona se nalazi na sredini između Bjelašnice i Treskavice i sa njima čini jednu visoravan koja je znatno prema jugu nagnuta i kanjonskim dolinama spomenutih Rijeka isprekidana, Dodijer J. 1909.

Tokom izrade Osnovne geološke karte otkriveni su nove, ali i utvrđene ranije poznate pojave glacijalnih sedimenata. Karakteristični oblici glacijalne erozije registrovani su fotogeološki na svim do sada poznatim centrima glacijacije, Tokić S. 1983.

Centri glacijacije na planini Visočici vezani su za najviše vrhove Džamiju (1974 m), Ljeljen (1964 m), Tuholj (1924 m), Mokro (1956 m), Vitlo i cirk Velikog jezera Cvijić J., 1899. U vrhu su se sučeljavali lednici iz šireg cirktnog akumulacionog prostora ispod Tuholja, Mokrih stijena i Malog Struga. Valov je postledničkim tokom dublje zasječen i u dnu preobrađen u fluvijalnu erozionu formu. Morenski materijali su sačuvani na desnoj i lijevoj obali u visini Luka, a najveći dio čeone morene pretaložen u glaciofluvijalne terase. Pored erozionih i ledničkih oblika u morfologiji Visočice sačuvani su i dijelovi preglacijalne i prekarstne fluvijalne mreže. Takvu suhu dolinu predstavljaju Čolakovića dolovi i dolina Polje. Oni su činili jedinstvenu riječnu dolinu, danas presječenu bočnom erozijom Rakitnice. Kanjon rakitnice je bio duboko zasječen prije glacijacije, a vode otopljenih lednika sa Visočice i Bjelašnice urezali su donji dio kanjona, sa strmim, gotovo vertikalnim obalama, koje su visoke do 200 m, što je posljedica neujednačene bočne i vertikalne erozije. Sa druge strane, kao desna paleopritoka Rakitnice nalazi se suha riječna viseća dolina kroz Dugo i Ravno polje, na južnim padinama Bjelašnice. Erozioni bazis jedne i druge doline zaustavljen je 800 m iznad današnjeg korita Rakitnice. Ako prihvatimo trenutno mišljenje o brzini neotektonskih izdizanja i riječne erozije, ovi tokovi ostali su bez vode prije 8 miliona godina.

U novijem period jedna od najznačajnijih studija kao dokaz glacijalnih sedimenata na jugo-zapadu Hrvatske, urađena je kroz doktorsku disertaciju Marjanec Lj. (2012.) I koja je jako dobar osnov za obradu planina Bosne i Hercegovine koje su bile pod ledom u periodu posljednjeg ledenog doba. Dok su tragovi glacijacije na planini Čvrnsnici opisani i u radu Prskalo M. i Miličević M. (2014.)

Geološki podaci šireg i užeg prostora oko predmetne lokacije

Kako se može vidjeti na slici 2. osnovne geološke karte list Kalinovik, vrh Vito i okolne stijene se nalaze u jursko-krednim sedimentima c²J,K zastupljenog sa flišnim stijenama krečnjacima, pješčarima, laporcima, kalkenritima i brečama, međutim na terenu, se može vidjeti da je planina Visočica uglavnom izgrađena od trijaskih krečnjaka i dolomita, a samo najviši vrhovi su izgrađeni od jurskih krečnjaka. Tako da bi detaljna karta ovog područja sigurno dala dosta drugačije podatke, nego što su predstavljeni na OGK list Kalinovik. Zona cirka (označena je na karti) sa siparima i glacijalnim naslagama (gl) u dolini ispod, prema Sinanovićima i Tušilima.



Slika 2. Detalj lokacije sa OGK Kalinovik 1:100.000



Slika 3. Trijaski sedimenti (anizik-ladinik)

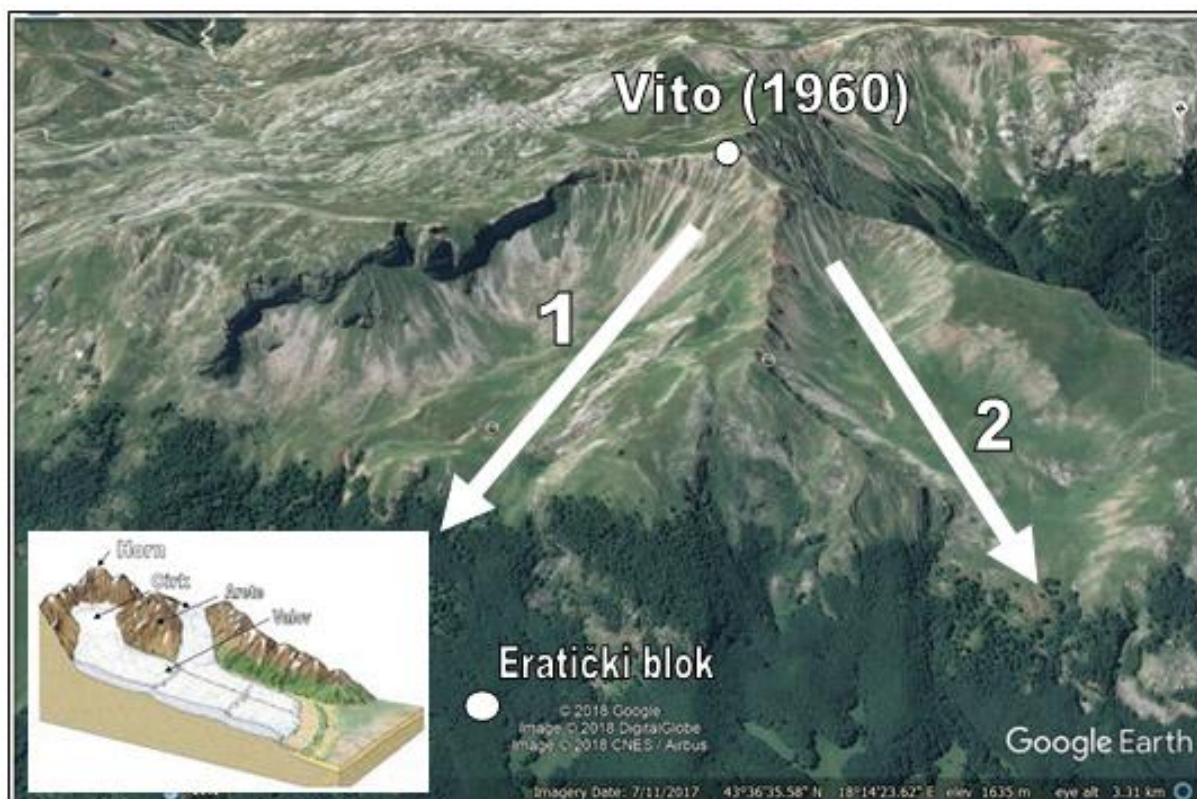
U samom vrhu cirka, neposredno uz vrh Vito, nalaze se slojevi krečnjaka 30-50 cm sa slojevima laporovito-glinovitim tankouslojenih sedimenata crvene boje iz srednjeg trijasa, slika 3. Na slici 4. su krečnjaci sa muglama rožnaca i koji se nalaze u udolini ispod cirka Vito, a koji pripadaju srednjem trijasu – ladinik (eT^2_2) unutar ranije definisane strukturno-facijalne jedinice Trebević-Treskavica-Lelija-Zelengora i Rogoj-Crna Gora.



Slika 4. Krečnjaci sa rožnacima

Tragovi glacijacije ispod vrha Vito

Kada sagledamo položaj i način formiranja ovog Cirka možemo sa sigurnošću reći da se radi o Alpskom (dolinskom) tipu lednika. Na slici 5. prikazana je lokacija sa Google Earth, gdje možemo opaziti vrh Vito (koji predstavlja Horn) nastao urezivanjem cirka u stijene, a da se od njega na niže prema sjeveroistoku i sjeveru nalaze dva cirka, označena strelicama i brojevima. Ispod grebena, tokom kretanja lednika urezane su stijene pod oštrim uglom, te su se zbog nestabilnosti i stalnog djelovanja mraza i leda stijene dezintegrisale i stvarale brojne sipare ispod oštih bokova.



Slika 5. Položaj Cirkova 1. i 2. ispod vrha Vito, na pl.Visočica (Google Earth)

Kako se radi o velikom prostoru, pažnja je posvećena cirku.1, a za kompleksnija istraživanja ostavljeno šire istraživanje kompletnog prostora.

U dnu udoline cirka može se vidjeti deponovani morenski materijal, slika 6. Kako se na ovom potezu radi o blagom stvaranju brane za material koji je nošen lednikom, tako možemo reći da se značajna količina materijala ovdje deponovala, a manji dio prelazio je u niže dijelove.



Slika 6. Deponovani morenski materijal u dnu cirka sa grafickim prikazom

Kada se ide prema amfiteatru Vite prolazi se kroz šumu, te se na tom prostoru mogu vidjeti manji ili veću eratički blokovi. Jedan od njih je prikazan na slici 5. visine oko 2 m i širine 1,5 m. Drugi se nalazi na samoj stazi prema vrhu i visine je preko 2 m..



Slika 7. Eratički blok u šumi ispod cirka

Prema svim indikatorima oko tih stijena samaca, strijama kretanja i poziciji na kojoj se nalaze odgovaraju eratičnim blokovima koji su transportovani glacijalom i deponovani daleko od mjesta otkidanja, nekih 1.500 m niže od vrhova osmatranog cirka, slika 7.

Zaključak

Osmatrani cirk ispod vrha Vito, na planini Visočici jedan je od rijetkih očuvanih geomorfoloških fenomena u geologiji i sigurno bi trebao zauzeti posebno mjesto u izučavanju posljednje pleistocenske glacijacije na ovim prostorima. Ovaj rad dao je samo osnovne podatke o značaju glacijacije u formiranju morfologije terena, te bi daljnje izučavanje sigurno dalo puno više podataka o glacijalnim, tektonskim i egzogenim procesima na ovim prostorima.

Sam pogled na ovaj impozantan amfiteatar unutar planinskog vijenca Visočice ostavlja bez daha, te bi 3D modeliranje i rekonstrukcija nastanka ovog cirka uveliko doprinjela rasvjetljavanju praistorijskih dešavanja na ovim prostorima, osobito ako se može opaziti da se na ovom prostoru mogu vidjeti i značajni tektonski elementi kao i bogati paleontološki tragovi iz donjeg trijasa, prije Alpske orogeneze.

Literatura

1. Cvijić J. (1899): "Glacijalne i morfološke studije o planinama Bosne i Hercegovine i Crne Gore", Glas Srpske akademije nauka, 67, Beograd,
2. Cvijić J. (1890): "Ledeno doba i glacijalni oblici Balkanskog poluostrva"
3. Dedijer J (1909): "Glacijacije Visočice u južnoj Bosni", Glas Srpske akademije nauka 79, Beograd,
4. Google Earth, pozicija cirkova na 3D modelu,

5. Marjanac Lj. (2012): “Pleistocenske glacijalne i paraglacijalne naslage kvarnera, sjeverne Dalmacije, i južnog Velebita – dokaz Dinarske glacijacije”, doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Prirodno-matematički fakultet, Geološki odsjek,
6. Miličević M., Prskalo M. (2014): “Geomorfološki tragovi pleistocenske glacijacije na Čvrsnici”, Zbornik građevinskog fakulteta Sveučilišta u Mostaru, br.7,
7. Mojičević M., Tomić B. sa saradnicima (1981): “OGK Kalinovik sa tumačem”, Geoinženjering OOUR Institut za geologiju, Pliđža,
8. Nikolić T. (2018): Terenski podaci i fotografije pl.Visočica,
9. Tokić S. (1983): “Genetski tipovi i osnovne geološke odlike kvartarnih naslaga Bosne i Hercegovine”, Geološki glasnik br.28, YU ISSN 0350-235x, Sarajevo,

GEOEKOLOŠKO VREDNOVANJE RELJEFA KANJONA RAKITNICE

¹ Alen Lepirica, ² Senad Gutić

Faculty of Sciences, University of Tuzla, Bosnia and Herzegovina

Faculty of Sciences, University of Tuzla, Bosnia and Herzegovina

e-mail: lepiricalen@gmail.com, senad_gutic@untz.ba

Ključne riječi: Kanjon Rakitnice, geokološko vrijednovanje reljefa, metoda indeksa rekreacijskog potencijala, geomorfološki rezervat, Bosna i Hercegovina.

Key words: Rakitnica Canyon Valley, geo-ecological evaluation of the landforms, method of indexing the recreational potential, geomorphological and hydrological reserve, Bosnia and Herzegovina.

Sažetak

Kanjonsko-klisurasta dolina Rakitnice nalazi se u središnjem dijelu BiH u geomorfološkoj makroregiji „Visoki Središnji Dinaridi”. Dolina je duboko (mjestimice i preko 900 m) i usko (širine do 2 m) usječena između borano-blokovsko-navlačnih masiva Bjelašnice i Visočice te ima probojnički karakter. Istraživano područje površine od 54 km² obilježava izrazito naglašena dinamika reljefa s brojnim hipsometrijskim kategorijama, izrazito velikom raščlanjenošću, energijom reljefa i veoma strmim nagibima dolinskih strana.

Na temelju razmatranja generalnih morfoloških karakteristika reljef kanjona je iznimno dinamičan sa dominantno ustrmljenim padinama. U litološkom sastavu prevladavaju trijaski dolomiti i krečnjaci.

U strukturno-geološkom smislu razvoj i pružanje doline predisponirano je neotektonskim pokretima smičućih rasjeda,

Sa morfogenetskog aspekta morfoevolucija kanjona je relativno mlada. Kanjonsko dno i niže strane vezujemo za Kvartar dok su više strane odnosno padine okolnih masiva Bjelašnice i Visočice starije vezane gornji Tercijar.

Istraživano područje obilježeno je gravitacionim i erozijskim procesima sa širokim spektrom destruktivnih aktivnosti i brojnim reljefnim formama.

Akumulacijske zone su vrlo malog rasprostranjenja na dnu doline što se odnosu na niže strane i riječno korito Rakitnice.

Dolina je poligenetska, polimorfna i polifazna po svojoj morfoevoluciji.

Naglašeni endo i egzogeomorfološki procesi su utjecali na iznimno atraktivan reljef doline koju karakterizira izvorna priroda. Tako je u ovome radu izvršeno geokološko vrednovanje reljefa metodom index-a rekreacijskog potencijala u cilju njegove buduće namjene i korištenja kao perspektivnog geomorfološko rezervata “Kanjon Rakitnice”. Ovo istraživanje je provedeno primjenjenom metodom geokološke evaluacije reljefnih oblika: vrhova, kukova, stjenovitih litica, pećina, riječnih korita i uskih tjesnaca za potrebe turizma, sporta i rekreacije.

Rezultati vrednovanja potvrdili su da su ovi oblici pogodni za planinarenje, rekreativnu šetnju, kanjoning, alpinizam i speleologiju. Dakle, na osnovu geokološke evaluacije područja veći dio kanjona bi sa prostorno - planerskog stanovišta predstavljao geomorfološki rezervat u okviru perspektivnog Nacionalnog parka: "Bjelašnica – Igman".

Summary

The area under research includes the canyon valley of the river Rakitnica, located approximately 30 km southwest of Sarajevo in the central part of Bosnia and Herzegovina. The drainage basin is area of 54 km². The valley's morphosculture, over 900 m deep, sharply divides the adjacent high-mountain massives Bjelašnica and Visočica.

Taking general morphological characteristics into consideration it was found that the Rakitnica valley is a region of enormous dynamics of relief with dominant fifth-sixth inclination categories of the slopes. Geological structure is dominantly made of limestones and dolomite from Triassic period..

From the structural geomorphological point of view, the Rakitnica valley's development and direction of the valley have been predisposed with neotectonic movements of strike-slip faults. From the morpho-genetic aspect, the beginning of the canyon's development is relative young. The canyon's bottom and the lower parts of the valley belong to the younger generation of the relief, specific for the Quaternary period. Bjelašnica and Visočica mountain masives – that is, the higher parts of the valley – are older and their development begins in Tertiary and Tertiary periods.

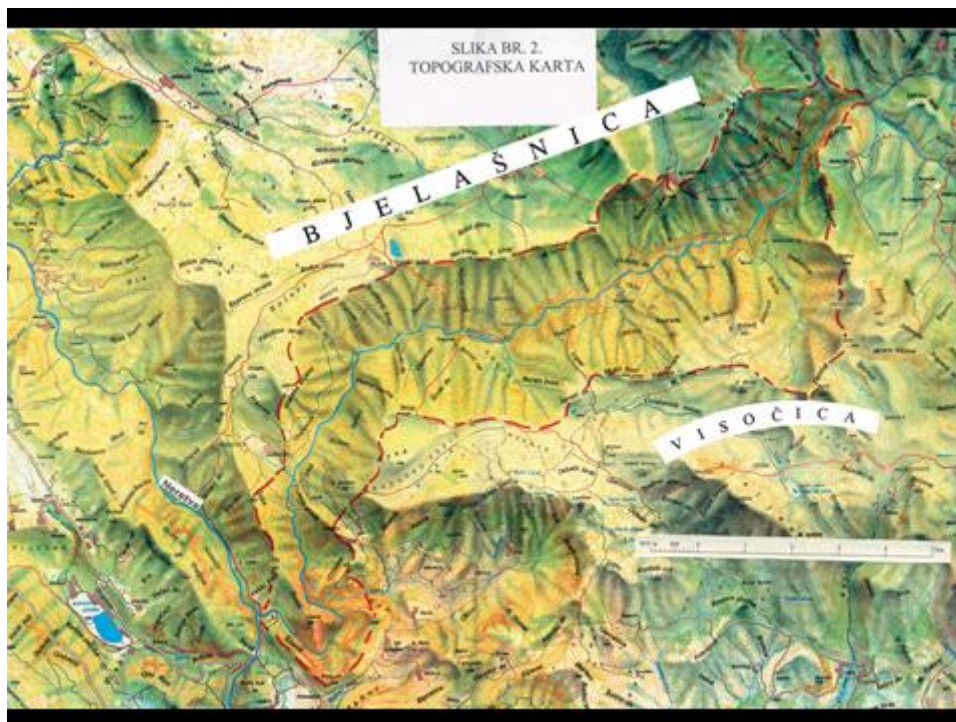
The entire researched area is marked by gravitational and erosional processes with a broad spectrum of activities on the larger surface and numerous relief forms. Accumulation zones are very small on the bottom, and they are affected by the valley's bottom, the river's bed and the lower part of the valley.

According to its beginning, development and today's look, the valley is polygenetic, polyphasic and polymorphological. With respect to the quality of its surface and landscape, the valley ought to be highly protected area under perspective national park: "Bjelašnica – Igman". In accordance with these goals, this research by applying a geo-ecological evaluation of the landforms of the canyon valley by using the method of indexing the recreational potential for tourism, sport and recreation. Thus these landforms are suitable for hiking, recreational walking, canyonig, climbing and speleology.

The results of the geo-ecological evaluation landforms : peaks, rocky faces, slopes, caves, riverbeds and narrow slot gorges were showed that these landforms are suitable for hiking, recreational walking, canyonig, climbing and speleology. At finally, we have concluded from environmental planning point of view that the most part of the canyon is an geomorphological reserve.

1.Uvod

Područje kanjona Rakitnice, udaljeno svega oko 30 km od Sarajeva, glavnog grada Bosne i Hercegovine, nalazi se u geomorfološkoj makroregiji “Visoki Središnji Dinaridi” (A. Lepirica, 2013.). To je kanjonska dolina mjestimično i preko 900 metara duboko usječena između planina Visočice i Bjelašnice, duga 23, 5 km (Vidjeti sliku br.1.). Njeno osnovno obilježje je divlja priroda sa posebno naglašenim geodiverzitetom odnosno polimorfijom reljefnih formi koje su u ovom radu geokološki vrednovane za potrebe određenih vidova turizma.



Slika br. 1. Karta kanjona Rakitnice

Geokologija je relativno mlada znanost koja interdisciplinarno proučava krajolik kao okoliš života i rada čovjeka i drugih organizama. “Njezin cilj je definiranje ekološki optimalne prostorne organizacije korištenja i zaštite krajolika.” (Miklos, 1994.) Ova interdisciplinarna znanost se bavi proučavanjem pogodnosti krajolika - prostora za potrebe društveno-gospodarstvenih aktivnosti u okviru održivog razvoja s tim da se geokološki planirane ljudske aktivnosti tretiraju u granicama koje ne narušavaju prirodni ekvilibrij. Znači geokologija, pored teorijsko-znanstvenog, ima svoj primijenjeni karakter koji u ovom slučaju predstavljen vrednovanjem reljefa metodom indexa rekreacijskog potencijala za potrebe turizma. Geokološkom evaluacijom (ili vrednovanjem) reljefa metodom indexa rekreacijskog potencijala bavili su se: A. Bognar 1990; 2010, Salleto - Janković, 1997; Lepirica, 2004; 2006; Buzjak, 2006; 2007; 2008; Krajić, 2011; Tandarić et al, 2018.

2. Metode istraživanja

Istraživanje i vrednovanje – evaluacija reljefa kao jedne od temeljnih datosti prirodnog okoliša (geosfere, ekosfere) temelji se na razrađenim geokološkim pristupima, ciljevima i zadacima (A. Lepirica 2006.). Vrednovanje reljefa kanjona Rakitnice provedeno je s aspekta turizma odnosno rekreacije u zaštićenom krajoliku.

“Turizam je putovanje ili privremeni boravak ljudi izvan njihova stalnog prebivališta radi odmora, zabave, proširenja kulturnih vidika ...”. (Blažević i Pepeonik, 1997.).

Turizam je privredna grana koja igra važnu ulogu u razvitku zaštićenih područja. “Zaštićeni dijelovi prirode mogu se koristiti samo na strogo kontrolirani i usmjereni način. U tom smislu se ograničavaju klasični oblici turizma (dodati ćemo masovnog turizma), a prednost se daje: znanstvenom, znanstveno-istraživačkom, izletničkom, seoskom, zdravstveno-rekreativnom, edukativnom (škole u prirodi) i sl.” (Španjol, 1993.; preuzeto iz Saletto 1995.a).

Reljef kao i ostale datosti krajolika istraživanog područjaobilježavaju minimalni antropogeni utjecaji i okoliš kojega krase izvorna priroda. Tako ovaj, ekološki zasad očuvani, krajolik ima sve predispozicije da postane geomorfološki rezervat (A. Lepirica 2004.). Vrednovanje reljefa kao samostalnog čimbenika među datostima prirodnog okoliša predstavlja jedan od najtežih zadataka. Vrednovati se ipak mora jer se aspekti vrednovanja pojedinih korisnika mogu znatno razlikovati (A. Bognar 1990.).

S aspekta geokološkog planiranja namjena ovoga perspektivnog zaštićenog područja bi, pored zone sa strogim režimima zaštite, uključivala i zonu zaštićenog krajolika što bi omogućilo i razvoj određenih turističko-rekreativnih i sportskih aktivnosti. Pri procesu odabira vrsta rekreacije korišten je neformalni pristup temeljen na vlastitom višegodišnjem iskustvu i pretpostavkama koje vrste rekreacije su izvodive na ovome teško prohodnom i uveliko slabo dostupnom terenu. Formalni pristup koji bi uključivao anketiranje bi bio nerealan jer posjetioci kanjonsko-klisuraste doline su doista rijetki i sve se svodi na ograničen broj pravih poznavalaca cjelovite kanjonsko-klisuraste doline Rakitnice. Tako je u ovom radu na temelju višegodišnjeg geografskog, planinarskog i kanjonskog iskustva, određeno da su za ovo istraživano područje, kao tipovi rekreacije, najpodesniji: šetnja(rekreativna)planinarenje, alpinizam, slobodno penjanje i kanjonstvo.

Pod navedenim tipovima rekreacije podrazumijeva se sljedeće (Saletto Janković, 1995.):

“Šetnja – lagano pješaćenje umjerenom brzinom, kraćeg trajanja (do 3 sata), s ciljem posjete bližih i dostupnijih određenih dijelova, perspektivnog geomorfološko-hidrološkog rezervata Rakitnica po, za to određenim, pješaćkim stazama.

Planinarenje – pješaćenje dužeg trajanja (više od 3 sata), na padinama manjih ili većih nagiba (do 55°), s ciljem posjete atraktivnim geomorfološko-hidrološkim spomenicima kanjonsto-klisuraste doline.

Alpinizam i slobodno penjanje – ostvarivanje uspona na strmcima nagiba većih od 55°, s upotrebom pomoćne opreme za osiguravanje ili bez nje (slobodno penjanje).”

Pored navedenih istači ćemo kanjonstvo (canyoning) , kao noviju, multisportsku, rekreativnu aktivnost. Kanjonstvo, uz plivanje i minirafting, uključuje alpinizam i planinarenje s upotrebom pomoćne opreme za osiguravanje ili bez nje (slobodno penjanje) s ciljem savladavanja kanjonskih tjesnaca i upoznavanja izvorne divlje prirode.

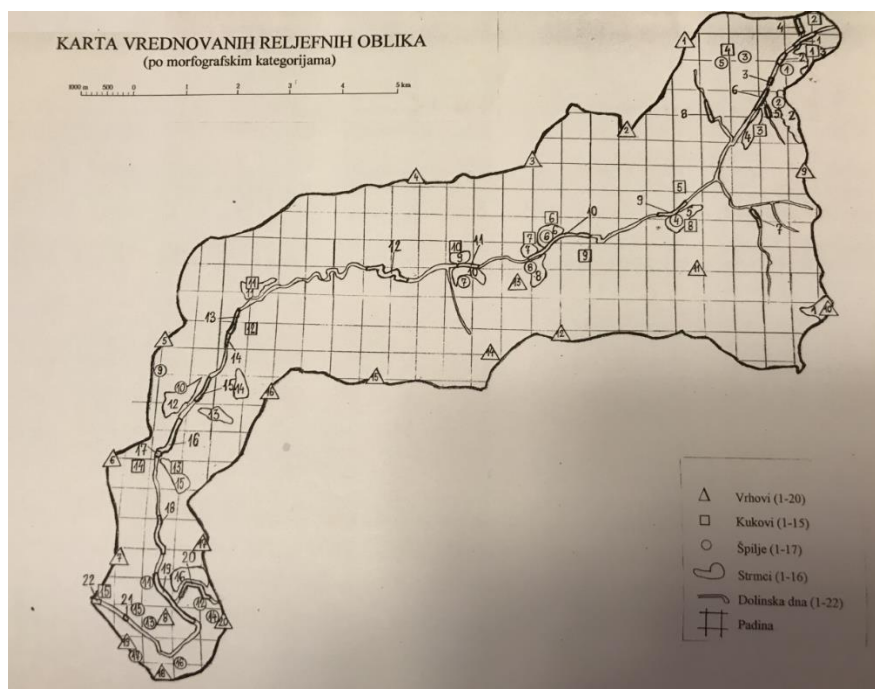
Prema navedenim tipovima rekreacije izdvojeno je šest odgovarajućih morfografskih kategorija reljefa za koje je izvršeno geokološko vrednovanje. To su vrhovi, kukovi, dolinska dna i riječna korita, pećine, padine i strmci (litice). (Vidjeti sliku br. 2.).

Za potrebe šetnje i rekreativnog planinarenja odnosno jednodnevnih obilazaka to su vrhovi, kukovi, određeni manji dijelovi dolinskog dna i riječnih korita, te neke, pristupačnije pećine i padine nagiba manjih od 32°.

Za potrebe višednevnih obilazaka doline odnosno visokogorskog planinarenja odgovarajuće su sve navedene morfografske kategorije izuzev kanjonskih tjesnaca i strmaca.

Alpinizam i slobodno penjanje imaju svoje mogućnosti razvoja na liticama kanjonskih tjesnaca, kukova odnosno zaleđenih strmaca na višim hipsometrijskim položajima planinske morfostrukture Visočice zimi.

Morfografska kategorija dolinskog dna i riječnih korita kao i pećine u kanjonskim tjesnacima vrednovani su za potrebe kanjonstva



Slika br.2. Karta vrednovanih reljefnih oblika

Pristupi vrednovanju prirodnog krajolika kanjonsko-klisuraste doline Rakitnice izvedeni su prema već razrađenom geokološkom stupnju pogodnosti reljefa NP “Paklenica” u Hrvatskoj i NP “Una” u Bosni i Hercegovini-Stupanj pogodnosti reljefa podrazumijeva sljedeće pokazatelje: fizičku pogodnost, estetsku vrijednost i dostupnost.

Fizička pogodnost reljefa podrazumijeva one reljefne oblike – morfografske kategorije koje su pogodne za rekreativno planinarenje (šetnju), alpinizam i kanjonstvo. U procesu vrednovanja koji je uključivao bodovanje i kategorizaciju navedenih šest morfografskih kategorija za fizičku pogodnost reljefa korišteni su morfometrijski i morfogenetski podaci (visina, oblik, dužina, širina, nagib riječnog korita i mobilnost padina) dobiveni na temelju terenskih opservacija i priloženih topografskih, morfometrijskih karata i geomorfološke karte. Ograničavajući podaci koji su značajno umanjili potencijalne vrijednosti reljefnih oblika su mobilnost padina odnosno intenzitet i vrsta padinskih procesa. To se posebice odnosi na destruktivni urušniproces. Mobilnost padina je vrlo važna s aspekta sigurnosti odnosno potencijalne opasnosti za posjetitelje kanjona, posebice za one koji bi prakticirali prolaske kroz kanjonske tjesnace ili za alpinističke uspone na stjenovite litice ovoga područja.

Estetska vrijednost odnosno atraktivnost određenog reljefnog oblika je druga temeljna odrednica pogodnosti reljefa za definirani oblik rekreacije. Reljefni oblici iste morfografske kategorije (npr. vrhovi) se mogu razlikovati po svome izgledu a time i po većoj ili manjoj privlačnosti za posjet turista. Stoga je estetska vrijednost vrlo značajna s aspekta vrednovanja reljefa. Određivanje estetske vrijednosti, odnosno atraktivnosti reljefnog oblika, više je subjektivne prirode tako da je vrlo teško odabrati realne kriterije za vrednovanje ovoga pokazatelja.

Dostupnost kao pokazatelj turističke (rekreacijske) vrijednosti prostora uključuje vanjsku i unutarnju dostupnost. Vanjska dostupnost predstavlja udaljenost određenog turističkog (rekreacijskog) područja od područja urbanih zona i značajnijih prometnica. Pored parametra udaljenosti pri vrednovanju vanjske dostupnosti u obzir se uzima kvaliteta prometnica i njihova propusna moć. Unutarnja dostupnost podrazumijeva povezanost unutar turističkog (rekreacijskog) područja. U konkretnom slučaju to se odnosi na mrežu planinskih puteva i staza odnosno prosječnih vremenskih udaljenosti vrednovanih oblika reljefa od makadamskih prometnica koje se nalaze na granici istraživanog područja. Pri geokološkoj analizi kanjona Rakitnice vrednovana je samo unutarnja dostupnost čiji su kriteriji prilagođeni zahtjevima navedenih tipova rekreativnih i sportskih aktivnosti kao i strogim režimima zaštite u prostoru rezervata. Pored prosječne vremenske distance¹ pri određivanju stupnja dostupnosti vrednovani su nagibi i stabilnost padina kojima se pružaju staze. Pri kriterijima vrednovanja umanjene su vrijednosti onih reljefnih oblika gdje ne postoje staze.

¹ Procjena udaljenosti (izražena u satima hoda) temelji se na vlastitom iskustvu.

Tablica br. 1. Bonitetne kategorije reljefa

KAT.	STUPANJ VRIJEDNOSTI RELJEFA	BODOVI
9	Najvredniji dijelovi reljefa	91 – 100
8	Veoma vrijedni dijelovi reljefa	81 – 90
7	Pretežito vrijedni dijelovi reljefa	71 – 80
6	Relativno vrijedni dijelovi reljefa	61 – 70
5	Pretežito manje vrijedni dijelovi reljefa	51 – 60
4	Relativno nepogodni dijelovi reljefa	41 – 50
3	Pretežito nepogodni dijelovi reljefa	31 – 40
2	Nepogodni dijelovi reljefa	21 – 30
1	Veoma nepogodni dijelovi reljefa	11 – 20
0	Izrazito nepovoljni dijelovi reljefa	1 – 10

Metodu indeksa rekreacijskog potencijala predstavljaju bonitetne kategorije reljefa podijeljene u kategorije od 0 – 9 kategorije tj. prema ukupnom broju bodova kojim je određen stupanj vrijednosti odnosno rekreacijski potencijal vrednovanog reljefnog oblika (vidjeti tablicu br. 1.). Dakle, ova metoda, temelji se na zbrajanju bodova pozitivnog i negativnog predznaka prema čijem se ukupnom zbiru određuje vrijednost bonitetne kategorije vrednovanog reljefnog oblika. To je metoda po kojoj svi vrednovani reljefni oblici imaju početnu vrijednost od 100 bodova. Ograničavajuće, korektivne značajke reljefa, u ovome slučaju bile su: nedostupnost i mobilnost padina, manja relativna visina strmaca odnosno apsolutna visina vrhova te manji nagibi uzdužnih profila korita kanjonskih tjesnaca-

Tablica br. 2. Vrednovanje reljefa metodom indeksa rekreacijskog potencijala

MORFOGRAF. KATEGORIJA	START BROJ BOD	BON. KAT.	KOREKTIVNE ZNAČAJKE	KOR BODOVI

Za šetnju i planinarenje

1. VRHOVI	100	9 - 0	A) Visina: > 1300 m	0
			1101 – 1300 m	-10
			901 - 1100 m	-15
			600 - 900 m	-20
			< 600 m	
			B) Dostupnost:	
			Plan staza na padini - nagiba (u°) 2	-4
			- 5	-9
			6	-14
			- 12	-19
			13 – 32	-10
			33 – 55	0
			- u škraparu, siparu i sl.	-10
				-15
			Sati hoda od ulaza u NP < 3	-20
			3 – 5	-59
			5 – 7	
			> 7	+15
			Bez planinarske staze (markirane)	+10
			C) Veličina i oblik:	+5
			Veliki vrhovi - stožasti	+10
			- zaobljeni	+5

				- neizraženi	0
			Mali vrhovi	- stožasti	
				- zaobljeni	
				- neizraženi	
2. KUKOVI	100	9 - 0	A) Dostupnost:		
			Plan staza na padini - nagiba (u°)	2	-4
			- 5		-9
				6	
			- 12		-14
					-19
			13 – 32		
					-10
			33 – 55		0
				- u škraparu, siparu i sl.	-10
					-15
			Sati hoda od ulaza u NP	< 3	-20
				3 – 5	-59
				5 – 7	
				> 7	0
			Bez planinarske staze (markirane)		-10
			Vizualna dostupnost:		+20
				- vidljiv s gl. staze ili od Doma	+10

			- nije vidljiv s gl. staze ili od Doma	+5
				0
			B) Oblik: - raščlanjen	-10
			- monolitan	
			- slabo izražen	-15
			C) Relativna visina: > 200 m	
			< 200 m	
			< 100 m	
3. ŠPILJE	100	9 - 0	A) Dostupnost:	
			Plan staza na padini - nagiba (u°) 2	-4
			- 5	-9
			6	
			- 12	-14
				-19
			13 - 32	
			33 - 55	-10
				0
			- u škraparu, siparu i sl.	-10
				-15
			Sati hoda od ulaza u NP < 3	-20
			3 - 5	-59
			5 - 7	
			> 7	0
			Bez planinarske staze (markirane)	-10
			Vizualna dostupnost:	
			- vidljiv s gl. staze ili od Doma	

- nije vidljiv s gl. staze ili od Doma	-20
	+10
B) Prohodnost – onemogućena	-10
C) Dužina > 100 m	+15
< 50 m	
D) sa špiljskim nakitom	

Za kanjonstvo

4. DOLINSKA DNA I KORITA	100	9 - 0	A) Dostupnost:	
			Plan staza – uz korito (<2,5 h hoda)	0
			- uz korito (2,5-3,5 h hoda)	-10
			Bez staze (kroz korito)	-30
				-5
			B) Nagibi pada korita (u °) 0 – 2	0
			3 – 5	+10
			6 – 12	+5
			13 – 32	-10
			C) Korito – suho do 3 mj/god	-20
			> 3 mj/god	+10
			s pojavom slapova i brzaka	
			D) Ravnotežno stanje strana padina	0
			- stabilne padine	
			- moguće spiranje i jaruženje	-5
			- moguće osipanje i urušavanje	
			- akt. spiranje i jaruženje, grohot	

			- akt. osipanje i povrem. urušavanje	-10
			- odroni	-25
				-35
				-50
5. PADINE	100	9 - 0	A) Nagib padine (α): 0 - 2	0
			($< 55^\circ$) 3 - 5	-4
			6 - 12	-14
			13 - 32	-29
			33 - 55	-39
			B) Ravnotežno stanje strana padina	
			- stabilne padine	0
			- moguće spiranje i jaruženje	
			- moguće osipanje i urušavanje	-5
			- akt. spiranje i jaruženje, grohot	-10
			- akt. osipanje i povrem. urušavanje	-25
			- odroni	-35
				-50

Za alpinizam i slobodno penjanje

6. STRMCI	100	9 - 0	A) Dostupnost	
			($> 55^\circ$) Sati hoda od ulaza u NP: < 1	0
			1 - 2	-5
			2 - 3	-15
			> 3	-30
			B) Ravnotežno stanje strmca	
			- relativno stabilno	

- izražena mobilnost	-5
C) Izloženost buri (S-SI ekspozicija)	-30
- posredna izloženost buri	-19
D) Relativna visina: > 300 m	-9
200 – 300 m	+15
100 – 200 m	+10
	+5

Važno je napomenuti da smo se, pri geokološkom vrednovanju reljefa, opredijelili za ovu metodu jer je ona prilagodljiva reljefu kanjonske doline. Djelomice izmijenjena metoda indeksa rekreacijskog potencijala prihvatljiva je za vrednovanje turističkih potencijala iako svojim kriterijima umanjuje geokološku vrijednost određenih reljefnih oblika i nije sasvim prilagodljiva zahtjevima adrenalinskih - ekstremnih sportova: alpinizma (ne misli se na slobodno penjanje) i kanjonstva. Za svaku morfografsku kategoriju određene su korektivne značajke i bodovno vrednovanje. Vidjeti tablice (preuzeto iz Saletto, 1995a) osim tablice vrednovanja korita i dolinskog dna (Lepirica, 2003.) koja je pretrpjela izmjene korektivnih značajki i bodova te prilagođena za potrebe kanjonstva. (Vidjeti tablicu br. 6).

3. Rezultati rada

Rezultati vrednovanja reljefa odnosno morfografskih kategorija kanjonsko-klisuraste doline Rakitnice metodom index-a rekreacijskog potencijala bili bi sljedeći:

3.1. Vrhovi:

Najveću bonitetnu devetu kategoriju imaju stožasti vrhovi viši od 1300 m n/v koji se nalaze iznad kanjonske doline, u masivima Bjelašnice i Visočice. Posebice s najviših vrhova Oblja (1896 m n/v) i Kaoca (1956 m n/v) pružaju se izvanredni vidici ne samo na kanjon Rakitnice nego i na okolne visoke dinarske planine: Jahorinu (1916 m n/v) na sjeveroistoku, Treskavicu (2088 m n/v) na istoku, Crvanj (1921 m n/v) na jugu, Prenj (2155 m n/v) i Čvrstnicu (2228 m n/v) na zapadu te Vranicu (2112 m n/v) i Bitovnju (1744 m n/v) na sjeverozapadu (Vidjeti sliku br 3). Prema tome, pri budućem vrednovanju morfografskih kategorija vrhova ovom metodom, bilo bi poželjno vrednovati i radijus vidika kao korektivnu značajku.



Slika br 3. (Foto A. Lepirica: Pogled sa Oblja 1896 m n/v na hrbat Kaoca u Visočici)

Čepa (1000 m n/v) je jedini vrh koji je vrednovan najvišom devetom bonitetnom kategorijom a niži je od 1300 m n/v zbog svog atraktivnog stožastog oblika i dominnirajućeg položaja nad donjim kanjonom Rakitnice i susjednim kanjonom Neretve. Najnižom bonitetnom trećom kategorijom vrednovanisu nedostupni niži vrhovi donje doline kao što su: Oštro (884 m n/v), Kom (819 m n/v) i Šibenik (659 m n/v), iako svojim svojim stožastim, točnije, piramidalnim, atraktivnim izgledom plijene pažnju. Nesvakidašnji su vidici s ovoga uzvišenja na šesti tjesnac Rakitnice i kanjon Rijeke koji se nalaze 500 m ispod². Izgradnjom i uređenjem planinarske staze i vidikovca na ovome impresivnom vrhu donja dolina bi dobila atraktivan turistički punkt (Vidjeti sliku br. 5. vidjeti tablicu br. 3.)

² U organizaciji ekoturističke firme "Green Vision's" iz Sarajeva je izvedena planinarska tura na vrh Oštro (884 m n/v) koju sam vodio u lipnju 2001. godine. Jedan njemački turist je ostao ushićen vidikom s ovoga vrha prema šestom kanjonskom tjesnacu i kanjonu Rijeke poredeći ih s kanjonom Kolorada koji je pohodio godinu ranije.

Tablica br. 3. Vrednovanje vrhova metodom indeksa rekreacijskog potencijala za potrebe šetnje i planinarenja

VRHOVI	START. BOD.	KOREKTIVNE ZNAČAJKE						BR. KOR. BOD.	UK. BOD.	BON. KAT.
		VISINA	DOSTUPNOST				VEL. I OBLIK			
			NAGIB	ŠKRAP. SIPAR	SATI HODA	BEZ STAZE				
1. Obalj, 1896 m	100	0	-14	0	0	0	+5	-9	91	9
2. Vijenac, 1496 m	100	0	-9	0	0	0	+5	-4	96	9
3. Grad, 1381 m	100	0	0	0	0	-59	+10	-49	51	5
4. V. Lisac, 1504 m	100	0	-9	-10	0	0	+15	-4	96	9
5. Vranske st. 1299 m	100	-10	0	0	0	-59	0	-69	31	3
6. Čepa, 1000 m	100	-15	-9	0	0	0	+15	-9	91	9
7. Vis, 796 m	100	-20	-19	-10	0	0	+10	-39	61	6
8. Oštro, 884 m	100	-20	0	0	0	-59	+15	-64	36	3
9. Kovještaci, 1722 m	100	0	-19	0	0	0	+5	-14	86	8
10. Vito, 1956 m	100	0	-14	-10	0	0	+15	-9	91	9
11. M. Toholj, 1580 m	100	0	-14	0	0	0	+10	-4	96	9
12. Voloderača, 1726 m	100	0	-14	0	0	0	+10	-4	96	9
13. Veljače, 1254 m	100	-10	-9	0	0	0	+5	-14	86	8
14. T. T. 1401 m	100	-9	0	0	0	0	+10	-1	99	9
15. T. T. 1417 m	100	0	-9	0	0	0	+5	-4	96	9

16. Vrsa, 1556 m	100	0	-9	-10	0	0	+10	-9	91	9
17. Crnobor, 948 m	100	-15	-9	0	0	0	+5	-19	81	8
18. Kom, 819 m	100	-20	0	0	0	-59	+15	-64	36	3
19. Šibenik, 659 m	100	-20	0	0	0	-59	+15	-64	36	3
20. Hum, 1052 m	100	-15	0	0	0	-59	+15	-59	41	4

3.2. Kukovi:

Bonitetne kategorije kukova kreću se u manjem rasponu (od 3. do 8. kategorije) i pokazuju nešto manje potencijalne vrijednosti u odnosu na prethodno navedenu morfografsku kategoriju vrhova. Najvišu potencijalnu vrijednost u ovoj morfografskoj kategoriji pokazuju kukovi gornjeg dijela centralnog sektora doline kao što su: Hum (870 m n/v) s Bjelašničke strane odnosno Lošnja (1150 m n/v) i Vadotina (984 m n/v) na padinama Visočice. To su vizualno dostupni kukovi sa glavnih staza, relativnih visina preko 100 m, s atraktivnim vidicima kako na dno doline (korita i tjesnace) tako i na najviše masive i hrptove okolnih visokogorskih struktura. Odlikuje ih relativno brz i lagan pristup s glavnih staza što je i uvećalo njihovu potencijalnu vrijednost s aspekta šetnje i planinarenja. Sličnih obilježja su kukovi Čepe odnosno Kuka iznad ušća Rakitnice u donjem sektoru doline s lijepim i atraktivnim vidicima na korito Rakitnice i okolna uzvišenja. Veoma atraktivni kukovi središnje doline kao što su: Orlić (995 m n/v), Kuk u Tonjici (750 m n/v) ili pod Stigovcem (650 m n/v) odnosno u Tisovoj Lastvi ili Zukin Kuk (750 m n/v) iznad Krupca, izrazite estetske vrijednosti, zbog svoje udaljenosti i relativne nedostupnosti vrednovani su nešto manjom 5. odnosno 6. kategorijom. Najnižu vrijednost 3. kategorije pokazuju relativno nedostupni kukovi gornjeg sektora doline. To su: Kuk pod Prutom (1190 m n/v) s kojega se, u proljeće i jesen, pružaju nesvakidašnji vidici na kaskade Studenog potoka, kanjonsko korito Rakitnice te okolne planine odnosno Hladni kuk (1754 m n/v) u masivu Oblja kojega krasi vidici radijusa preko 100 km na Maglić (2386 m n/v) i crnogorske planine Bioč (2397 m n/v) i Durmitor (2522 m n/v). Kao i kod prethodnih morfografskih kategorija pri vrednovanju kukova ovom metodom u korektivne značajke također treba uvrstiti sljedeće kriterije: atraktivan vidik te radijus vidika. Tako bi ove atraktivne turističke točke nosile višu bonitetnu kategoriju odnosno bile realnije vrednovane. Morfološki izgled kukova kanjonsko-klisuraste doline Rakitnice i njihove visine koje premašuju 200 m, uz prostorni raspored iznad kanjonskih tjesnaca, važna su estetska komponenta doline koja joj daje posebnu vrijednost i privlačnost za budući razvoj turizma na ovome području (Vidjeti slike br. 3. i br. 5. i tablicu br. 4.).

Tablica br. 4. Vrednovanje kukova metodom indeksa rekreacijskog potencijala za potrebe šetnje i planinarenja

KUKOVI	REL. VIS.	START.BOD.	KOREKTIVNE ZNAČAJKE							KOR.BOD	UK.BOD.	BON.KAT.
			REL. VIS	DOSTUPNOST				VIZUAL.NEDOS TUP	OBLIK			
				NAGIB	SKRAP SIPAR	SATIHO	RA					
1. Kuk pod Prutom, 1190 m	80 m	100	-15	-59	0	0	0	+1 0	-64	3 6	3	
2. Orlov kuk, 1300 m	30 m	100	-15	-9	0	0	-10	+5	-29	7 1	7	
3. Lošnjaja, 1150 m	100 m	100	-15	-9	0	0	0	+4	-19	8 1	8	
4. Hladni kuk, 1750 m	120 m	100	-10	-59	0	0	0	20	-51	4 9	4	
5. Džafin kuk, 810 m	110 m	100	-10	-14	0	-10	-10	+2 0	-24	7 6	7	
6. Hum, 870 m	310 m	100	0	-14	-10	0	0	+2 0	-4	9 6	9	
7. Kukrikov kuk, 750 m	210 m	100	0	-14	-10	0	-10	+1 0	-24	7 6	7	
8. Vadotina, 984 m	220 m	100	0	-19	0	-10	0	+1 0	-19	8 1	8	
9. Orlič, 995 m	120 m	100	-10	-19	-10	-15	0	+2 0	-34	6 6	6	
10. Kuk pod Tonjicom, 750 m	230 m	100	0	-59	0	0	0	+2 0	-39	6 1	6	
11. Kuk. pod Stigovcem, 650 m	150 m	100	-10	-59	0	0	0	+2 0	-49	5 1	5	
12. Kuk u Tisovoj Lastvi, 600 m	140 m	100	-10	-59	0	0	0	+2 0	-49	5 1	5	
13. Vodena greda, 650 m	220 m	100	0	-59	0	0	0	+2 0	-39	6 1	6	
14. Čepa, kota 800 m	400 m	100	0	-14	0	0	-10	+5	-19	8 1	8	
15. Kuk iznad ušća, 380 m	55 m	100	-15	-9	0	0	0	+1 0	-14	8 6	8	

16. Zukin kuk	150 m	100	-10	-19	-10	-15	0	+2 0	-34	6 6	6
---------------	-------	-----	-----	-----	-----	-----	---	---------	-----	--------	---

3.3. Špilje:

Velika je brojnost ovih endokrških udubljenja u istraživanom području te su navedene samo one pristupačnije i vidljivije. Temeljna odlika većine špilja u kanjonsko-klisurastoj dolini Rakitnice je da se pojavljuju u širokom visinskom rasponu (od 300 – 1700 m n/v) ali su neistražene. Također većina špilja tretiranih ovim radom je nedostupna i nema pećinskog nakita. Upravo zbog teže dostupnosti i nepostojanja staza kao i visećeg položaja u liticama mnoge su vrednovane najnižom prvom bonitetnom kategorijom. Nedostaju podaci o dužinama nekih špilja čiji se otvori nalaze u okomitim kanjonskim liticama koje su vidljive s glavnih staza. Najvišu osmu kategoriju ima prostrana špilja pod vrhom Šibenika (644 m n/v) u donjem sektoru doline, dužine veće od 50 m, zbog postojanja staze koja do nje vodi. Sedmom kategorijom su vrednovane: mala Špilja u Zahumlju, u blizini prethodno spomenute i špilja kod zadnjeg visećeg mosta na desnoj strani doline gdje seljaci iz Kašića čuvaju koze. Šestom kategorijom je vrednovana špilja Stubišnik odnosno petom Kozarica koje predstavljaju vrelske zone u gornjem dijelu doline. Da bi se realnije vrednovale špilje ovoga područja potrebno je izvesti detaljna speleološka istraživanja (Vidjeti sliku br. 5. i tablicu br. 5.).

Tablica br. 5. Vrednovanje špilja metodom indeksa rekreacijskog potencijala za potrebe šetnje i planinarenja

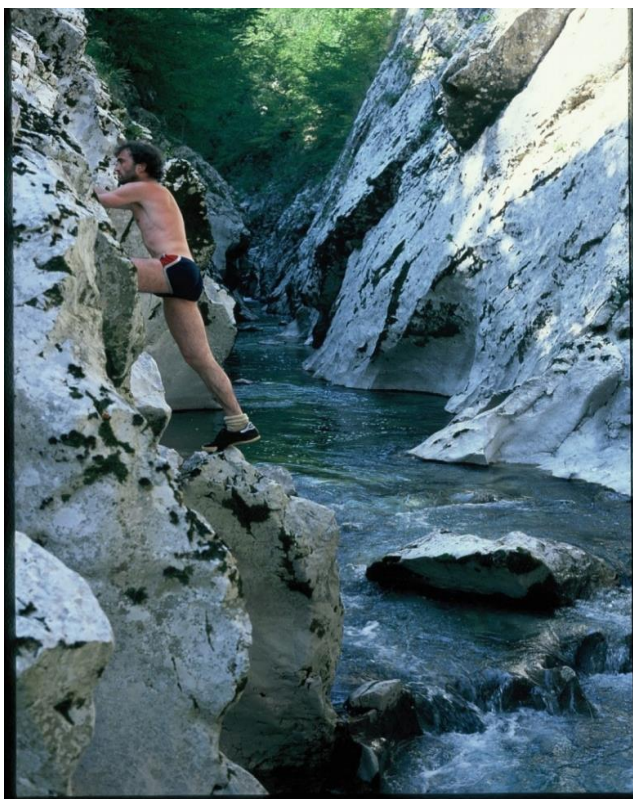
NAZIV ŠPILJE	DUŽINA	STARTBOD.	KOREKTIVNE ZNAČAJKE							KOR.BOD.	UK. BOD.	BON. KAT.
			DUŽINA	DOSTUPNOST					PROHODNOST			
				NAGIB	SATI HOD DO STAZE	SKRAP. SIPAR	BEZSTA ZE	UKRAŠI				
1. Stubišnik	10 m	100	-10	-19	0	-10	0	0	0	-39	61	6
2. Pećina u Brvanjskim st.	?	100	-10	0	0	0	-59	+1 5	-20	-74	26	2
3. Kozarica	?	100	-10	-14	0	0	0	0	-20	-44	56	5
4. Pod Vadotinom	25 m	100	-10	0	0	0	-59	0	0	-69	31	3
5. Obalj	10 m	100	-10	0	0	0	-59	0	0	-69	31	3

6. Humsko vrelo	6 m	100	-10	0	0	0	-59	0	-20	-89	11	1
7. Pred Ćuhovskim dolom	14 m	100	-10	-14	0	-10	0	0	0	-24	76	7
8. Špilja Crno vrelo	10 m	100	-10	0	0	0	-59	0	-20	-89	11	1
9. Špilja Vranske stijene	?	100	-10	0	0	0	-59	0	-20	-89	11	1
10. Špilja u Orahovici	?	100	-10	0	0	0	-59	0	-20	-89	11	1
11. Špilja pod Preslom	10 m	100	-10	0	0	0	-59	0	-20	-89	11	1
12. Špilja nad Rijekom	?	100	-10	0	0	0	-59	0	-20	-89	11	1
13. Špilje u Oštrom	?	100	-10	0	0	0	-59	0	-20	-89	11	1
14. Špilja u Humu	?	100	-10	0	0	0	-59	0	-20	-89	11	1
15. Špilja kod mosta	15 m	100	-10	-14	0	0	0	0	0	-24	76	7
16. Špilja Zahumlje	20 m	100	-10	-19	0	0	0	0	0	-29	71	7
17. Špilja pod Šibenikom	55 m	100	0	-19	0	0	0	0	0	-19	81	8

3.4. Dolinska dna i korita:

Dolinska dna i korita vrednovani su novim izmijenjenim kriterijima prilagođenim zahtjevima sportsko-rekreativne aktivnosti kanjonstva. Nastojeći da se donekle prilagodi zahtjevima ovoga ekstremnog sporta nešto izraženiji nagib riječnog korita je bodovan više od uravnoteženijih odnosno manjih nagiba uzdužnih profila (0° - 5°). Po ovoj, donekle izmijenjenoj, metodi najvišu vrijednost nose niska prohodna korita Rakitnice sa šljunkovitim plažama kod Dubočana i kod ušća u Neretvu. Korito Međeđe odlikuje mikroreljefna estetika zelenkastih riječnih jezerca, malih slapova i evorzijskih lonaca te je, zbog relativno dobre dostupnosti, vrednovano najvišom devetom kategorijom. Atraktivna korita povremenih pritoka Rakitnice, s vodopadima višim od 15 m, u gornjem sektoru i gornjem dijelu centralnog sektora doline vrednovana su visoko odnosno uvrštena su u sedmu i osmu kategoriju.

Korita pritoka Rakitnice ocijenjena su sa stanovišta njihove estetske vrijednosti. Ne mogu se koristiti za kanjonstvo jer su to bujični tokovi. Najatraktivnije kanjonsko suženje je



treći tjesnac koji zbog odsustva staze ima najnižu bonitetnu treću kategoriju što je apsurdno s aspekta kanjonstva. Tako ovu metodu indeksa rekreacijskog potencijala treba uzeti s rezervom sa stanovišta vrednovanja kanjonskih suženja odnosno za potrebe razvoja kanjonstva te razraditi novu metodu prilagođenu ovome sportu. Po metodi index-a rekreacijskog potencijala favoriziraju se lako dostupna korita, većih širina s naplavnim ravnima što je u suprotnosti s pogodnostima koje bi zadovoljile potrebe kanjonstva.

Slika br.4. (Foto: Z. Sabur, Kanjoning u šestom tjesnacu)

Uz kanjonske tjesnace Rakitnice, tjesnaci Rijeke i Međeđe imaju prirodne predospozicije odnosno izražene pogodnosti za razvoj ovoga sporta. Mobilnost padina i dostupnost su, pri vrednovanju, bili temeljni ograničavajući faktori koji su umanjili potencijalne vrijednosti inače reljefno atraktivnih: trećeg, petog i šestog tjesnaca Rakitnice i tjesnaca Rijeke. S aspekta sigurnosti potrebno je naglasiti veliki stupanj mobilnosti padina i stoga se treba bodovnom korekcijom umanjiti rekreativnu vrijednost dijela korita i dolinskog dna (Vidjeti sliku br. 4., tablicu br. 6.).

Tablica br. 6. Vrednovanje dolinskih dna i korita metodom indeksa rekreacijskog potencijala za potrebe kanjonstva

DOLINSKA DNA I KORITA	START.BOD.	KOREKTIVNE ZNAČAJKE					BR.KOR.BOD.	UK.BOD.	BON KAT.
		DOSTUPN OST	NAGIB	SUŠNOST	MOB.PADI NA	SLAP, BRZC			
1. Prvi tjesnac	100	0	+1 0	0	-50	+10	-30	70	7

2. Stubišnik - pregib	100	0	+5	0	-50	+10	-35	65	6
3. Prvi viseći most	100	0	0	0	-35	+10	-25	75	7
4. Studeni potok	100	0	+5	-20	-25	+10	-30	70	7
5. Brvošćak	100	0	+5	-10	-25	+10	-20	80	8
6. Veliki pad korita	100	0	+5	0	-35	+10	-20	80	8
7. Međeđa	100	0	+5	0	-25	+10	-10	90	9
8. Slap Peruć	100	0	+5	-10	-25	+10	-20	80	8
9. Drugi tjesnac	100	-10	+1 0	0	-50	+10	-30	70	7
10. Treći tjesnac	100	-30	0	0	-35	0	-65	35	3
11. Četvrti tjesnac	100	0	0	0	-35	0	-35	65	6
12. Kašića Luka	100	0	-5	0	-10	0	-15	85	8
13. Peti tjesnac	100	-10	+5	0	-50	+10	-55	45	4
14. Izlaz petog tjesnaca	100	-30	0	0	-35	0	-65	35	3
15. Lastva	100	-10	+1 0	0	-35	+10	-15	85	8
16. Dubočani	100	0	-5	0	-5	0	-10	90	9
17. Most za Dubočane	100	0	+1 0	0	-35	0	-25	75	7
18. Plaže niže Dubočana	100	0	-5	0	-10	0	-15	85	8
19. Šesti tjesnac	100	-30	+1 0	0	-50	+10	-60	40	4
20. Rijeka Grušačka	100	-30	+1 0	0	-50	+10	-60	40	4
21. Zadnji viseći most	100	0	-5	0	0	0	-5	95	9
22. Ušće	100	0	-5	0	0	0	-5	95	9

3.5. Padine:

Padine kanjonsko-klisuraste doline Rakitnice uglavnom karakterizira niska potencijalna turistička vrijednost. Izraženi nagibi uz mobilnost padina (derazija) njihova su temeljna odlika te su uglavnom vrednovane drugom i trećom bonitetnom kategorijom. Nešto veću vrijednost pokazuju uravnjene padine fluviudenudacijskih podova u gornjem dijelu centralnog sektora doline koje su uz to povezane stazama. Najvišom devetom bonitetnom kategorijom vrednovana je desna dolinska strana iznad ušća Rakitnice i zadnjeg visećeg mosta koja je stabilna i pristupačna (Vidjeti sliku br. 5. i tablicu br. 7.).

Tablica br. 7. Vrednovanje padina metodom indeksa rekreacijskog potencijala za potrebe šetnje i planinarenja

PADINE	START. BOD.	KOREKTIVNE ZNAČAJKE			KOR. BOD.	UK. BOD.	BON. KAT.
		NAGIB	MOBILN.	DOSTUPNOST POSTOJ. STAZE			
1. Prvi tjesnac	100	-39	-50	0	-89	11	1
2. Kovještak	100	-39	-35	0	-74	26	2
3. Toholj	100	-29	0	-15	-44	56	5
4. Obalj	100	-29	-25	0	-54	46	4
5. Mirak	100	-4	-5	0	-9	91	9
6. Višnjevlje	100	-4	-25	0	-29	71	7
7. Tisova Lastva	100	-29	-35	-15	-79	21	2
8. Orahovica	100	-39	-35	0	-74	26	2
9. Kadulja	100	-39	-25	0	-64	36	3
10. Vis	100	-29	-25	0	-54	46	4
11. Iznad ušća	100	-14	-5	0	-19	81	8
12. Ivica	100	-39	-25	0	-64	36	3
13. Lopar	100	-29	-10	0	-39	61	6
14. Duboki do	100	-29	-35	0	-64	36	3
15. Stavnici	100	-39	-35	0	-74	26	2
16. Pod Obljem	100	-14	-5	0	-19	81	8

3.6. Strmci – litice:

Strmci odnosno litice doline su brojne te svojim relativnim visinama, koje često premašuju visine od preko 200 m, pružaju određene mogućnosti za razvoj alpinizma i slobodnog penjanja. Najatraktivniji i najviši strmci koncentrirani su iznad kanjonskih tjesnaca u centralnom sektoru doline. No usljed nedostupnosti bonitetna kategorija im je umanjena (npr. Vadotina je ovom metodom vrednovana šestom kategorijom u odnosu na neke manje

atraktivne, relativno dostupnije, niže strmcce kao što su Brvanjske stijene ili Vodena greda koje su osme bonitetne kategorije). Najveći bonitet ima strmac Handrapa visine preko 350 m, prevjesan i atraktivan, udaljen od G. Lukomira 2 – 3 h hoda koji se nalazi na završetku trećeg tjesnaca. No, i drugi strmci svojim bonitetnim kategorijama ne zaostaju mnogo za navedenim jer su vrednovani sedmom i osmom kategorijom. Navedeni strmci u tablici br. 10. nisu uopće poznati alpinistima i ne postoji nijedan alpinistički smjer u istraživanom području. Također mnogi od navedenih strmaca nisu uopće ucrtani u vojne topografske karte mjerila 1:25000. Jedini strmac u kojemu se nalazi zimska alpinistička smjer (srednje teškoće – III/IV)³ su padine hrpta Kaoca na samoj granici analiziranog područja. Svrstan je u strmcce treće kategorije. Na temelju usmenog iskaza bosanskohercegovačkog alpiniste Mukrima Šišića (profesionalni alpinistički vodič u Kanadi) prevjesne strane kanjonskih tjesnaca Rakitnice su izuzetno teške i zahtjevne te bi po ljestvici teškoće⁴ prelazile VI stupanj. Tako su s ovoga aspekta vrednovani strmci i litice kanjona Rakitnice prvenstveno namijenjeni iskusnijim alpinistima i slobodnim penjačima na suhoj stijeni. Iskonski divlji nenarušeni prirodni ambijent kanjonskih strmaca, uz sadašnju slabu vanjsku dostupnost (loše makadamske ceste) i relativno slabu unutarnju dostupnost (ograničen broj staza), ne pogoduje razvitku suvremenog sportskog penjanja odnosno “mentalitetu sportskih penjača kojima pogoduje blizina stijene do koje se može doći osobnim automobilom” (Piljić, 1994. str. 298). Tako bi po ovome kanjonski strmci Rakitnice bili “REZERVIRANI” samo za alpinističku elitu odnosno za one koji penju prevjesne stijene ekstremnih teškoća (Vidjeti slike br. 4 i 5., tablicu br. 8)

Tablica br. 8. Vrednovanje strmaca i litica metodom indeksa rekreacijskog potencijala za potrebe alpinizma i slobodnog penjanja

STRMCI	START.BOD.	KOREKTIVNE ZNAČAJKE				BR.KOR.	UKUP.BOD.	BON KAT.
		REVIS	MOB.	JAKE VJET.	SATI HODA			
1. Vito *	100	15	-30	-19	-30	-64	36	3
2. Brvanjske stijene	100	0	-5	-9	-5	-19	81	8
3. Kuk u Prutu	100	0	-5	0	-5	-10	90	8

³ Elementi koji utječu na ocjenu težine su: tehnička teškoća odsjeka detalja, dužina detalja, nadmorska visina, nagib stijene, klimatske prilike itd.

⁴ Ljestvica Međunarodne alpinističke organizacije UIAa za pojedinačne odsjeke:

IA – vrlo lako: nagib padine, stjenovite i snježne 15 do 20 stupnjeva, sipari, travne padine, ne koriste se ruke.

I – lako: snježno zaleđene padine i sipari nagiba 20 do 30 stupnjeva, ruke se koriste za ravnotežu.

II – jednostavno: snažno zaleđene padine nagiba 20 do 30 stupnjeva gdje se koriste ruke za napredovanje.

III – srednje teško: snježno zaleđene padine nagiba 35 do 40 stupnjeva, oprimaka i oslonaca za noge ima dovoljno. Od ove teškoće nadalje je obavezna je upotreba cepina i dereza.

IV – viša srednja težina: nagibi 45 do 55 stupnjeva, ograničen broj oprimaka za ruke i noge.

V – teško: stijena s malo oprimaka, osiguravališta ograničena, napredovanje s tehničkim pomagalima. Snježno – ledene padine imaju nagib 50 stupnjeva.

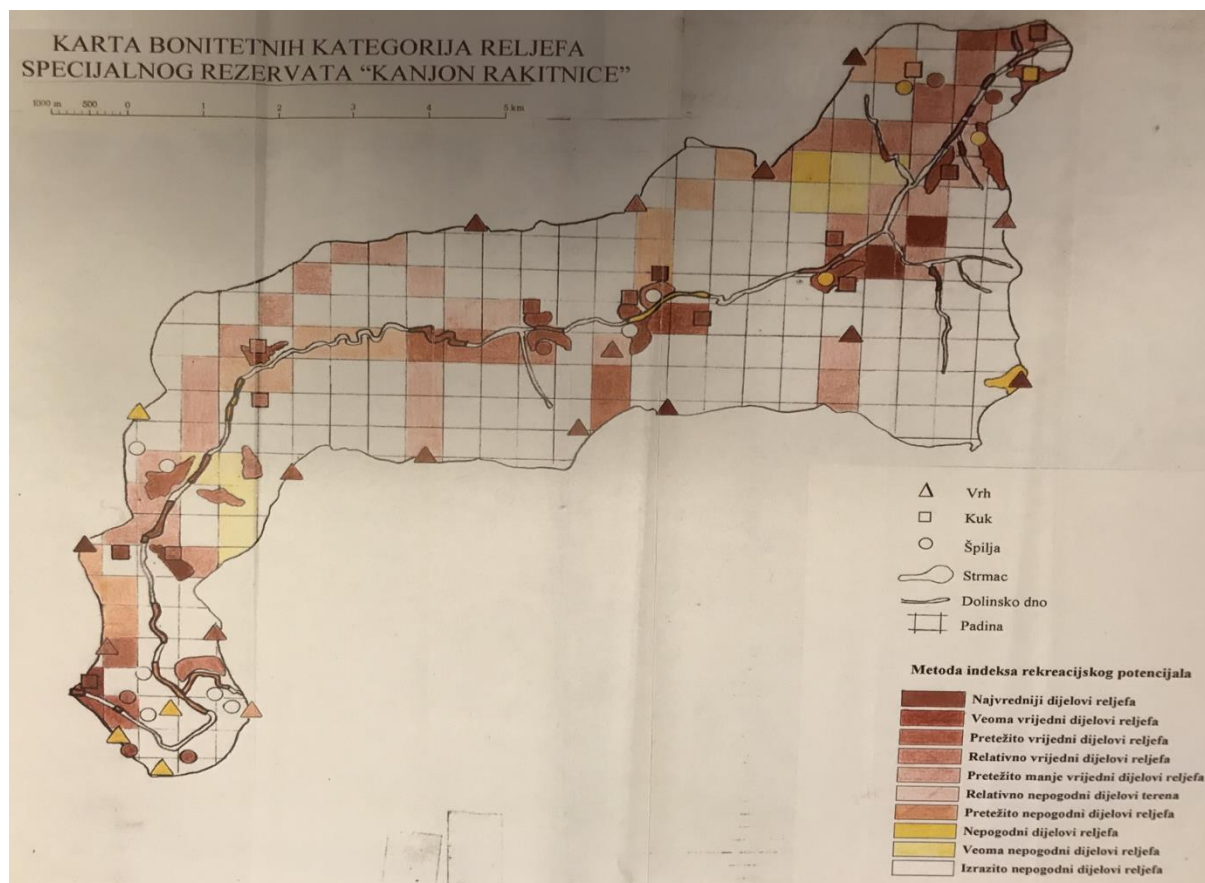
VI – vrlo teško: stijena glatka, vertikalna i prevjesna, oprimaka jako malo a razvedenost stijene premala za korištenje tehničkih pomagala. (Preuzeto iz Zlatko Smerke, 1989.)

4. Lošnja ***	100	5	-5	0	-15	-15	85	8
5. Vadotina	100	10	-5	-9	-30	-34	66	6
6. Hum ***	100	15	-5	0	-30	-20	80	7
7. Kukrikov kuk ***	100	10	-5	0	-15	-10	90	8
8. Kuk u Handrapima ***	100	15	-5	0	-15	-5	95	9
9. Kuk u Tonjici	100	10	-5	0	-15	-10	90	8
10. Kuk pod Gracima	100	0	-5	0	-15	-20	80	7
11. Kukovi pod Stigovcem	100	5	-5	0	-15	-15	85	8
12. Orahovice	100	15	-30	0	-5	-20	80	7
13. Stržen ***	100	5	-5	0	-30	-30	70	6
14. Badanj ***	100	5	-5	0	-30	-30	70	6
15. Vodena greda	100	5	-5	0	-5	-5	95	9
16. Crnobor iz kanjona ***	100	15	-30	0	-5	-20	80	7

* Vrh Vito (1956 m n/v), najviša točka perspektivnog rezervata "Kanjon Rakitnice" je, u zimskim mjesecima, izuzetno pogodan za zimski alpinizam odnosno penjanje u zaleđenim strmcima nagiba 55°- 65°. Pod mobilnošću ovog strmca se podrazumijevaju snježne lavine.

** Izuzetno disecirane stijene u kanjonu kao npr. Veljače i Veliko Drijenje nisu navedene jer svojim oblikom i kombinacijom stjenovitih strmaca sa zaravnjenim travnim površinama nisu pogodne za alpinizam ni za sportsko penjanje.

*** Mnogi strmci u kanjonu Rakitnice - veoma atraktivni i privlačni za alpiniste i sportske penjače nemaju označene i uređene staze do svojih podnožja. No uzevši pri ovom vrednovanju fizičku pripremljenost alpinista korektivna značajka udaljenosti je umnogome ublažena i to na temelju iskustva i slobodne procjene autora ovoga rada.



Slika br. 5. Karta bonitetnih kategorija reljefa kanjona Rakitnice

5. Zaljučak

Kanjon Rakitnice predstavlja kompozitnu, poligenetsku i polimorfnu – kompozitnu dolinu s dominantnim destruktivnim erozijskim procesima. Na temelju analiziranih geomorfoloških značajki istraživanog područja izvršeno je geokološko vrednovanje reljefa metodom index-a rekreacijskog potencijala.

Provedenim geokološkim vrednovanjem reljefa istraživanog područja metodom index-a rekreacijskog potencijala najvredniju devetu i osmu kategoriju imaju analizirani dostupniji reljefni oblici. Najizrazitije koncentracije oblika najvišeg stupnja vrijednosti se nalaze na graničnim područjima analizirane doline (vrhovi) ili pri samom završetku donjeg sektora doline (terase nedaleko od ušća Rakitnice). U gornjem i dijelu centralnog sektora doline uočljiva je njihova koncentracija na lijevoj i desnoj dolinskoj strani u zahvatu pješačke staze Bobovica – Bobovački brijeg – Mirak (predgorska stepenica) odnosno Umoljani – Lukomir. Slične odlike pokazuje reljef na početku donjeg sektora doline u blizini sela Dubočani i Prebilje (Vidjeti slike 2 i 5.).

Kanjonski tjesnaci (posebice treći, peti i šesti) su atraktivni za rekreativno-sportske aktivnosti kanjonstva i alpinizma a na temelju prijedloga geokološkog planiranja spadaju u strogo zaštićenu zonu.

Više hipsometrijske položaje, vrhove i fluvidenudacijske podove u gornjem i centralnom sektoru doline te riječne terase oko ušća Rakitnice trebalo bi otvoriti široj turističkoj valorizaciji.

Geoekološkom evaluacijom je ustanovljeno da ova impozantna kanjonska dolina zaslužuje visok stupanj zaštite u formi Geomorfološkog rezervata s brojnim geomorfološko-hidrološkim spomenicima unutar perspektivnog Nacionalnog parka: “Bjelašnica – Igman”.

Smatramo da bi rješenje odnosno optimalan odnos između navedenih rekreativno-sportskih aktivnosti i stroge zaštite mogao iznaći interdisciplinarni tim stručnjaka uz korištenje iskustava u drugim zaštićenim područjima svijeta.

Dakle, ovome osjetljivom pitanju iz domena geoekološkog planiranja odnosno prostornog planiranja treba prići interdisciplinarno uključivanjem šireg tima stručnjaka prirodnih znanosti u prvom redu i drugih eksperata koji učestvuju u planiranju i izradi prostorno-planerske razvojne dokumentacije vezane za zaštićena područja.

Reference

1. Bognar, A., (2010.): Geoekološko vrednovanje reljefa R. Hrvatske, Zbornik referata Geoekologija XXI vijeka – teorijski i aplikativni zadaci, Žabljak-Nikšić, 44-65.
2. Bognar, A., (1987): Reljef i geomorfološke osobine Jugoslavije, Veliki geografski atlas Jugoslavije, SNL, Zagreb;
3. Bušatlija, I., (1973.), Kanjon Rakitnice, 25. godina PD Bjelašnica., Sarajevo;
4. Buzjak, N., 2008: Geoekološko vrednovanje speleoloških pojava Žumberačke gore, Hrvatski geografski glasnik 70 (2),73-89.
5. Červanjev, I. G., (1979.), Strukturnij analiz reljefa, Avtoreferat doktorskoj disertaciji, Moskva;
6. Čičić, S., Mojićević, M., Papeš, J., (1984.), Geologija Bosne i Hercegovine, Knjiga II, Geoinženjering, Sarajevo;
7. Ed. B. L. Rhoads, C.E. Thom. Wiley, (1996.), The scientific nature of geomorphology – Electronic book;
8. Krajić, A. (2011) Geoecological evaluation of landscape of southwest Srem, Zaštita prirode, Scindeks.ceon.rs.
9. Lepirica A (2004): Geoekološke značajke kanjona Rakitnice i njegovo geoekološko vrednovanje, Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geografski odsjek, Zagreb.
10. Lepirica Alen (2005): Morphological and morphostructural characteristics of the Rakitnica Canyon Valley, Acta Carsologica Vol 34 No 2 , Ljubljana.
11. Lepirica A (2007): Geoekološke značajke doline gornjeg toka Une od Martin Broda do Pritoke, Hrvatski Geografski Glasnik 68/2.
12. Lepirica A (2013): Geomorfologija Bosne i Hercegovine, Sarajevo Publishing, Sarajevo;
13. Marković, M., (1983.), Osnovi primenjene geomorfologije, Beograd;
14. Miklós, L., (1994): Landscape ecological principles of the sustainable development, Roskilde University, Department of Geography and International Development Studies, Roskilde.
15. Piha, B., (1973.), Prostorno planiranje, Beograd;
16. Riđanović, J., (1993.), Hidrogeografija, II. (izmijenjeno i dopunjeno) izdanje. 215 str., Školska knjiga, Zagreb;

17. Saletto Janković, M., (1997): Geokološke značajke Nacionalnog parka „Paklenica“, Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geografski odsjek, Zagreb.
18. Skupina autora, (1983.), Enciklopedija Jugoslavije, II tom, JLZ, Zagreb;
19. Smerke, Z., (1989.), Planinarstvo i alpinizam, PSH, Zagreb;
20. Tandarić, N., Buzjak, N., Bočić N., V. Dubovečak., (2018) Fizičkogeografska analiza i geokološko vrednovanje potencijalno zaštićenog područja - primjer doline Kupčine, Hrvatski Geografski Glasnik 80/1.

FILITI PLANINE GOLIJE – OBJEKTI GEONASLEDA

PHYLLITE ROCKS OF GOLIJIA – GEOHERITAGE OBJECTS

dr Ljiljana Grujičić-Tešić, dr Jovan Kovačević

dr Ljiljana Grujičić-Tešić, JP „Vodovod“ Ruma (ljiljana.grujicic.tesic@gmail.com),

dr Jovan Kovačević, Geološki zavod Srbije-Beograd (jovan.kovacevic@gzs.gov.rs)

Ključne reči: geonasleđe, geoobjekat, filiti

Key words: geoheritage, geosite, phyllite rocks

Sažetak:

Na području Golije konstatovane su pojave silifikovanih stena, filita. Ove stena su površinski otkrivene na lokalitetima Lisa (potok Klisura), Međurečje, Đonovo Polje, ispod Jankovog kamena. Velike naučne i obrazovne vrijednosti su, posebno za stratigrafiju, petrologiju, paleoekologiju i paleogeografiju. Jedan od ciljeva ovog rada je promocija geoobjekata sa izdancima filita koji su nepravедно zanemareni.

Apstrakt:

In the Golija region, research in the period after the Second world war revealed the appearance of silted rocks, the phyllite rocks. These rocks were superficially discovered at the locations of Lisa (the stream Klisura), Međurečje, Đonovo polje, below Jankov kamen. Great scientific and educational values are, especially for stratigraphy, paleoecology, petrology and paleogeography. One of the goals in this paper is the promotion of geosites with outlet of phyllite rocks that are unfairly ignored.

1. Uvod

Planina Golija je smeštena u JZ Srbiji. Ovo planinsko područje izduženo je u pravcu sever-jug dok glavni planinski masiv ima oblik latiničnog slova S u dužini od 33 kilometra. Golija je 2001. god. Uredbom Vlade Republike Srbije (“Službeni glasnik RS” br. 45/01) svrstana u prvu kategoriju zaštite kao prirodno dobro od izuzetnog značaja, Park prirode “Golija”(75183 ha).

2. Geološke karakteristike predmetnog područja

U proteklom periodu, na kompleksu geotopa Golije istražena su geološka svojstva stena (tip stene, starost, fosilni sadržaj, morfološke i hidrogeološke karakteristike itd.) (Dimitrijević & Dimitrijević, 1973; Zeremski, 1983; Robertson & Karamata, 1994; Ćirić, 1996; Komatina i Mijović, 1998; Dimitrijević, 2001; Karamata, S. i Mijović, D., 2005; Kovačević i dr., 2010; Nikolić, 2014; Grujičić-Tešić i dr., 2016;) na osnovu čega je bilo omogućeno sistematsko i kompleksno rangiranje objekata u smislu geonasleđa.

Geoobjekat “Izdanci filita, Međurečje kod Ivanjice, Golija” prepoznat je od strane stručne javnosti i uvršten u Inventar geonasleđa Srbije. Za objekte geonasleđa predloženo je 7 potencijalnih objekata među kojima je i geoobjekat “Izdanci filita, Đonovo Polje, Golija” (Grujičić-Tešić, 2017).

Golija, koja obiluje brojnim geološkim, geomorfološkim i pedološkim lokacijama, pripada Dinarskom geotektonskom pojasu.

Sa geološkog gledišta Dinaridi su zastupljeni Drinsko-ivanjičkim elementom izgrađenom od paleozojskih sedimenata, karbonatne platforme trijasa, ofijolitskog pojasa i gornjokrednih plitkovodnih sedimenata (Đurović i Mijović, 2006).

Paleozojska serija leži u unutrašnjim Dinaridima, uz granicu prema Vardarskoj zoni. Najvećim delom je izgrađena od metamorfisanih kvarc-sericitskih peščara i argilošista, zatim filita, retko mermerisanih krečnjaka i metamorfisanih kvarcnih breča i zelenih škriljaca.

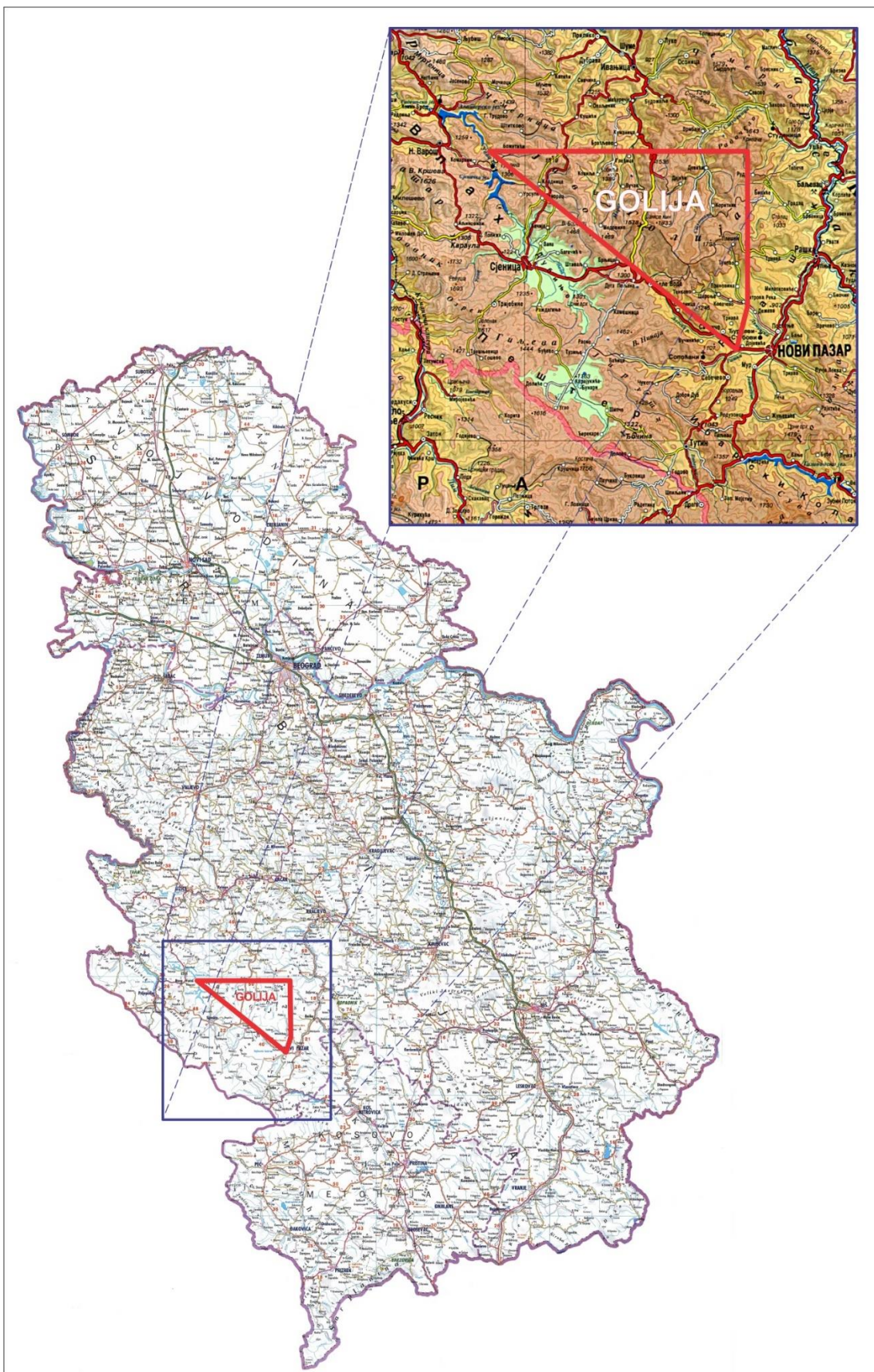
Peščari, filiti i argilošisti su najzastupljenije stene u karbonskoj seriji na predmetnom području. Filiti su lepidoblastične strukture, sive do sivo-smeđe boje, imaju veliku rasprostranjenost. Nastali su metamorfozom glinovitih i alevrolitskih sedimenata, bogatih organskom materijom (Brković i dr., 1977).

Stene mezozoika Golije predstavljene su donjotrijaskim klastitima i srednjotrijaskim karbonatima.

Preko oboda golijskog paleozoika najčešće leže gornjokredni sprudni krečnjaci i flišni sedimenti.

Tercijar se karakteriše slatkovodnim naslagama i magmatskim stenama. Tokom tercijara došlo je do stvaranja depresija u kojima su formirani jezerski baseni. Tada su svi procesi bili praćeni vulkanskom aktivnošću.

U složenom magmatskom kompleksu centralnog dela Golije konstatovane su intruzivne (granitoidne) stene otkrivene u izvorištu Golijske reke, dok su po obodu plutona raspoređeni tercijarni vulkaniti sa stenama dacito-andezitskog sastava (kvarclatiti i piroklastiti) (Kovačević i dr., 2010).



Slika 1. Geografska skica Golije
Figure 1. Geographical map of Golija

3. Upotrebna vrednost filita

Golija je bogata mineralnim sirovinama o čemu svedoče nazivi golijskih sela (Ugljari, Sasi, Samokov...) koju ukazuju na rudno bogatstvo kao i tragovi rudarenja (Nikolić, 2014).

Od ležišta nemetalčnih mineralnih sirovina važno je pomenuti nalazašta filita-arhitektonsko-građevinskog kamena. Od filitičnih škriljaca sa ovog dela terena pravljene su krovovi mnogih seoskih kuća Golije (Slika 2).

Jedinstvena vrsta kućnog krova od kamenih ploča predstavljaju delove folklorne arhitekture Srbije i ukazuje na upotrebnu vrednost i značaj filita kao građevinskog kamena. Krovne strane kuća su strme i visoke zbog jakih planinskih vetrova koji ne retko duvaju velikom brzinom kao i za lakše spadanje snežnih naslaga sa kamenih ploča pričvršćenih ekserima za drvenu krovnu konstrukciju.



Slika 2. Krovni škriljci Golije
Figure 2. Roof slate of Golija

4. Postojeći objekat geonasleđa

4.1. Izdanci filita, Međurečje kod Ivanjice, Golija (objekat petrološkog geonasleđa-metamorfna stena)

Međurečje, kao što i samo ime kaže, smešteno je između dveju reka, Moravice i Nošnice na 884 m n.v. u okviru Parka prirode „Golija“. Do lokaliteta se može doći asfaltnim putem koji spaja Ivanjicu sa vrhom Golije.

Profil sa filitima (Slika 3) je otkriven na desetom kilometru od Ivanjice.

Filiti su sa jako izraženom folijacijom centimetarskih debljina. U okviru stenske mase filita javljaju se eksudati (žice) hidrokvarcita. Žice su različito orjentisane, većinom paralelne folijaciji.

Na kontaktu sa kvarcnom žicama filitni škriljci su najvećim delom grafitični.

Tektonika je odigrala veliki uticaj na sadašnji izgled filita, pa se javljaju međuslojni nabori.



Slika 3. Lokalitet Međurečje, koordinate 7440078; 4813098

Figure 3. Međurečje locality, coordinates 7440078; 4813098

Lokalitet se ističe svojim petrografskim karakteristikama i može se koristiti kao poligon za izvođenje nastave studenata geologije.

5. Potencijalni objekat geonasleđa

5.1. Izdanci filita, Đonovo Polje, Golija

(objekat petrološkog geonasleđa-metamorfna stena)

Reprezentativnost: Reprezentativan primerak karbonskih metamornih stena, slični primer je poznat u Međurečju kod Ivanjice kao i u drugim delovima Srbije.

Saobraćajna infrastruktura: Profil Đonovo Polje nalazi se na lokalnom putu Ivanjica-Golija. Blizina ugostiteljskih objekata za smeštaj i ishranu: U neposrednoj blizini se nalazi turistički kompleks Bele Vode i Odvraćenica.

Kulturno-istorijske znamenitosti u okruženju: Rimski most; Manastir Kovilje; Manastir Gradac; Sezonska naselja-katuni.

Prirodne znamenitosti u okruženju: Geolokaliteti-Golijaska Reka-magmatsko telo (nek); Izdanci filita-Međurečje kod Ivanjice; Cirk Jankov kamen; Dajičko jezero; Svilanovo-gornjokredni sprudni krečnjaci; Kulizino selo-gornjokredni sprudni krečnjaci; Mnoštvo izvora pijaće vode.

Stepen ugroženosti: Može ga oštetiti antropogeni faktor.

Stepen zaštite: Nazaštićen. Smešten u okviru zaštićenog područja, Park prirode „Golija“.

Opis: Profil je otkriven otkopavanjem puta Odvraćeica-Ivanjica, u blizini sela Đonovo Polje (Slika 4A,B). Filiti su škriljave teksture sa jako izraženom folijacijom centimetarskih debljina (Slika 4C,D).



*Slika 4. Lokalitet Đonovo Polje, koordinate 7441771; 4798853:
A, B-geološki profil sa filitima pored puta; C-filiti, škriljava tekstura;
D-organske primese u filitima;*

Figure 4. Đonovo Polje locality, coordinates 7441771; 4798853:

A, B-geological profile with phyllite rocks beside the road; C- phyllite rocks, slate texture; D-organic primers in the phyllite rocks

6. Zaključak

Objekti geonaleda Golije imaju potencijal da postanu atraktivne tačke geoturističkih destinacija. Ovaj prostor nije turistički uobličen, jer razvijene grane turizma nisu međusobno povezane, i ako svojim prirodnim, kulturološkim, tradicionalnim, estetskim vrednostima, pruža mogućnost za sportsko-rekreativne aktivnosti, izletnički i ekskurzioni turizam, manifestacioni turizam, verski turizam i sl.

Objekti geonasleđa Golije sa izdancima filita su višestruko značajni ali su istovremeno zanemareni i nepoznati javnosti.

Golija predstavlja područje sa izuzetnim prirodnim retkostima koji se mogu sačuvati uz sprovođenje mera zaštite kao savremenog koncepta zaštite prirode i ako ga zanemarimo, uništimo, više ga nikada ne možemo vratiti u prvobitno stanje.

Najefikasniji način zaštite objekata geo-baštine je podizanje svesti o njihovom naučnom, obrazovnom, estetskom i turističkom značaju, kao i primena “pametne” eksploatacije. Ovaj rad pokazuje da objekti geonasleđa sa izdancima filita planine Golji zaslužuju takav tretman.

Literatura

1. Brković, T., Malešević, M., Urošević, M., Trifunović, S., Radovanović, Z., Dimitrijević, M., Dimitrijević, N. (1977): Osnovna geološka karta SFRJ 1: 100000. Tumač za list Ivanjca K34 - 17 - Savezni geološki zavod. Beograd.
2. Ćirić, B. (1996): Geologija Srbije (Geology of Serbia – in Serbian)–Geokarta. Beograd. 273 p.
3. Dimitrijević, M.N. & Dimitrijević, M.D. (1973): Olistostrome mélange in the Yugoslavian Dinarides and late Mesozoic plate tectonics.– J. Geol., 81/3, 328–340.
4. Dimitrijević, M.D. (2001): Dinarides and the Vardar Zone: a short review of the geology.– Acta Vulcanol., 13, 1–8.
5. Đurović, P. & Mijović, D. (2006): Geonasleđe Srbije – reprezent njenog ukupnog geodiverziteta (Geoheritage of Serbia-Representative of its Total Geodiversity – in Serbian).– Zbornik Radova Geografskog Fakulteta u Beogradu. 54, 5–18.
6. Grujičić - Tešić, Lj., Rabrenović, D., Kovačević, J., Gerzina, N. & Đerić, N. (2016): Upper Cretaceous geosites on Golija mountain - objects of geoheritage. Geologia Croatica. 69, 3, pp. 337 – 345.
7. Grujičić - Tešić, Lj., (2017): Geonasleđe Golije i Peštera. Doktorska teza. Univerzitet u Beogradu, Rudarsko - geološki fakultet. Beograd. 179: 38-41.
8. Karamata, S. i Mijović, D. (2005): Inventar objekata geonasleđa Srbije - u: Mijović, D. (ed.): II naučni skup o geonasleđu. Zavod za zaštitu prirode Srbije. Posebno izdanje. 20, str.1 - 36.
9. Kovačević, J., Nikić, Z. i Kovačević, S. (2010): Geološke karakteristike strukture Višegrad – Peć. Zbornik radova 15. Konresa geologije sa međunarodnim učešćem. Beograd. str.103 - 106.
10. Nikolić, S. (2014): Golija. Ekološko turistička studija sa programskom osnovom. Naučna monografija. Beograd: 175.
11. Robertson, A.H.F. & Karamata, S. (1994): The role of subduction-accretion processes in the tectonic evolution of the Mesozoic Tethys in Serbia.– Tectonophysics. 234, 73–94.
12. Zeremski, M. (1983): Tragovi neotektonskih procesa u reljefu zapadne Srbije. Posebno izdanje Geografskog institute “Jovan Cvijić” SANU. Beograd: 33.

HRVATSKA GEOLOŠKA BAŠTINA VEZANA UZ POVIJESNO RUDARENJE

CROATIAN GEOLOGICAL HERITAGE RELATED TO HISTORICAL MINING

Prof. dr.sc. Marta Mileusnić, Doc. dr. sc. Ana Maričić, Dr. sc. Michaela Hruškova Hasan

Prof. dr.sc. Marta Mileusnić, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Pierottijeva 6, HR-10000 Zagreb, Hrvatska, marta.mileusnic@rgn.hr

Doc. dr. sc. Ana Maričić

Dr. sc. Michaela Hruškova Hasan

Ključne riječi: geološka baština, rudarska baština, rudarstvo, mineralne sirovine, kamenarstvo, prirodni kamen

Keywords: geological heritage, mine heritage, mining, raw materials, quarrying, natural stone

Apstrakt

Geološka baština (ili „geobaština“) obuhvaća prirodne geološke ili geomorfološke značajke koje posjeduju estetsku, intrinzičnu, znanstvenu i obrazovnu vrijednost te pružaju jedinstven uvid u geološke procese koji utječu na formiranje ili evoluciju Zemlje. Često samo ljudskim djelovanjem te značajke dolaze na vidjelo. U tom slučaju možemo istodobno govoriti o prirodnoj (geološkoj), kao i o kulturnoj (povijesnoj, industrijskoj, rudarskoj) baštini, odnosno nasljeđu. Geo-baština se može podijeliti na „in situ“ (npr. izdanak određene stijene) i „ex situ“ (npr. zbirke minerala).

U Hrvatskoj su isključivo zbog vrijedne geobaštine zaštićena 53 lokaliteta i to u kategorijama posebnog rezervata (paleontološkog i geografsko-botaničkog) i spomenika prirode (geološkog, paleontološkog, geološko-paleontološkog, geomorfološkog, geološko-geografskog i hidrološkog). Osim toga postoji i jedan slučaj u kategoriji zaštićenog minerala. Geobaština se nalazi i unutar većih zaštićenih područja kao što su strogi rezervati (npr. Hajdučki i Rožanski kukovi), nacionalni parkovi (npr. Paklenica), parkovi prirode (npr. Papuk koji je ujedno i geopark), regionalni parkovi (npr. Moslavačka gora) i značajni krajobrazi (npr. Baraćeve špilje).

Eksploatacija geoloških resursa odigrala je važnu ulogu u razvoju čovječanstva od prapovijesti do danas. Stoga povijesne rudarske lokacije predstavljaju vrijednu industrijsku, kulturnu i znanstvenu baštinu za Hrvatsku koja ima dugu rudarsku tradiciju. Osim toga, mnogi površinski i podzemni izdanci stvoreni rudarenjem, kao i „ex situ“ zbirke minerala, stijena ili fosila pronađenih na tim mjestima, predstavljaju vrijednu geološku baštinu.

U Hrvatskoj je kamen najvažniji resurs koji se iskorištava kroz povijest, s mnogo napuštenih kamenoloma koji bi potencijalno mogli predstavljati geološku baštinu. Među njima su samo dva zaštićena kao geološki spomenici prirode. Rupnica kod Voćina prvi je geološki spomenik u Hrvatskoj, a zaštićen je zbog stupastog lučenja albitnog riolita. Kamenolom Fantazija kod Rovinja jedinstven je primjer sedimentologije karbonatnih stijena. Iako u Hrvatskoj danas nema potencijalnih rudnih ležišta, u prošlosti je proizvodnja metala bila značajna. Iako nisu zaštićena kao geološka baština, dva su mjesta revitalizirana za potrebe geoturizma (rudnik bakra Rude i rudnik srebra Zrinski). Postoji i nekoliko važnih povijesnih nalazišta nemetalnih minerala. Nažalost, do sada nijedno nije dostupno široj zajednici. Međutim, Muzej Radboa je dobar primjer kako se takva nalazišta i rudarska tehnologija (rudnik sumpora i radobojski stroj) mogu predstaviti javnosti. Ugljen i bitumen su također rudareni u Hrvatskoj. Rudarska tradicija vezana uz ugljenokope očuvana je u obliku nematerijalne baštine (npr. Rudarska četa u Ivancu).

Na temelju gore navedenog, postoji dovoljno prostora za rad na promociji geološke baštine vezane uz rudarstvo u Hrvatskoj. Očuvanje geološke baštine u kontekstu rudarskog naslijeđa od temeljne je važnosti za promicanje odgovarajuće zaštite, valorizacije i mogućeg budućeg korištenja kao geoturističkih lokaliteta. Stoga je tekući europski projekt cjeloživotnog učenja „MineHeritage: Historical Mining – Tracing and Learning from Ancient Materials and Mining Technology“ dobra osnova za dugoročno planiranje geokonzervacije. Cilj ovog projekta je podizanje svijesti društva o upotrebi i potrebi za sirovinama. Budući da je projekt u svojoj početnoj fazi, osim očekivanih rezultata, bit će predstavljeni unosi za europsku bazu podataka o starim rudarskim mjestima, napuštenim rudnicima, i klasificiranoj baštini vezanoj uz povijesno rudarstvo Hrvatske.

Zahvala

Ovaj sažetak rezultat je rada na projektu “MineHeritage: Historical Mining – Tracing and Learning from Ancient Materials and Mining Technology” koji je financiran od Europskog instituta za inovacije i tehnologiju (EIT), tijela Europske Unije, pod programom Obzor 2020, Okvirnog programa EU za istraživanja i inovacije.

Reference:

1. Laszowski, E. (1942): Rudarstvo u Hrvatskoj, Izdanje Nakladnog odjela Hrvatske državne tiskare, Zagreb
2. Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, Uprava za zaštitu prirode (2017): Upisnik zaštićenih područja
3. Zwicker, G., Žeger Pleše &, I. Zupan, I. (2008): Zaštićena geobaština Republike Hrvatske, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb

Abstract

The geological heritage (or ‘geo-heritage’) encompasses natural geological or geomorphological features possessing aesthetic, intrinsic, scientific and educational value, that provide unique insight into geological processes affecting the formation or evolution of the Earth. Often, only by human activity, these features come to light. In that case, we can talk at the same time of natural (geological), as well as cultural (historical, industrial, mine) heritage. Geo-heritage can be divided to “in situ” (e.g. outcrop of a specific rock) and “ex situ” (e.g. mineral collection).

In Croatia, 53 localities are protected exclusively due to their geological value. Those localities have different level of protection, special reserves (paleontological and geographic-botanical) and nature monuments (geological, paleontological, geological-paleontological, geomorphological, geological-geographic and hydrological). In addition, there is one case of protected minerals. Geo-heritage in Croatia is located within the larger protected areas such as strict reserves (e.g. Hajdučki i Rožanski kukovi), national parks (e.g. Paklenica), nature parks (e.g. Papuk which is also Geopark), regional parks (e.g. Moslavačka gora) and significant landscapes (e.g. Barać caves etc.).

Exploitation of geological resources has played an important role in the development of mankind since prehistory until the present days. Hence, historical mining sites represent valuable industrial, cultural and scientific heritage for Croatia which has a long mining tradition. In addition, many surface and underground outcrops that were opened by quarrying

and mining, as well as ex situ collections of minerals, rocks or fossils found at such sites, represent valuable geological heritage.

In Croatia, stone material has been the most important resource exploited throughout history, with many abandoned quarries that could potentially represent geological heritage sites. Among them, only two are already protected as geological monuments of nature, Rupnica near Voćin where columnar albite rhyolite became the first protected geological site in Croatia and quarry Fantazija near Rovinj as unique example of carbonate sedimentology. Although, in Croatia nowadays there is no potential ore deposits, there were times in the past when metal production was significant. Although not protected as geological heritage, two sites are revitalised for geotourism (copper mine Rude and silver mine Zrinski). There are also several important historical mining sites of non-metallic minerals. Unfortunately, so far, none of them are accessible to wider society. However, Radboa museum is good example how such sites and mining technology (sulphur mine and Radboj machine) could be presented to public. Coal and bitumen were mined in Croatia as well. Mining tradition at some coal mining places is preserved in the form of non-material heritage (e.g. Rudarska četa in Ivanec).

Based on the above, there is plenty of room for work on the promotion of geological heritage related to mining in Croatia. Preservation of geological heritage within the mining heritage context is fundamental to promote proper protection, valorisation and possible future utilization as geotouristic sites. Hence, running European wider society learning project “MineHeritage: Historical Mining – Tracing and Learning from Ancient Materials and Mining Technology” is a good basis for longer-term planning of geoconservation. The aim of this project is to raise society’s awareness of usage and need for raw materials. Since the project is in its initial phase, beside expected outcomes, entries for the European database on ancient mining sites, abandoned mines, classified heritage sites related to historical mining in Croatia will be presented.

Acknowledgment

This contribution is supported by the project “MineHeritage: Historical Mining – Tracing and Learning from Ancient Materials and Mining Technology” funded by the European Institute of Innovation and Technology (EIT), a body of European Union, under the Horizon 2020, the EU Framework Programme for Research and Innovation.

References:

1. Laszowski, E. (1942): Rudarstvo u Hrvatskoj, Izdanje Nakladnog odjela Hrvatske državne tiskare, Zagreb
2. Ministarstvo zaštite okoliša i energetike, Uprava za zaštitu prirode (2017): Upisnik zaštićenih područja
3. Zwicker, G., Žeger Pleše & I. Zupan, I. (2008): Zaštićena geobaština Republike Hrvatske, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb

DIVERZITET KARSTNIH POJAVA

DIVERSITY OF KARST PHENOMENA

Milorad Kličković

Zavod za zaštitu prirode Srbije, Dr Ivana Ribara 91, Novi Beograd; milorad.klickovic@zzps.rs

Ključne reči: diverzitet karstnih pojava, geodiverzitet, karst, diverzitet karsta, karstne pojave.

Keywords: diversity of karst phenomena, geodiversity, karst, karst diversity, karst phenomena.

Uvod

Karst kao geomorfološki, geološki, na kraju i multidisciplinarni fenomen nije se do sada značajnije tretirao sa aspekta geodiverziteta i geonasleđa, bar ne na ovim prostorima.

U radu „Diverzitet karsta“ (Kličković M., 2018) sabrane su i date opšte pojmovne postavke geodiverziteta u karstu, njegove osnovne odlike i pojmovna veza sa drugim diverzitetima – biodiverzitetom i predeonim diverzitetom. Definicija geodiverziteta može se isvesti analogijom iz ranije nastalog pojma biodiverziteta Stevanović & Vasić (1995), kao „*Geodiverzitet je sveobuhvatnost nežive prirode*“ ili „*Geodiverzitet je sveukupna varijabilnost pojava i procesa nežive prirode na Zemlji*“ (Kličković M., 2018).

Cilj ovog teksta je da se napravi usmereni osvrt na raznovrsnost karstnih pojava.

Moglo bi se reći da je diverzitet karstnih pojava sveukupna raznovrsnost pojava (reljefnih oblika) nastalih dejstvom karstnog procesa i njegovog sadejstva sa drugim geološkim procesima tokom geološke istorije do danas.

Diverzitet u karstu

Diverzitet u karstu može se posmatrati u dve ravni (Kličković M., 2018):

1. Diverzitet pojava i
2. Diverzitet procesa.

Diverzitet karstnih pojava

Može se izdvojiti šest kategorija karstnih pojava, odnosno oblika (Kličković M., 2018):

1. Površinski oblici
2. Podzemni oblici
3. Hidrogeološki aktivni oblici
4. Fluviokarstni oblici
5. Reliktni oblici
6. Pećinski nakit

Površinski oblici su oblici reljefa nastali dejstvom karstnog procesa na površini zemljine kore.

Prema dimezijama posmatranja mogu se izdvojiti dve grupe:

- a) mikro oblici obuhvataju škrape (sa čebeljima), kamenice, i
- b) makro oblici obuhvataju veći broj grupa pojava od lokalnih do regionalnih, a to su: vrtače, uvale i karstna polja.

Već na ovom početnom stadijumu pobrojavanja i razvrstavanja uočljiva je raznovrsnost, odnosno diverzitet. Pored toga izražena je raznovrsnost pojavljivanja svakog od oblika ponaosob.

Škrape su olučasta udubljenja, kanalići, na površini stenske mase. Imaju visok diverzitet pojavljivanja u pogledu i oblika i demenzija. Mogu se javljati kao pojedinačne, paralelne i mrežaste. A u pogledu dimenzija mogu biti od jedva naglašenih, veličine prsta (centimetarskih dimenzija), do takvih u koje može da stane čovek, širine nekoliko decimetara do metra i dubine 1 – 2 m, kao na primer na Subri.

Vrtače imaju veliku raznovrsnost oblika. Prema obliku preseka, odnosno prema odnosu prečnika i dubine, mogu biti: tanjiraste, levkaste i bunaraste (3), a u planu okrugle, elipsaste, izdužene, bubrežaste, krstaste i nepravilne (6); i veoma veliki diverzitet kombinacija napred navedenih oblika u planu i preseku. Zatim mogu biti jednostruke, dvogube, trogube (3). Mogu se javljati u jednom ili više paralelnih ili ukrštenih nizova.

Uvale su takođe makrooblici u vidu depresija, po pravilu nešto većih dimenzija i složene geneze (Ćalić J., 2015). Mogu biti u različitom rasponu dimenzija od reda srednjih i većih vrtača do reda manjih karstnih polja. Takođe i različitih oblika od čega su najčeće koncentrične i izdužene. U preseku su uglavnom asimetrične. Često su praćene vrtačama ili ostacima vrtača po dnu. Često ih prate podzemni oblici (pećine i jame) i hidrološke i druge pojave, uglavnom po obodu.

Karstna polja su posebno interesantan makro oblik koji ima regionalne razmere. Genetski nisu vezani isključivo za karstni proces, već su uglavnom tektonski predisponirana. Mogu biti suva, povremeno plavljena i stalno plavljena (jezera) (3). Karstna polja po obodu prate podzemni oblici pećine i jame i hidrološki aktivne pojave, izvori (vrela), ponori i estavele. Tako se može reći da su karstna polja centri diverziteta karstnih pojava.

Podzemni oblici rezultat su dejstva karstnog procesa ispod površine zemlje. Upravo oni predstavljaju jednu od specifičnosti karsta i značajno doprinose ukupnom bogatstvu diverziteta karstnih pojava. To su kanali unutar stenske mase, različitog prostornog položaja i dimenzija. Pretežno horizontalni su pećine, pretežno vertikalni su jame. Pored toga postoje i šupljine u stenskoj masi koje su fizički nedostupne spolja – kaverne. Iako je brojnost podzemnih oblika manja u odnosu na površinske, pećine i jame su vrlo raznovrsne po obliku, prostornom položaju, razgranatosti i dimenzijama. Pećine mogu biti od prostih, vijugavih, nagnutih, kaskadnih, etažnih do pećinskih sistema sa dva ili više ulaza. Jame mogu biti: proste, zvekare, snežnice, ledenice, kaskadne i jamski sistemi. I ovde su moguće kombinacije više tipova, npr. vijugava nagnuta pećina sa kaskadama i dva ili više ulaza.

Hidrogeološki aktivni oblici su morfološki oblici karsta sa aktivnom hidrogeološkom funkcijom. To su pre svega izvori (ili u karstu često nazvani vrela) i ponori, zatim estavele koje u zavisnosti od hidrogeološkog režima mogu da vrše obe funkcije, ponora i izvora (3). Takođe postoje i specifični tipovi izvora u karstu – vrulje i intermitentni izvori (2).

Fluviokarstni oblici nastaju u sadejstvu fluvijalnog procesa sa karstnim. Najjednostavniji primer, kada površinski tok (fluvijalni proces) prelazi preko rastvorljive, karbonatne podloge. U ovom sadejstvu formiraju se specifični i atraktivni oblici rečne doline, klisure i kanjioni (2) sa mogućim lokalnim pojavama tesnaca i suteski (2).

Reliktни (fosilni) oblici su nastali u geološkoj prošlosti. Sada nisu aktivni. Najpoznatiji su suve doline, slepe doline, viseće doline(3). Zatim su tu suve, neaktivene pećine, fosilizovan (neaktivan) pećinski nakit i dr.

Pećinski nakit je naziv koji objedinjuje veliki broj oblika nastalih hemijskom akumulacijom. Pećinski nakit je izuzetno raznovrstan kako u oblicima tako i u dimenzijama, počevši od jednostavnih manjih fenomena do masivnih ambijentalnih celina. To su stalaktiti, stalagmiti, stalagnjati (stubovi), helaktiti, salivi, draperije, korali, pizoliti, bigrene kade (9) i mnogi drugi. Za deo formi, kao i za brojne kombinacije navedenih i ne postoje posebni nazivi. I danas se otkrivaju i istraživače zadivljuju pojave novih formi.

Crvenica (ili *terra rossa*) je pedološki oblik karsta. Nastaje kao rastesiti ostatak materijala nerastvorenog u procesu hemijske erozije. To je često jedina agrokulturna podloga u oblastima potpuno razvijeneog karsta – holokarst.

Zaključna razmatranja

Napred navedno pobrojavanje, poznatih oblika, bez ulaženja u druge detalje, može kod čitaoca da izazove osećaj zbunjenosti i konfuzije, ali upravo to ukazuje na veoma veliku raznovrsnost – diverzitet karstnih pojava, naročito kada se ona obrađuje na malom prostoru kakav je ovaj tekst.

Cilj ovog razmatranja geološkog diverziteta u karstu trebalo bi da bude uvod i podloga ka sledećem koraku, izdvajanju pojava pojedinih oblika kao objekata geonasleđa i kategorisanja njihovog značaja po pojedinim aspektima i potrebe za njihovom zaštitom.

Karstne pojave mogu se javiti od sasvim tipičnih do krajnje atipičnih. Tipični karstni oblici imaju karakteristiku pojaljivanja u velikoj brojnosti na određenom prostoru. U bilo kom slučaju karstne pojave, skoro obavezno, prati vizuelna atraktivnost i snažan estetski doživljaj koji gotovo uvek zaustavljaju dah.

Izdvajanje pojava pojedinih oblika kao reprezentativnih objekata geonasleđa i njihovo kategorisanje u karstu veoma je težak posao zbog izuzetno velike raznovrsnosti kako tipičnih, tako i atipičnih oblika. Može se zaključiti da je izdvajanja lokaliteta i oblasti sa više istih ili različitih karstnih oblika, u većini slučajeva, smislenije nego izdvajanje pojedninačnih karstnih pojava.

Literatura

1. Ћалић Ј., 2015. Место карстне увале у систему површинских карстних депресија (1. део), Зборник радова одбора за крас и спелеологију, Одељење за математику, физику и геонауке, Књ. 5, САНУ, Посебна издања Књ. DCLXXIII, Београд, 49-62
2. Клиčković М., 2018. Diverzitet karsta, (prošireni apstrakt), XVII Kongres geologa Srbije, Vrnjačka Banja 17.-20.05.2018, Knjiga apstrakata 2, Vrnjačka Banja, 796-801
3. Stevanović, V. & Vasić, V., 1995. O biodiverzitetu, U: Stevanović, V. & Vasić, V., eds., 1995. Biodiverzitet Jugoslavije sa pregledom vrsta od međunarodnog značaja, Biološki fakultet i Ecolibri, Beograd, 562.

Introduction

Karst as geomorphological, geological, and finally, multidisciplinary phenomenon has not so far been significantly treated in terms of geodiversity and geoheritage, at least not in this region. The paper “Karst diversity” (Kličković M., 2018) summarizes and presents general principles of geodiversity in karst, its general characteristics and conceptual connection with other diversities – biodiversity and landscape diversity. The aim of this text is to create a focused review of the diversity of karst phenomena (feature).

It can be said that the diversity of karst phenomena is the overall diversity of occurrences (relief shapes) caused by the effects of the karst process and its cooperation with other geological processes during the geological history to date.

Diversity in karst

Diversity in the karst can be analyzed on two levels (Kličković M., 2018):

1. Diversity of phenomena and
2. Diversity of processes

Diversity of karst phenomena

Six categories of karst phenomena or forms can be distinguished (Kličković M., 2018):

1. Surface forms
2. Subterranean forms
3. Hydrogeologically active forms
4. Fluvial karst forms
5. Relict forms
6. Speleothems

Surface forms are forms of relief formed by the action of the karst process on the earth's surface. Two groups can be distinguished according to the dimensions of observation:

- a) micro forms include carens (with čebelji), kamenice (solution pans), and
- b) macro forms which include a number of groups of phenomena from local to regional, such as: sinkholes, uvalas and karst fields.

Already at this initial stage of classification, diversity is noticeable. In addition, the variety of occurrences of each form is distinct.

Carens are guttery recesses, canals, on the surface of stone mass. They are extremely diverse in terms of forms and dimensions. They can occur as single, parallel, and mesh. And in terms of dimensions, they can vary from barely pronounced, fingertip size (a few centimeter in dimensions), to human-sized ones, from few decimeters to one meter wide and 1 – 2 m deep, such as in Subra.

Sinkholes have a great variety of forms. Sinkholes can in cross section be in the shape of a plate, funnel or well (3); in plane section, they can be round, elliptic, elongated, kidney-shaped, cross-shaped or irregular (6); there is also a great diversity of combinations of the aforementioned forms in cross-section and in plane section. They can also be single, double or triple (3). They can occur in one or more parallel or cross strings.

Uvalas are also macro forms in the form of depressions, primarily of somewhat larger dimensions and complex genesis (Талић Ј., 2015). They may vary in dimension from medium

and large sinkholes to smaller karst fields. Also, different forms of which are most often concentric and elongated. In cross-section they are usually asymmetrical. Often they are accompanied by sinkholes or sinkhole residue at the bottom. They are often accompanied by subterranean forms (caves and pits) and hydrological and other phenomena, mainly along the periphery.

Karst fields are a particularly interesting macro form which has regional distribution. Genetically, they are not exclusively related to the karst process, but are mainly tectonically predisposed. Karst fields can be dry, periodically flooded or permanently flooded (lakes) (3). The karst fields along the periphery are accompanied by subterranean forms such as caves and pits and hydrologically active phenomena, springs (sources), sinks and estavelles. Thus it can be said that the karst fields are centers of diversity of karst phenomena.

Subterranean forms are the result of the effects of the karst process under the earth's surface. They represent one of the specificities of the karst and significantly contribute to the total richness of the diversity of karst phenomena. These are canals within the rock mass, different spatial position and dimensions. Horizontal ones are caves, vertical ones are pits. In addition, there are cavities in the rock mass that are physically inaccessible from the outside - caverns. Although the number of underground forms is smaller compared to the surface ones, caves and pits are very diverse in shape, spatial position, diversity and dimensions. Caves can range from simple, meandering, inclined, cascade, multilevel, to cave systems with two or more entrances. Pits can range from simple, shaft, snowshaft, iceshaft, cascade, to pit systems. Combination of multiple types can occur, such as meandering inclined cave with cascades and two or more entrances.

Hydrogeologically active forms are karst morphological forms with active hydrogeological function. These are primarily springs and sinks, then estavelles that, depending on the hydrogeological regime, can carry out both functions, the sinking and the discharging (3). There are also specific types of karst springs - vrulje and intermittent sources (2).

Fluvial karst forms form in the combination of fluvial and karst processes. The simplest example is when the surface flow (fluvial process) passes over a soluble, carbonate substrate. In this combination, specific and attractive forms of the river valley, gorges and canyons (2) are formed with possible local occurrences such as defiles and sutiske (2).

Relict (fossil) forms occurred in geological past. They are not currently active. The most famous ones are dry valleys, blind valleys, and hanging valleys (3). Then there are dry, inactive caves, fossilized (inactive) cave formations and others.

Speleothem is a common name for a large number of forms of chemical accumulation. Speleothems are characterized by a high diversity of both forms and dimensions, starting from the simpler smaller phenomena to the large ones. These are stalactites, stalagmites, stalactite pillars, helictites, draperies, corals, pisolites, tufa tubs (9), etc. Many others, as well as numerous combinations of the said forms are yet to be named. Even today, new breathtaking forms are being discovered.

Crvenica (or *terra rossa*) is a pedological karst form. It occurs as a clastic material residue undissolved in the process of chemical erosion. It is often the only agricultural substrate in the areas of a fully developed karst - holokarst.

Conclusion

The aforementioned classification of known forms without diverging into other details may confuse the reader, but precisely this points to its high diversity – diversity of karst phenomena, especially when they are analyzed in a limited scope such as in this paper.

The aim of this review of the geological diversity in karst should serve as an introduction and background for the next step, the separation of occurrences of individual forms as geoheritage sites and the categorization of their significance by individual aspects and the need for their protection.

Karst forms vary from quite typical to extremely atypical. Typical karst forms have a high occurrence rate in a given area. No matter the karst phenomena in question, they are always, almost mandatory, accompanied by visual appeal and a powerful aesthetic experience that almost always leave you breathless.

The identification of occurrences of individual forms as representative geoheritage forms and their categorization in karst is a very difficult task due to the extremely wide diversity of both typical and atypical forms. It can be concluded that the identification of sites and areas with a number of the same or different karst forms is, in most cases, more meaningful than the identification of individual karst phenomena.

METODOLOGIJA VREDNOVANJA I KATEGORIZACIJE OBJEKATA GEONASLEĐA PRIMENJENA NA PODRUČJU GOLIJJE I PEŠTERA

METHODOLOGY GEOSITE EVALUATION AND CATEGORIZATION APPLIED IN THE AREA OF GOLIIJA AND PEŠTER

**dr Ljiljana Grujičić, prof. dr Dragoman Rabrenović, dr Jovan Kovačević, prof. dr Nataša
Gerzina Spajić, prof. dr Nevenka Đerić**

dr Ljiljana Grujičić – Tešić, JP „Vodovod“ Ruma (ljiljana.grujicic.tesic@gmail.com), prof. dr Dragoman Rabrenović, Geološki zavod Srbije-Beograd (d.rabrenovic@gmail.com), dr Jovan Kovačević, Geološki zavod Srbije-Beograd (jovan.kovacevic@gzs.gov.rs), prof. dr Nataša Gerzina Spajić Rudarsko - geološki fakultet-Beograd, (natasa.gerzina@rgf.bg.ac.rs), prof. dr Nevenka Đerić, Rudarsko - geološki fakultet-Beograd (nevenka.djeric@rgf.bg.ac.rs)

Ključne reči: geonasleđe, geobjekat, vrednovanje, kategorizacija

Key words: geoheritage, geosite, evaluation, categorization

Sažetak:

Devedesetih godina XX veka u svetu započelo je vrednovanje geobjekata prema jedinstvenom konceptu pod nazivom GEOSITES (A Global Comparative Site Inventory) koje su pokrenule međunarodne organizacije IUGS, UNESCO i IGCP. U Evropi je formirana asocijacija PROGEO (European Association for the Conservation of Geological Heritage), koja je u početku okupljala zemlje zapadne Evrope, a kasnije celu Evropu. Radi procene vrednosti objekata geonasleđa razvijene su brojne kvantitativne metode. U ovom radu biće prikazana novopredložena metoda za valorizaciju i evaluaciju, primenjena na objektima geonasleđa Golije i Peštera.

Abstract:

Geosite assessment according to the unique concept named GEOSITES (A Global Comparative Site Inventory), initiated by the international organizations IUGS, UNESCO and IGCP, started during the last decade of the XX century. The association PROGEO (European Association for the Conservation of Geological Heritage) was established in Europe. In the beginning, it included only West-European countries, but it covered the whole Europe in time. Many quantitative methods have been developed to evaluate of geosites.

A new method for geoheritage assessment and evaluation, applied on geosites on Golija Mt. and Pešter highland is presented in this paper.

1. Uvod

Planina Golija i Pešterska visoravan smešteni su u JZ Srbiji. U geomorfološkom smislu predmetno područje je uglavnom brdovito-planinski i pripada oblasti starovlaško-raške visije, dinarskom planinskom vencu. Pešterska visoravan je okružena visokim planinama među kojima dominira Golija sa najvišim vrhom Jankov kamen, 1833 m n.v.

Ovaj prostor predstavlja mozaik objekata geološkog, geomorfološkog, speleološkog, hidrogeološkog, petrološkog nasleđa koji su lakše i teže dostupne čoveku, u velikom broju nedirnuti i očuvani. Tokom dugogodišnjeg istraživanja izdvojeni su i prikazani lokaliteti na kojima je geonasleđe na odgovarajući način evidentirano (Karamata & Mijović, 2005), ali i lokaliteti na kojima je potrebno raditi na promociji (Grujičić et al., 2016). Dosadašnjim sprovedenim istraživanjima izdvojeno je 26 objekata geonasleđa (postojećih i potencijalnih) na kojim je primenjena novopredložena metoda vrednovanja i kategorizacije (Grujičić-Tešić, 2017).

2. Osnovne karakteristike predmetnog područja

Planina Golije je 2001. god. Uredbom Vlade Republike Srbije ("Službeni glasnik RS" br. 45/01) svrstana u prvu kategoriju zaštite kao prirodno dobro od izuzetnog značaja, park prirode (75183 ha). Različiti, mnogobrojni šumski i travnati ekosistem, obilje vode na Goliji, obezbeđuju dobro stanišne uslove za razne vrste faune. Ornitofauna je bogato zastupljena, pa se područje Golije ubraja u među značajne evropske centre ornitološke raznovrsnosti. Za Goliju se može reći da je i centar reliktnih i endemičnih biljnih vrsta.

Pešterska visoravan u pogledu prirodnih vrednosti prevazilazi nacionalne okvire pa je njen deo, Peštersko polje, proglašeno za "Područje od međunarodnog značaja za očuvanje biljnog sveta (IPA – Important Plant Area); "Područje od međunarodnog značaja za očuvanje ptica" (IBA – Important Bird Area); „Odabrano područje dnevnih leptira Srbije" (PBA – Prime Butterfly Areas in Serbia) i „Područje vlažnih staništa od međunarodnog značaja" (Ramsar Convention – The Convention on Wetlands of International Importance), a područje reke Uvca, površine 7453 ha, proglašeno je, 2006. god., prirodnim dobrom od izuzetnog značaja (I, II i III kategorije) Uredbom Vlade Republike Srbije o zaštiti Specijalnog rezervata prirode "Uvac". Zahvaljujući geološkoj građi, na području Peštera srećemo i karstne fenomene podzemnog kraškog reljefa (pećine, jame, karstne kanale, pećinski nakit i bigrene akumulacije) u krečnjacima srednjeg trijasa od kojih su neki zaštićeni objekti geonasleđa (Grujičić i Kovačević, 2018).

Golija i Pešterska visoravan predstavljaju prostor vekovnog preplitanja različitih kultura, vera, mentaliteta te otuda i bogato kulturno-istorijsko nasleđe. Brojni su srednjovekovni manastiri i crkve među kojima je i manastir Studenica neprocenjive vrednosti, uvršćen na listu svetske kulturne baštine 1979. godine UNESCO-a.

3. Novopredložena metoda

Kako bi se procenile vrednosti geoobjekata kao i njihova potreba za geokonzervacijom (skup aktivnosti usmerenih ka očuvanju, prezentaciji i promociji) razvijene su brojne kvantitativne metode radi procene geoobjekata (npr. Bruschi & Cendrero, 2005; Gray, 2005; Pralong, 2005; Reynard et al., 2007; Zouros, 2007; Vujičić et al., 2011; Fassoulas et al., 2012; Tomić i Božić, 2014; Maran Stevanović, 2015).

Novopredložena metoda, za kvantitativnu i kvalitativnu procenu, poseduje niz prednosti u odnosu na druge primenjivane metode u oblasti geonasleđa, valorizacije i evolucije. Predložena metodologija omogućava veću preglednost, kroz predloženi broj parametara. Parametri koji su često promenljivi (kao što su pomoćni toalet, kanta za smeće) ne tretiraju se,

kao ni parametri koji zavise od vremenskih prilika (znakovne table koje mogu biti zavejane ili vetrom porušene i sl.).

Naučna relevantnost prepoznata na terenu je osnovni kriterijum koji geoobjekat mora zadovoljiti da bi bio predmet evaluacije. Nakon toga sledi kvalitativno - kvantitativna procena, koja označava i potencijalnu upotrebu geoobjekta, bilo da je to naučna, obrazovna ili geoturistička. Skala bodova, koja je parametar vrednosti, postavljena je od 0 do 100 (Tabela 1), gde se geoobjekti bez ikakve ili male naučne vrednosti eliminišu. u prvoj fazi. Nova metoda je predstavljena formulom:

$$UV \text{ (ukupna vrednost)} = NV \text{ (naučna vrednost)} + DV \text{ (dodatne vrednosti)}$$

Kriterijum *naučna vrednost* procenjen je kroz 5 parametara: geološka pripadnost, stepen istraženosti, nivo zainteresovanosti javnosti, nivo zaštite i status.

Geološka pripadnost nosi veliki broj bodova - 14. U zavisnosti od geološke pripadnosti, odnosno geoloških obeležja, geomorfološka (geolokalitet sa geomorfološkim obeležjima), hidrogeološka (geolokalitet sa izraženim hidrogeološkim pojavama), paleontološka (geolokalitet sa fosilnim ostacima flore i faune), petrološka (geolokalitet sa petrološkim obeležjima - stene specifične po mineraloškom sastavu, načinu postanka), sedimentološka (geolokalitet sa specifičnim sedimentima u smislu strukture, teksture, sa transgresivnim granicama, sa pojavom obrnute slojevitosti), tektonska (geolokalitet sa izraženim odlikama tektonskih procesa - rasedi, nabori, antiforme, sinforme), broj bodova se kreće od 6 do 14. Dakle, ako geoobjekat pripada samo jednoj kategoriji biće ocenjen sa 6 bodova. Ako geoobjekat poseduje više od 2 geološka obeležja ocenjen je maksimalnim brojem bodova 14.

Stepen istraženosti pokazuje koliko je geolokalitet istražen, odnosno da li je poznat iz lokalne, nacionalne, regionalne ili međunarodne literature. Maksimalan broj bodova iznosi 6.

Nivo zainteresovanosti javnosti zavisi od sadržaja geolokaliteta kao i reprezentativnosti. Broj poena raste sa širenjem potencijalo zainteresovane populacije. Ukoliko je geolokalitet interesantan uskostručnoj javnosti bodovan je sa 5, a ukoliko može biti interesantan grupi srodnih naučnih disciplina sa 10, dok 15 bodova dobijaju geolokaliteti za koje može postojati zainteresovanost široke populacije.

Parametar nivo zaštite je bodovan od 0 do 12. Geolokaliteti koji su pod zaštitom u okviru zaštićenog područja (spomenik prirode, u okviru rezervata prirode (opšti i specijalni), u okviru parka prirode, u okviru nacionalnog parka ocenjeni su sa 6 bodova. Sa 12 bodova su ocenjeni objekti sa posebnom zaštitom, zaštićeni kao objekti geonasleđa.

Koliko je objekat izuzetan i prepoznat od strane naučne javnosti pokazuje parametar status. Ukoliko je objekat na Inventar listi Geonasleđa Srbije bodovan je sa 5, a ako je na Uneskovoju listi prirodne i kulturne baštine sa 10 bodova.

Kriterijum *druge vrednosti* procenjen je kroz 4 parametra: atraktivnost, stepen ugroženosti, infrastruktura, drugi objekti u okruženju i estetski doživljaj.

Atraktivnost je usko povezana sa promocijom geolokaliteta u naučne, sportske, turističke i druge svrhe. Međunarodno atraktivan geolokalitet je vrednovan sa 10, dok su nacionalno atraktivni, posećeni geolokaliteti vrednovani sa 5 bodova, a regionalno, odnosno od strane lokalnog stanovništva bodovan je brojem 3.

Stepen ugroženosti govori o mogućim nepovoljnim uticajima na geolokalitet koju mogu biti uzrokovani prirodnim procesima, antropogenim uticajima, odnosno okruženjem koje je proizvod ljudskog delovanja. Ova kategorija je bodovana od 2 do 8.

Infrastruktura je bodovana sa maksimalnim brojem 8 za geoobjekte koji u okruženju na udaljenosti do 10 km imaju hotelske/motelske usluge, smeštaja, ishrane kao putnu mrežu. Za geoobjekte koji u okruženju na udaljenosti od 10 do 30 km imaju hotelske/motelske usluge, smeštaja, ishrane kao putnu mrežu predviđen broj bodova je 6. Objekti kod kojih je usluga smeštaja i ishrane bazirana na seoskom turizmu kao i oni koji su od hotela/motela udaljeni od 30 do 50 km bodovani su sa 4 boda U kategoriju geolokaliteta koji su bodovani sa 0 spadaju objekti gde ne postoje seoska domaćinstva u okruženju kao ni hotelske/motelske usluge na udaljenosti do 50 km.

Parametar pristupačnost nosi 5 bodova ukoliko se do geoobjekta može stići asfaltnim putem, 3 boda, makadamskim putem. Ako do geoobjekta vodi pešačka staza bodovan je nulom.

Prisustvo, odsustvo drugih objekata okruženja kao što su kulturno-istorijski spomenici, drugi geoobjekti u blizini utiču na finalnu ocenu geoobjekta. Zavisno od broja i udaljenosti objekata ova kategorija je bodovana od 0 do 6. Kategorija delimično prisutni drugi objekti u okruženju podrazumeva do 2 objekta geonasleđa, do 2 kulturno-istorijska objekta u bližem okruženju Estetski doživljaj je, za razliku od ostalih parametara, subjektivan. Njime se pokazuje okruženje geoobjekta koje ostavlja estetski utisak na posmatrača. Ako je geoobjekat u prirodnom okruženju i predstavlja vidikovac bodovan je brojem 6. Ako je u prirodnom okruženju, sa suženim vidnim poljem bodovan je brojem 4. Ukoliko je prirodno okruženje objekata narušeno, pa je smešten u naseljenom mestu (kuće, zgrade) ili pored građevinskih objekata (dalekovod, predajnik) bodovan je brojem 2.

Maksimalna ocena je 100. Ona predstavlja maksimum svih obeležja koja ulaze u ukupnu vrednost geoobjekta. U svim naučnim disciplinama broj 100 predstavlja maksimum (procenti) što predstavlja olakšanje pri evaluaciji, a kasnije i kategorizaciji objekata geonasleđa. Broj dobijenih bodova se direktno odražava na kategorizaciju:

- geoobjekti međunarodnog značaja 85- 100
- geoobjekti nacionalnog značaja 65-85
- geoobjekti regionalnog značaja 45-65
- geoobjekti lokalnog značaja 11-45.

Tabela 1. Valorizacija i evaluacija geoobjekta prema novopredloženom modelu

Table 1. Valorization and evaluation of geo-objects according to the new model

Kriterijum	Karakteristike geoobjekta	Br. bodova
(NV) Naučna vrednost	1. Geološka pripadnost (geomorfološka, hidrogeološka, paleontološka, petrološka, mineraloška, stratigrafska, sedimentološka, strukturalna)	sa jednim geološkim obeležjem - 6 sa 2 geološka obeležja - 10 sa više od 2 geološka obeležja - 14
	2. Stepen istraženosti	neizučeni - 0 poznati iz regionalne literature - 2

		poznat iz nacionalne literature - 4 poznat iz međunarodne literature - 6
	3. Nivo zainteresovanosti javnosti	usko stručna - 5 grupa srodnih naučnih disciplina - 10 širok dijapazon zainteresovanosti - 15
	4. Nivo zaštite	nezaštićen - 0 zaštićen u okviru zaštićenog područja - 6 zaštićen kao objekat geonasleđa - 12
	5. Status	nepoznat - 0 na Inventar listi geonasleđa Srbije - 5 na Unesco-voj listi pr. i kul. baštine - 10
(DV) Dodatne vrednosti	1. Atraktivnost	regionalno - 3 nacionalno - 5 međunarodno - 10
	2. Step en ugroženosti (prirodni, antropogeni uticaj)	ugrožen antropogenim i prirodnim uticajem - 2 prirodni uticaj - 4 antropogeni uticaj - 6 neugrožen - 8
	3. Infrastruktura (putna mreža, hoteli, specijalizovane službe, naselja)	ne postoje - 0 delimično prisutni (udaljenost od 30 - 50km) - 4 prisutni (udaljenost od 10 do 30km) - 6 prisutni (udaljenost do 10km) - 8
	4. Pristupačnost	pešačka staza - 0 makadamski put - 3 asfaltni put - 5
	5. Drugi objekti okruženja geoobjekti, kulturno - istorijski objekti	ne postoje - 0 delimično prisutni - 3 prisutni - 6
	6. Estetski doživljaj	u bližem okruženju građevine - 2 u prirodnom okruženju - 4 u prirodnom okruženju, vidikovac - 6
	Maksimalna vrednost	100

4. Primena novopredložene metode na objektu geonasleđa - Ušački pećinski sistem – Vapa, Pešter

Kako bi razjasnili funkcionisanje novopredložene metode njena primena je tabelarno prikazana na objektu geonasleđa (Inventar objekata geonasleđa), speleološkom objektu geonasleđa- Ušački pećinski sistem-Vapa, Pešter (Tabela 2).

Tabela 2. Evaluacija geoobjekta Ušački pećinski sistem – Vapa, Pešter
 Table. 2 Evaluation of geo-object, cave system of Ušak – Vapa, Pešter

Kriterijum	Karakteristike geoobjekta	Opis	Br.bodova
(NV) Naučna vrednost	1. Geološka pripadnost	Geomorfološki, paleontološki objekat	10
	2. Stepen istraženosti	Poznat iz međunarodne literature	6
	3. Nivo zainteresovanosti javnosti	Širok dijapazon zainteresovanosti	15
	4. Nivo zaštite	Zaštićen u okviru zaštićenog područja SRP „Uvac“	6
	5. Status	Na Inventar listi geonasleđa Srbije	5
(DV) Dodatne vrednosti	1. Atraktivnost	Međunarodno atraktivan	10
	2. Stepen ugroženosti (prirodni, antropogeni uticaj)	Pećinski nakit kao i kretanje pećinom može ugroziti voda	4
	3. Infrastruktura (putna mreža, hoteli, specijalizovane službe, naselja)	Udaljen od Sjenice 11km	6
	4. Pristupačnost	Makadamski put kroz selo Ušak i uplovljavanjem iz reke Uvac	3
	5. Drugi objekti okruženja, geoobjekti, kulturno - istorijski objekti	U neposrednoj blizini geoobjekti: Uklješteni meandri Uvca kod Sjenice; Pešter, Tubića pećina – Tubići; Pešter Baždarska pećina - Ursule, Pešter...	6
	6. Estetski doživljaj	U prirodnom okruženju, reka Uvac	4
NV+DV			75

Ušački pećinski sistem (Slika 1) je objekat geonasleđa severnog oboda Sjeničke kotline smešten u okviru Specijalnog rezervata prirode “Uvac”.

Pećinski sistem (dužina kanala 6185 m) je dobio ime po zaseoku Ušak (Gornje Lopiže) u kom se i nalazi. Sastoji se iz tri međusobno povezane celine (Ušačka pećina, Ledena pećina i Bezdani) (Lješević, 1982).

Pećina je poznata ne samo po svojoj morfologiji već i po fosilnoj fauni koja je pronađena: pećinski medved (*Ursus spelaeus*), pećinska hijena (*Crocota spelaea*) i jelen (*Cervus alaphus*). U ovoj pećini živi endemična i reliktna pećinska stonoga (*Haasea lacusnigiri microcornia*) (Kličković, 2005).

Primenom novopredložene metode objekat geonasleđa -Ušački pećinski sistem – Vapa, Pešter, pripada kategoriji geoobjekta nacionalnog značaja.



Slika 1. Pećinski nakit, Ušačka pećina
Figure 1. Cavejewelry, cave of Ušac

5. Diskusija i rezultati

Potreba za pojednostavljenim i jasnije definisanim kriterijumima dovela je do predloga nove metode za procenu značaja i vrednosti nepokretnih objekata geonasleđa, koja je nastala prilagođavanjem procedura i već postojećih kvalitativnih i kvantitativnih elemenata našim uslovima, kao i geološkom znanju.

Predložena metodologija za kvantitativnu i kvalitativnu procenu omogućava veću preglednost, kroz predloženi broj i vrstu parametara.

U rezultatima dobijenim analizom novopredloženom metodom uočava se nedostatak promocije geolokaliteta Golije i Peštera, kako u naučne, tako i u turističke, sportske i u druge svrhe.

6. Zaključak

U funkciji što jednostavnijih, lakše primenjivijih i operativnijih evaluacija, predloženi kriterijumi bi trebalo da omogući kategorizaciju kako objekata većeg, tako i objekata manjeg značaja na bilo kom području Republike Srbije i šireg regiona.

Ova metoda daje pregled, ukazuje na neophodnost unapređenja, objekata geonasleđa, a u smislu boljeg korišćenja, uređenja i zaštite.

Literatura

1. Bruschi, V. M. & Cendrero, A., 2005. Geosite evaluation: Can we measure intangible values? Italian Journal of Quaternary Science. 18 (1), 293 – 306. Fassoulas, C., Mouriki, D., Dimitriou-Nikolakis, P. & Iliopoulos, G. 2012. Quantitative Assessment of Geotopes as an Effective Tool for Geoheritage Management. Geoheritage. 4: 177–193.
2. Gray, M., 2004. Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature. Department of Geography. Queen Mary. University of London. 2 – 68.
3. Gray, M., 2005. Geodiversity and Geoconservation: What, Why and How? George Wright Forum 22(3). 4 - 12.

4. Grujičić - Tešić, Lj., Rabrenović, D., Kovačević, J., Gerzina, N. & Đerić, N. (2016): Upper Cretaceous geosites on Golija mountain - objects of geoheritage. *Geologia Croatica*. 69, 3. pp. 337 - 345.
5. Grujičić - Tešić, Lj., (2017): Geonasleđe Golije i Peštera. Doktorska teza. Univerzitet u Beogradu, Rudarsko - geološki fakultet: 179
6. Grujičić-Tešić, Lj. i Kovačević, J. (2018): Uklješteni meandri Uvca – objekat geonasleđa 17. Kongres geologa Srbije. Srpsko geološko društvo. Vrnjačka Banja. knjiga 2. str. 814- 818.
7. Karamata, S. i Mijović, D. (2005): Inventar objekata geonasleđa Srbije - u: Mijović, D. (ed.): II naučni skup o geonasleđu. Zavod za zaštitu prirode Srbije. Posebno izdanje. 20. str.1 - 36.
8. Kličković, M. (2005): Objekti geonasleđa zaštićenog dobra „klisure reke Uvac” i njihovo uređenje. Drugi naučni skup o geonasleđu Srbije. Zbornik radova Zavoda za zaštitu prirode Srbije. Beograd. str. 159 - 165.
9. Lješević, M. (1982): Ušački pećinski sistem sa krasom bliže okoline. Posebna izdanja Srpskog geografskog društva. Beograd. 53: 384
10. Maran Stevanović, A., 2015. Methodological guidelines for geoheritage site assessment: a proposal for Serbia - *Geološki anali Balkanskoga poluostrva*, 76. pp. 105 – 113.
11. Pereira, P., Pereira, D., Caetano Alves, M. I. 2007: Geomorphosite assessment in Montesinho Natural Park (Portugal). *Geographica Helvetica*. Basel: 62.
12. Pralong, J. P., 2005. A method for assessing the tourist potential and use of geomorphological sites. *Géomorphologie. Relief, processes, environnement*, 3, 189 – 196.
13. Reynard, E., Fontana, G., Kozlik, L., Scapozza, C., 2007. A method for assessing „scientific“ and „additional values“ of geomorphosites. *Geographica Helvetica*, 62/3, 148 – 158.
14. Tomić, N. & Božić, S. (2014): A modified Geosite Assessment Model (M-GAM) and its Application on the Lazar Canyon area (Serbia).— *Int. J. Environ. Res.*, 8/4: 1041–1052.
15. Vujičić, M. D., Vasiljević, Dj.A., Marković, S.B., Hose, T.A., Lukić, T., Hadžić, O., Janićević, S., 2011. Preliminary geosite assessment model (GAM) and its application on Fruška Gora mountain, potential geotourism destination of Serbia. *Acta geographica Slovenica*. 51 /3, 361 – 377.
16. Zouros, N.C. 2007. Geomorphosite assessment and management in protected areas of Greece Case study of the Lesvos island - coastal geomorphosites. *Geographica Helvetica*. 62 – 93.

ALTERACIJA TUFA IZ LEŽIŠTA LAPORACA TREŠNJA (POPOVAC, SRBIJA)

ALTERATION OF TUFF FROM THE TREŠNJA MARLSTONE DEPOSIT (POPOVAC, SRBIJA)

B.Sc. Željana Sekulić, Dr Vladimir Simić, Dr Suzana Erić, M.Sc. Nevena Andrić

B.Sc. Željana Sekulić, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet

Dr Vladimir Simić, redovni profesor, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet,
vladimir.simic@rgf.bg.ac.rs

Dr Suzana Erić, vanredni profesor, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet

M.Sc. Nevena Andrić, stručni saradnik, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet

Ključne reči: bentonit, XRD, SEM-EDS, srednji miocen, popovački basen

Key words: bentonite, XRD, SEM-EDS, Middle Miocene, Popovac basin

Apstrakt

Padavinski tufovi su dosta čest član u miocenskim sedimentnim basenima Srbije. Na području Popovca konstatovani su u srednjomiocenskim crvenim sedimentima Senja kao i u seriji cementnih laporaca Popovca. Proučavanje upravo tih izmenjenih tufova unutar laporovitih sedimenta ležišta Trešnja pokazalo je da se alteracija odvijala u pravcu stvaranja bentonita.

Uzorci izmenjenog tufa uzeti su iz tankog sloja debljine 0,40 m koji se nalazi u seriji laporaca ležišta Trešnja. Uzorak 1 predstavlja makroskopski glinu, uzorak 2 slabo izmenjen tuf, a uzorak 3 delimično izmenjen tuf. Uzorak 4 predstavlja tipične glinovite laporce iz neposredne podine sloja izmenjenog tufa.

Na svim uzorcima (rovnim i izdvojenoj glinovitoj frakciji) određen je mineralni sastav metodom rendgenske difrakcije praha i proveren na SEM-EDS mikroskopu. Osim toga određen je granulometrijski sastav uzoraka, a na uzorcima izmenjenih tufova i silikatna hemijska analiza.

U mineralnom sastavu izmenjenih tufova dominantan je mineral iz grupe smektita, što je uobičajeno za procese devitifikacije vulkanskog stakla iz padavinskih tufova, koja se odigravala u našim sedimentnim basenima. Prisustvo ostalih minerala ukazalo je na način alteracije primarnog padavinskog tufa. Uzorak 4 najviše se razlikuje po mineralnom sastavu i kod njega, pored minerala iz grupe smektita koji su prisutni i kod ostalih uzoraka, dominira ilit od mineral glina, a prisutni su u velikom procentu kvarc, feldspat, liskun i kalcit. Granulometrijski i hemijskih sastav ispitanih uzoraka potvrđuju mineralni sastav i takođe potvrđuju intenzitet alteracije tufova. SEM-EDS analiza utvrdila je da je dobar deo gvožđa vezan za pirit, koji se javlja u vidu kocki ili oktaedara.

Abstract

Ash-fall tuff is common member within Miocene sedimentary basins in Serbia. In the Popovac area they were discovered in Middle Miocene red sediments of Senje and within marlstones of the Popovac basin. Study of altered tuff in the Trešnja marlstone deposit revealed that devitrification of tuff resulted in formation of bentonite (or smectite-rich clay).

Samples of altered tuff were taken from thin layer 0.40 m thick from the Trešnja marlstone deposit. Sample 1 represents silty clay, sample 2 weakly altered tuff and sample 3 moderately altered tuff. Sample 4 is typical clayey marlstone collected from the floor of the altered tuff layer.

Mineral composition on all samples (bulk and separated clay fraction) was determined using XRD and SEM-EDS methods. Granulometric composition was also determined, and on altered bulk tuff samples chemical analyses were done.

Smectite is by far the dominant clay mineral in all samples of altered tuff, which is normal for devitrification processes of ash-fall tuff in sedimentary basins. The presence of other minerals confirmed the alteration stages of tuff. Mineral composition of sample 4 is completely different, with illite as dominant clay mineral, smectite but also large amount of quartz, feldspar, mica and calcite. Granulometry and chemistry of samples confirmed mineral composition and alteration pattern of tuff. SEM-EDS analysis has proven that large portion of Fe is from pyrite, which occurs both as cubes and octahedral forms.

**PRIMJENJENA GEOLOGIJA / ПРИМЈЕЊЕНА
ГЕОЛОГИЈА**

3D GEOLOŠKI MODELI: OD 3D PRIKAZA GEOLOŠKE GRAĐE PODZEMLJA DO PROJEKTIRANJA NOVIH ISTRAŽNIH RADOVA I PRONALASKA NOVIH REZERVI MINERALNIH SIROVINA

3D GEOLOGICAL MODELLING: FROM THE SUBSURFACE REPRESENTATION TO THE PLANING OF NEW RESEARCH AND DISCOVERY OF NEW MINERAL RESOURCES

**Pavičić, Ivica; Dragičević, Ivan; Deljak, Gordana; Crnoja Filip; Radovac, Tihomir; Bojčetić
Željko**

Ključne riječi: 3D geološki modeli, 3D geološka prospekcija, mineralne sirovine, boksit, Jajce (BiH)

Keywords: 3D geological modeling, 3D geological prospecting, mineral resources, bauxites, Jajce (BiH)

Sažetak:

3D geološko modeliranje je primijenjena geoznanost vizualizacije geološke građe podzemlja na temelju različitih ulaznih podataka. Razvoj računalne tehnologije pratio je i razvoj računalnih softvera za 3D geološko modeliranje. Primjena se uglavnom odnosila na naftnu industriju koja je ulagala najveća sredstva u razvoj te tehnologije, no u posljednjih 15ak godina sve je češća i uspješnija primjena u drugim geološkim disciplinama. 3D geološki modeli ne koriste se samo za vizualizaciju podzemlja i pojedinih mineralnih sirovina nego i za planiranje istražnih radova, optimizaciju rudarskih zahvata, planiranje izvedbe bušotina, kao podloga za donošenje ekonomskih važnih odluka (jer mogu značajno smanjiti troškove izvedbe rudarskih radova) te prospekciju nedovoljno istraženih područja. Ovaj rad obuhvaća primjenu 3D geoloških modela u boksitonosnom području Jajca, na primjerima vizualizacije podzemlja istražnog prostora, planiranju izvedbe bušotina, optimizaciji troškova bušenja te prospekciji nedovoljno istraženog prostora. Boksitonosno područje Jajca predmet je brojnih znanstvenih i stručnih geoloških i rudarskih istraživanja preko 30 godina. Kao najznačajniji lokaliteti ističu se ležišta *Crvene stijene*, *Bešpelj*, *Poljane* i *Liskovica*. Na spomenutim lokalitetima provedena su brojna detaljna geološka istraživanja u svrhu pronalaska ležišta boksita čija se eksploatacija na ovom području obavlja već desetljećima. Produkti istraživanja ležišta boksita su velik broj istražnih bušotina (preko 1000), detaljni površinski geološki podaci i podaci iz podzemnih rudarskih radova. Izrađeni 3D modeli u prvom redu prikazuju geometrije ležišta boksita i plohe paleoreljefa na kojoj su boksiti taloženi, podzemne rudarske radove kroz ležišta boksita te položaje istražnih bušotina. Dosadašnja istraživanja i prikupljeni podaci te stupanj završenosti modela, posebno u području Crvenih stijena omogućuju 3D geološku prospekciju u okolnim neistraženim područjima odnosno izradu prognoznih modela podzemlja s ciljem pronalaska novih ležišta boksita.

Abstract

3D geological modeling is the applied geoscience of creating virtual representation of the Earth subsurface based on different types of input data. The development of computer hardware enabled the development of computer software for the 3D geological modeling. The application was mainly focused on the petroleum industry, which invested the largest resources in the development of the technology, but in the last 15 years it has been increasingly frequent and successful implementation in other geological disciplines. 3D geological models are not only using for the visualization of the subsurface and investigated mineral resources but also for planning of exploration works, optimization of mining operations, drill hole planning, as a basis for decision making processes, cost-effectives of mining operations and the 3D geological prospecting. This paper represents the application of 3D geological models in the bauxite-bearing area Jajce, with examples of application in underground exploration, cost effective borehole planning and the 3D geological prospecting. The Bauxite-bearing area Jajce is the subject of numerous scientific and expert geological and mining research for over 30 years. The most important localities are the Crvene Stijene, Bešpelj, Poljane and Liskovica. Numerous regional and detailed geological surveys have been made with aim to find a bauxite deposits whose exploitation in this area is last for decades. The results of these extensive research include many exploration and structural drill holes (over 1000), detailed surface geological data and data from underground mining works. The created 3D models primarily represent the geometry of the bauxite deposits and palaeorelief surfaces on which the bauxites were deposited, adits, mining tunnels and drill holes (positions and lithological column). All conducted research and collected data, together with the degree of completion of the model, especially in the Crvene Stijene area, makes solid base for 3D geological prospecting in the surrounding unexplored areas with purpose to find new bauxite deposits.

1. Uvod

3D geološko modeliranje je primijenjena geoznanost kojoj je svrha vizualizacija geološke građe podzemlja na temelju raznovrsnih ulaznih podataka (Mallet, 1992, 1997; Jessell, 2001; Guillen et al., 2008; Lindsay et al., 2012). Modeliranje obuhvaća procese 3D geološkog kartiranja, prostornu analizu podataka, analizu i kombiniranje različitih tipova ulaznih podataka u različitim mjerilima, izradu i provjeru točnosti geoloških profila, modeliranje ploha, volumena i svojstava, 3D geološka prospekcija itd. (Simon W. Houlding, 1999; Zakrevsky, 2011; Mei, 2014). S razvojem računalne industrije i geološki softveri su postaju sve moćniji a geološki modeli sve realniji što je važno ne samo za vizualizaciju geološke građe podzemlja nego i za 3D geološku prospekciju mineralnih sirovina, ugljikovodika, podzemnih i geotermalnih voda, procjene rizika rudarskih zahvata, te analize financijske opravdanosti bušotina i rudarskih zahvata (Nykänen and Salmirinne, 2007; Caumon et al., 2009; Wycisk et al., 2009; Zakrevsky, 2011; Nykänen et al., 2011; Florian Wellmann et al., 2014; Hill et al., 2014; Perrouty et al., 2014; Laurent et al., 2015; Nielsen et al., 2015; Wang et al., 2016; Silva and Almeida, 2017). U današnje vrijeme 3D geološki modeli predstavljaju nužnu podlogu za planiranje i projektiranje novih geoloških i rudarskih istražnih radova. Modeli su najčešće temeljeni na stratigrafskim i strukturnim odnosima, prikazanima na stratigrafskim stupovima, raznovrsnim geološkim kartama i profilima), mjerenim strukturnim elementima na

površini i u podzemlju iz podzemnih rudarskih radova, geodetskim, geofizičkim podacima, te bušotinama (modificirano prema **Zehnder and Allmendinger, 2000; Duvinaĝe and Mallet, 2000; Sirakov and Muge, 2001; Lemon and Jones, 2003; Wu et al., 2005**).

Nedovoljno geološki istraĝena leĝišta najčešće dovode do raznovrsnih poteškoća kod projektiranja i izvođenja rudarskih objekata (**Vanneschi et al., 2014**). Posljedice mogu biti raznovrsni tehnički i tehnološki problemi pri njihovom izvođenju, kao što su ugroĝenost ljudskih ĝivota, oštećenje strojeva i redovito porast troškova koji su planirani za izvođenje ovakvih radova. Ovaj rad predstavlja tri različite primjene 3D geoloških modela: 1) vizualizacija geološke građe podzemlja; 2) Planiranje i projektiranje bušotina u nedovoljno poznatim područjima; 3) Izrada modela leĝišta boksita na temelju usmjerenih bušotina iz podzemnih rudarskih radova. Svi primjeri odnose se na boksitonosno područje Jajca u kojemu se boksit kontinuirano istraĝuje i eksploatira preko 40 godina (slika 1). U radu je prikazana metodologija izrade 3D geološkog modela boksitonosnog područja Crvene stijene kod Jajca, BiH na temelju raznovrsnih ulaznih podataka. Bez obzira na dugotrajnu istraĝivačku i eksploatacijsku tradiciju, postoje područja koja još nisu potpuno istraĝena te postoji veliki potencijal za pronalazak novih leĝišta.



Slika 1. Geografski poloĝaj boksitonosnog područja Jajca, BiH.

Model obuhvaća utvrđene rasjede, podinsku plohu leĝištima boksita odnosno paleoreljef i leĝišta boksita. Različiti dijelovi modela definirani su različitim tipom, gustoćom i kakvoćom ulaznih podataka te je bilo nuĝno njihovo kombiniranje i korištenje razliĝitih interpolacijskih

algoritama kako bi model bio čim vjerniji prikaz istraživanog područja. Ovakav pristup izrade modela može predstavljati podlogu za modele drugih boksitonosnih područja i/ili modele drugih mineralnih sirovina.

3D geološki model je interaktivan tj. jednostavno se nadopunjava novim podacima, predstavlja podlogu za daljnje istraživačke radove – istražna bušenja i izrada novih podzemnih rudarskih radova s ciljem otkrivanja i eksploatacije novih ležišta boksita. Prikupljanjem podataka iz novih istražnih radova, 3D geološki model stalno bi se nadograđivao i proširivao na okolna boksitonosno-potencijalna područja.

2. Geološke značajke

Boksitonosno područje Jajca sastoji se od 4 boksitonosna revira: Liskovica, Bešpelj, Crvene Stijene i Poljane (slika 2). Ležišta boksita nastala su za vrijeme kopnene faze u stratigrafskom rasponu od gornjeg alba (K_1^6) do konijak-mastrihta (K_2^{3-6}). U regionalno geološkom smislu, područje Jajca predstavlja sjeveroistočni rub Jadranske karbonatne platforme koja je postojala od donje jure do kraja krede (Dragičević, 1987; Dragičević & Velić, 2002, Vlahović et al, 2005). Osnovne stratigrafske i tektonske značajke prikazane su i opisane na Osnovnoj geološkoj karti (i pripadajućem tumaču), mjerila 1:100 000, list Jajce (Marinković & Ahac, 1979, Marinković & Đorđević, 1981) te na geološkim kartama boksitonosnog područja Jajca, mjerila 1:25 000 (Dragičević, 1981 and Papeš, 1984).

2.1. Stratigrafske značajke

Predmet istraživanja ovog rada su ležišta boksita pa je stratigrafski slijed naslaga podijeljen na: naslage u podini ležišta boksita, ležišta boksita te naslage u krovini ležišta boksita.

2.1.1. Naslage u podini ležišta boksita

Najstarije stijene u boksitonosnom području Jajca su plitkomorski, dobro uslojeni vapnenci i dolomiti gornje jure ($J_3^{2,3}$). Najzastupljeniji litofacijesi su mikriti, peloidni mikriti i rektistalizirani vapnenci. U donjem dijelu slijeda, često se zastupljena alga *Clypeina jurassica* a u gornjem dijelu slijeda gastropodi *Nerineae* koji obilježavaju kontinuirani prijelaz iz vapnenaca gornje jure u plitkovodne vapnence donje krede. Na temelju biostratigrafije te superpozicije vapnenci donje krede podijeljeni su u pet jedinica (Dragičević, 1981; Papeš, 1984):

- Berias – Barem (K_1^{1-4})
- Apt (K_1^5)
- Donji Alb ($^1K_1^6$)
- Gornji Alb ($^2K_1^6$)
- Alb-Cenoman ($K_{1,2}$)

Vapnenci stratigrafskog raspona Berias – Barem (K_1^{1-4}) predstavljeni su sa dobro uslojenim fosiliferanim mikritima i dismikritima uglavnom bijele boje. Debljine slojeva su od 0,5 do 1,5 m te su vrlo okršeni. Ukupna debljina ovih naslaga je preko 400 m. Gornja granica, sa vapnencima apta (K_1^5) predstavljena je pojavom Orbitolina. Fosiliferani vapnenci apta su svijetlo sive do ružičaste boje sa slojevima debljine od 5-40 cm. Ukupna debljina jedinice je oko 170 m. Plitkomorsko taloženje vapnenaca iz apta nastavilo se i u donji alb. Vapnenci donjeg alba

(${}^1K_1^6$) su dismikriti, pseudomikriti i dolomitični mikrospariti sa foraminiferama *Orbitolina* i *Mesoorbitolina*.

Izostanak navedenih foraminifera označava granicu između vapnenaca donjeg i gornjeg alba (${}^2K_1^6$). Boja gornjo-albskih vapnenaca je bijela, ružičasta do svijetlosiva. Izgrađuju dijelove terena u kojima čine neposrednu podinu ležištima boksita. Podređeno dolaze slojevi dolomita. Cijeli je stratigrafski član dobro uslojen. Debljina slojeva varira od 5 cm do 1 m. Stratigrafska je pripadnost određena na temelju brojnih ostataka algi, foraminifera i rudista.

2.1.2. Ležišta boksita

Stratigrafski raspon od kraja donje krede, pa sve do konijaka u gornjoj kredi, područje sjeveroistočnog ruba karbonatne platforme karakterizirano je intenzivnom kompresijskom tektonikom i emerzijom regionalnog karaktera (**Dragičević, 1987; Dragičević & Velić, 2002**). Emerzija je trajala od gornjeg alba sve do konijak-mastrihta, otprilike 20 milijuna godina. Za to vrijeme formirani su boksiti na razvedenom krškom paleoreljefu. Oni predstavljaju tipične terestičke formacije. Post-platformskim tektonskim procesima, ležišta boksita dovedena su u današnji položaj. Prostorna raspodjela ležišta boksita ovisna je o orijentaciji strukturnih jedinica. U boksitonosnom području Jajca raspoznaju se šest tipova boksita: „lenticular, canyon-like, graben type, sinkhole type, canyon like with a sinkhole at the end, and tectonized“ (**Pavičić et al., 2018**, tipovi boksita prema **Bárdossy, 1982**). Morfologija pojedinih ležišta uglavnom ovisi o obliku paleoreljefa i postrudnim tektonskim procesima koji su mogli deformirati ležišta.

2.1.3. Naslage u krovini ležišta boksita

U litološkom pogledu brojni su raznovrsni litofacijesi. Najčešći su karbonatne breče i konglomerati, kalkareniti, glinoviti mikriti, lapori i dr. Česta je vertikalna i dijelom horizontalna izmjena litotipova. U donjem dijelu ovog člana prisutniji su litotipovi krupnoga zrna (oni su transgresivni i diskordantni na naprijed opisane vapnence), a prema gore litofacijesi dobivaju tipična turbiditna obilježja s mnoštvom eksternih i internih tekstura karakterističnih za turbidite. Brojni su fosilni ostaci koji potvrđuju gornjokrednu starost: rudisti (najčešće u fragmentima), globotrunkane i globigerine. Sasvim je izvjesno da postoji kontinuirani prijelaz u paleogen. Naslage su intenzivno borane i rasjedane, a debljina im je i preko 1000 metara. U bazalnom dijelu ovih klastita, kao neposredna krovina ležištima boksita, razvijeni su debeli slojevi karbonatnih debrita (breče) koji predstavljaju arhitektonsko-građevni kamen vrlo dobrih karakteristika. Miocenski sedimenti transgresivni su na sve starije geološke jedinice. Slijed miocenskih naslaga počinje sa konglomeratima koje slijede pješčenjaci, lapori i gline te mjestimični proslojci ugljena. Debljina miocenskog slijeda sedimenata je oko 200 m. Kvarterni sedimenti ne pokrivaju velike površine u istraživanom području pa nisu posebno opisivani. Uglavnom su predstavljeni aluvijalnim sedimentima većih rijeka debrisom na strmcima kanjona rijeka.

2.2. Tektonske značajke

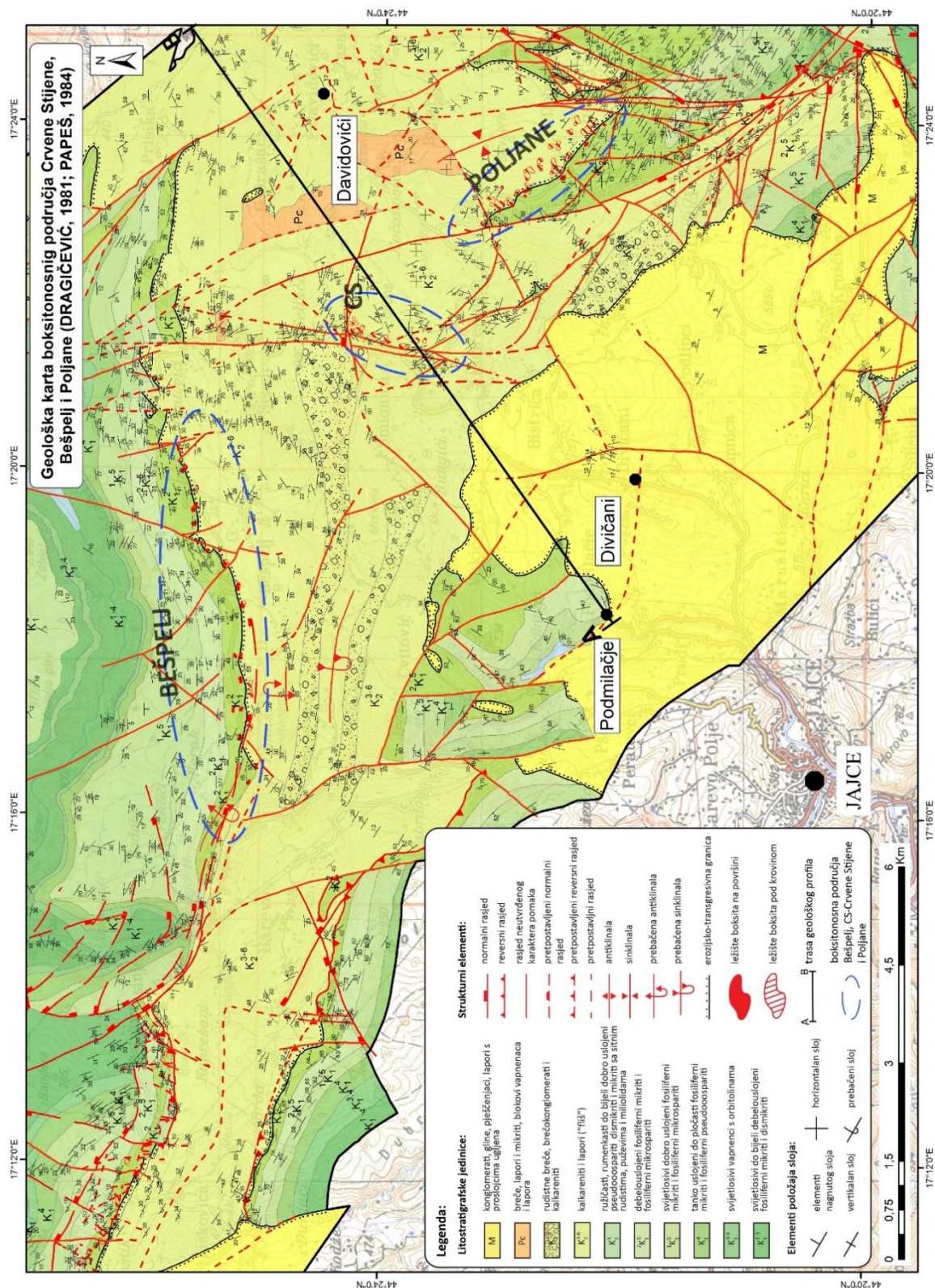
Strukturne i tektonske značajke su kompleksne na što ukazuju brojne rasjedi, antiklinale, sinklinale te prebačene strukture. Strukture su formirane polifaznom tektonskom evolucijom istraživanog područja. Boksitonosni reviri mogu se svrstati u dvije strukturne jedinice:

- a) Strukturna jedinica Crvene Stijene-Poljane
- b) Strukturna jedinica Liskovica-Bešpelj

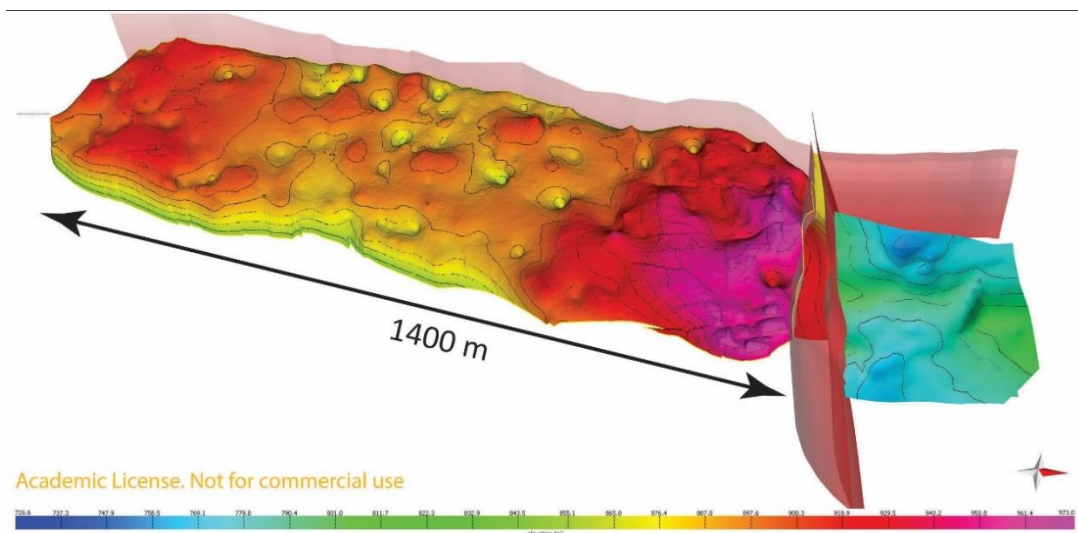
Strukturna jedinica Crvene Stijene-Poljane nalazi se u središnjem dijelu boksitonosnog područja i karakterizirana je Dinarskim pružanjem struktura (NW-SE). Područje je karakterizirano horizontalnim i sub-horizontalnim slojevima, relativno blagim borama te strmim normalnim rasjedima, sporadično blago nagnutim reversnim rasjedima i rasjedima s pomakom o pružanju. Iako se čini da ova strukturna jedinica nije značajnije tektonski poremećena, veći pomaci po rasjedima izmjereni su u području Crvenih Stijena na „Medinom rasjedu“ (između ležišta L-2 i L-22), gdje je pomak procjenjen na oko 180 m. Ističe se sinklinala u području Poljana s blago položenim krilima (10-30°). U sjeveroistočnom dijelu ovog područja klastične naslage gornje krede („fliš“) intenzivnije su borane pa susrećemo i prebačene bore. Druga strukturna jedinica obuhvaća boksitonosne revire Liskovicu i Bešpelj te je strukturno vrlo kompleksna. Od strukturne jedinice Crvene Stijene-Poljane dijeli ju rasjed Crvene Stijene-Bešpelj, pružanja S-J. Pružanje glavnih struktura (bore i rasjedi) ove jedinice je je zapad-istok. kompleksni tektonski odnosi najbolje se očituju u vertikalnim i sub-vertikalnim (Bešpelj) te inverznim strukturama Liskovice (prebačena sinklinala). Prisutni su i rasjedi značajnijih pomaka. Oni su normalni, najčešće poprečni i dijagonalni. Najznačajniji rasjed koji je prikazan na priloženoj geološkoj karti je onaj koji razdvaja istočno i zapadno područje (prolazi područjem Crvenih stijena). Najvjerojatnije se radi o reversnom rasjedu sa značajnom komponentom horizontalnog tektonskog transporta.

3. Primjer 1: Primjena 3D geološkog modela u vizualizaciji geološke građe podzemlja i prostorne raspodjele ležišta boksita (boksitonosni revir Crvene Stijene)

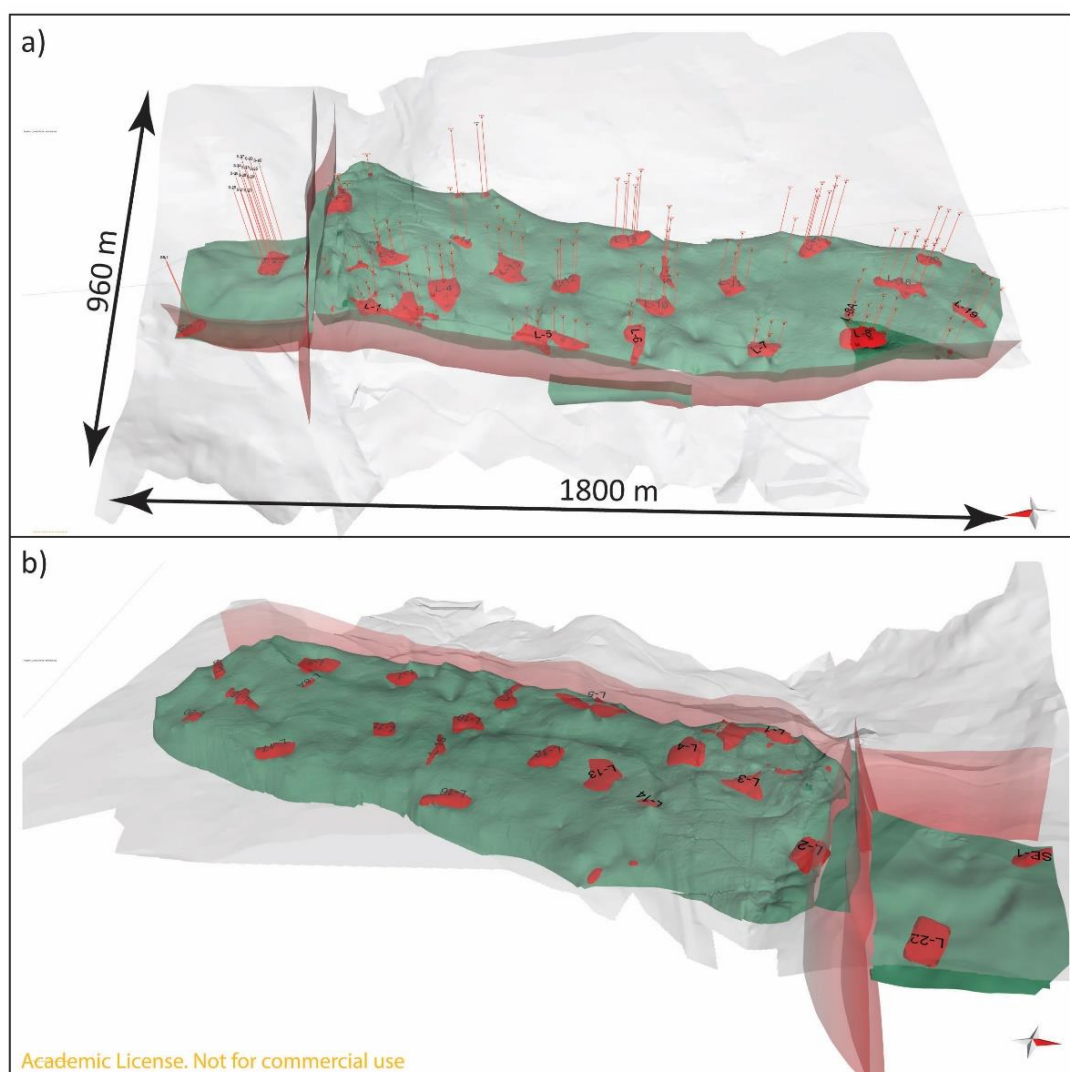
3D geološki model boksitonosnog revira Crvene Stijene pokazuje da se s predloženom metodologijom (Pavičić et al., 2018) može izraditi pouzdani i vjerni prikaz geološke građe određenog područja (slike 3-5). Metodologija obuhvaća integraciju raznovrsnih ulaznih podataka (bušotine, geološke karte i profili, DEM, terenska mjerenja s površine i u podzemnim rudarskim radovima i dr.) s ciljem izrade 3D geološkog modela. Model ujedno predstavlja i 3D bazu podataka gdje su svi ulazni podaci vidljivi u 3D prostoru što je posebno korisno kada se radi o velikom broju ulaznih podataka (npr 600 bušotina). Metodologija za različite tipove ploha, različite kompleksnosti i geometrije te različite ulazne podatke nudi optimalne interpolacijske algoritme te je ista primjenjiva i u drugim područjima u svijetu i za druge mineralne sirovine.



Slika 2. Geološka karta boksitonosnog područja Jajca (Dragičević 1981; Papeš, 1984)

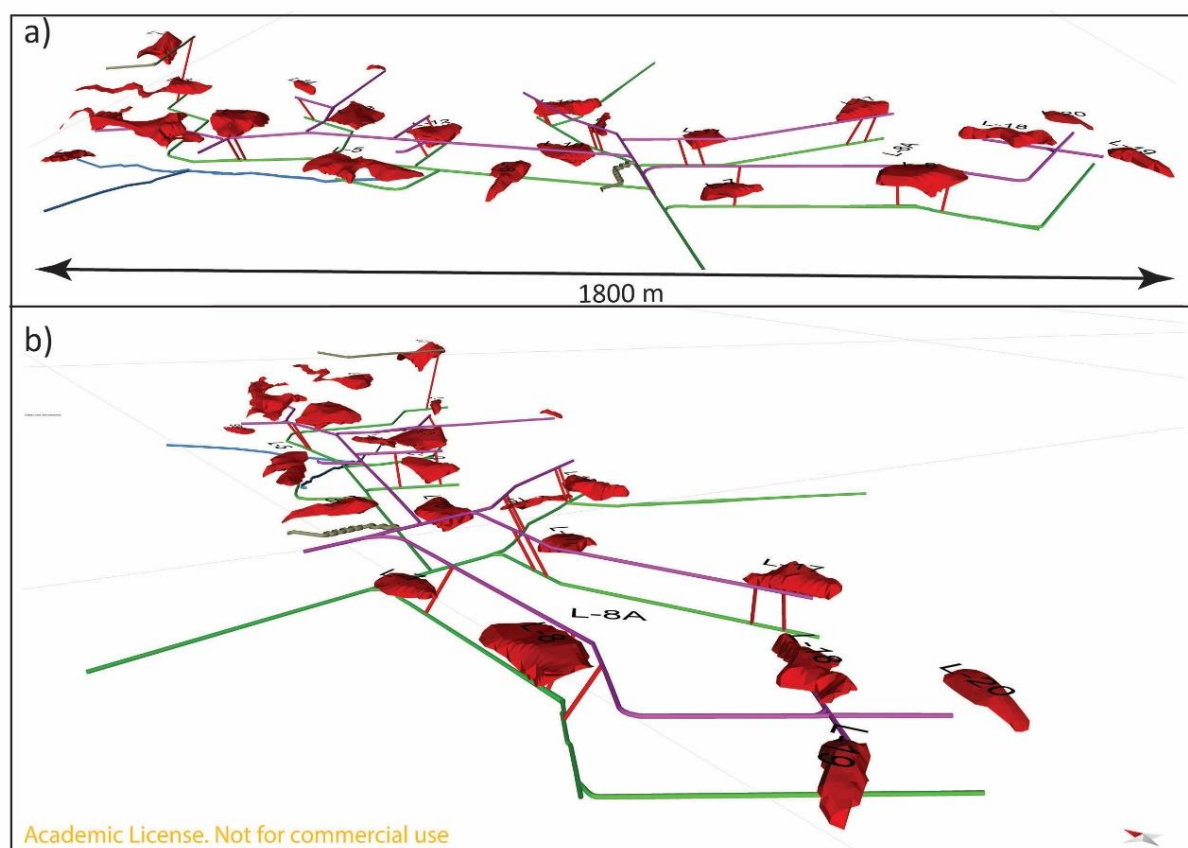


Slika 3. Prikaz plohe paleoreljefa u boksitosnom reviru Crvene Stijene (Pavičić et al., 2018).



Slika 4. Prikaz plohe paleoreljefa i ležišta boksita u boksitosnom reviru Crvene Stijene (Pavičić et al., 2018)

Izrađeni model je interaktivan te se lako nadograđuje novim podacima. To je važno jer se konstantno rade novi istražni radovi, bušotine, podzemni rudarski radovi itd. te se na temelju modela treba odlučivati o daljnjim istražnim radovima. Tako se relativno brzo mogu okonturirati novopronađena ležišta, izraditi njihov 3D model te izračunati dimenzije i volumen (slika 5) (pogledati primjer 3). Ovaj model se u sljedećoj fazi treba nadopuniti izradom litofacijsnog modela neposredne krovine ležištima boksita. Takav model može dati važne informacije o nastanku krovinskih naslaga, sedimentacijskim procesima, paleookolišnim uvjetima i sl. U području Crvene stijene, krovinske naslage prepoznate su kao vrijedan AG-K (Galić et al, 2015). Litofacijsni model prikazao bi prostornu raspodjelu litofacijsa koji predstavljaju AG-K te raspodjelu rasjeda i pukotinskih sustava koji su glavni faktor kod planiranja i projektiranja istražnih i eksploatacijskih radova.

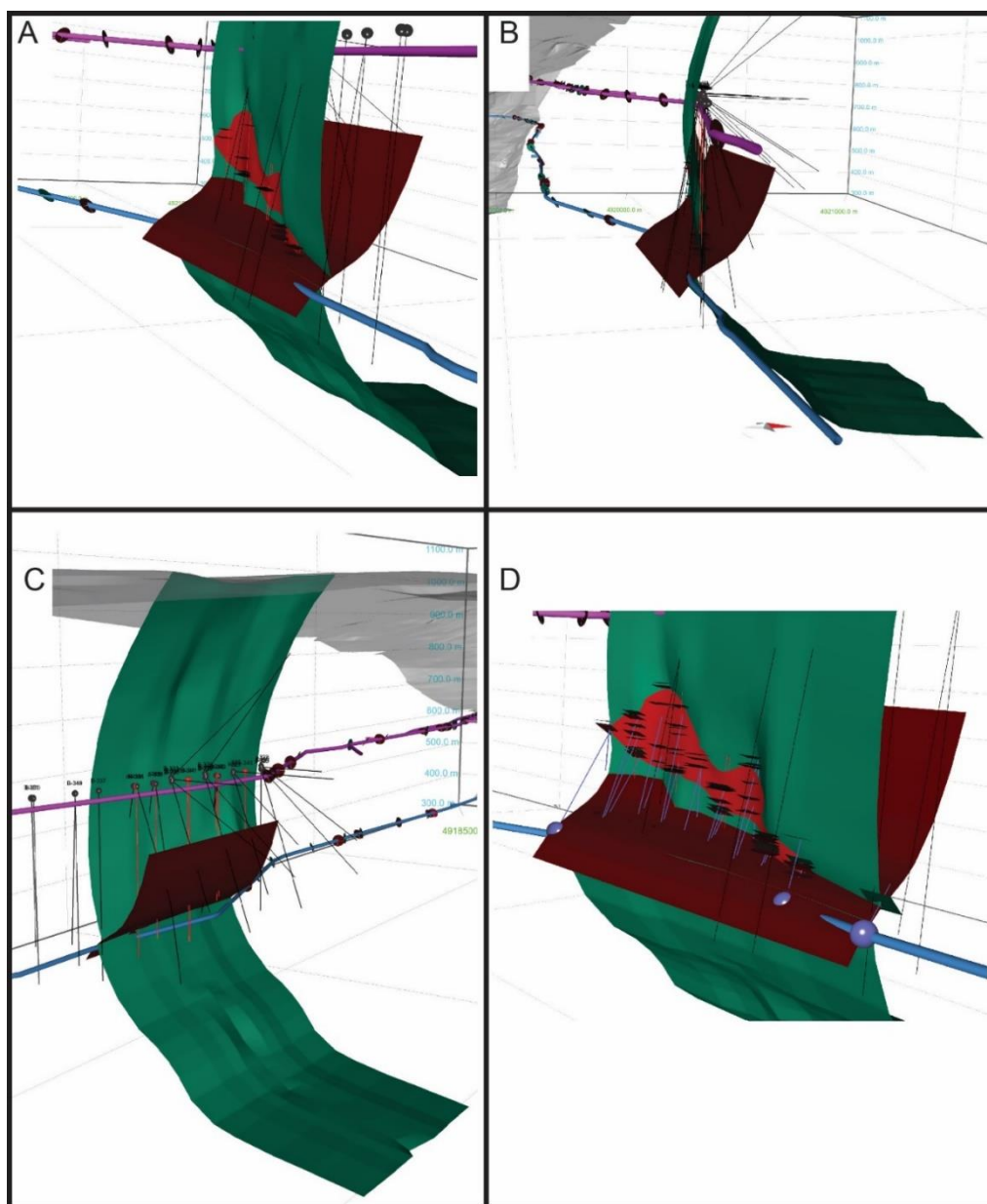


Slika 5. Prikaz ležišta boksita i podzemnih rudarskih radova u boksitonošnom reviru Crvene Stijene (Pavičić et al., 2018)

Primjer 2: Primjena 3D geološkog modela u planiranju i projektiranju bušotina (primjer boksitonošnog revira Bešpelj)

3D geološki model boksitonošnog revira Bešpelj je u preliminarnoj fazi izrade. Kako se radi o vrlo kompleksnoj strukturi gdje je ploha paleoreljefa, a time i ležišta boksita u strmom, vertikalnom i prebačenom položaju (Slika 6), planiranje i izvođenje istražnih i eksploatacijskih radova je vrlo zahtjevno. Ovaj model trenutno se koristi za planiranje istražnih bušotina, jer s obzirom na kompleksnu strukturu, bez vizualizacije podzemlja teško je odrediti smjer i kut

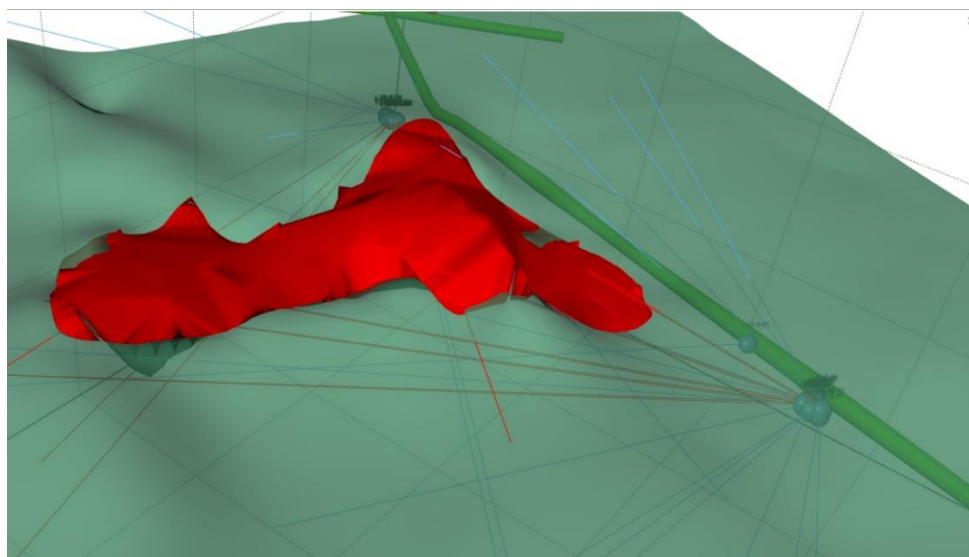
istražne bušotine. Ploha paleoreljefa, odnosno kontaktna ploha podinskih i krovinskih naslaga ležištima boksita ključan parametar. Istražne bušotine bilo da se rade iz podine ili iz krovine ležištima boksita, uvijek trebaju biti usmjerene prema kontaktnoj plohi. Na temelju 3D modela optimalna orijentacija usmjerene bušotine se relativno pouzdano može odrediti te se može procijeniti duljina bušotine do predviđenog kontakta. Takvo planiranje i projektiranje istražnih bušotina osim pouzdanosti, ekonomski je opravdano (eng. Cost-effective) jer se troškovi bušenja mogu precizno unaprijed planirati ali i uvelike smanjiti troškovi suvišnog bušenja (npr. u krivom smjeru). Osim bušotina na temelju modela mogu se planirati projektirati podzemni rudarski radovi. Na temelju 3D modela, odredi se trasa planiranog potkopa te za njega napravi preliminarna geološka karta koja se lako nadopunjava s novim podacima. To je također bitno sa ekonomke strane jer se takvim načinom planiranja mogu smanjiti i/ili predvidjeti troškovi izrade potkopa (npr. stabilnost potkopa u različitim stijenama, količina podgrdada u rasjedima i rasjednim zonama itd).



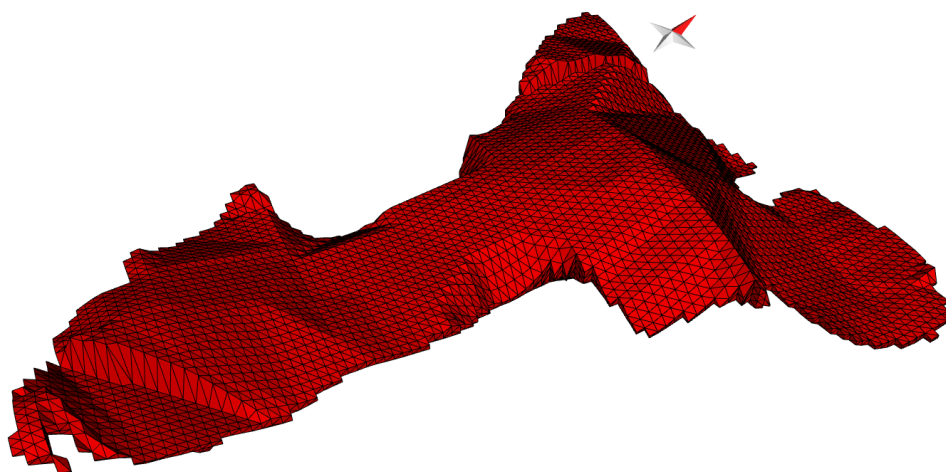
Slika 6. Ploha paleoreljefa i ležište L-37 u boksitosnom reviru Bešpelj.

Primjer 3: Primjena 3D geološkog modela u vizualizaciji geometrije ležišta te procjenu rezervi (primjer ležište L-25, boksitonosni revir Crvene Stijene)

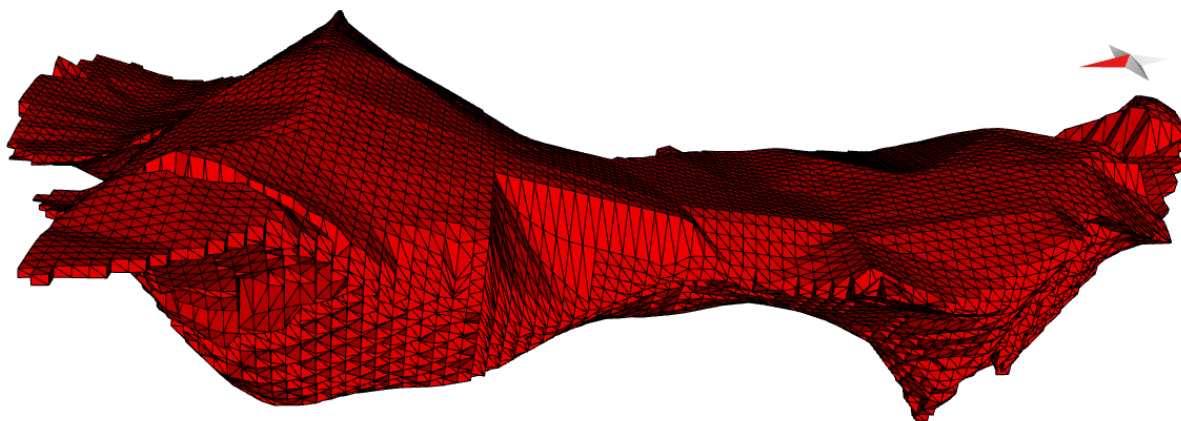
Treći primjer primjene 3D geološkog modela je izrada modela na temelju usmjerenih bušotina novo-istraženog ležišta L-25 u boksitonosnom reviru Crvene Stijene (slike 7-9). Važno je napomenuti da je ležište istraživano sa usmjerenim bušotinama iz podzemnih rudarskih radova, koje su različite orijentacije i relativno blagih nagiba (od vodoravnih do 30ak stupnjeva prema gore ili dolje). To znači da probušene debljine boksita nisu prave nego prividne debljine te je metoda aritmetičke sredine nije adekvatna kod ovakvog rasporeda istražnih radova. Također nije moguće načiniti ni karakteristične geološke presjeka (poprečni i uzdužni) prije nego se ležište definira u 3D prostoru. Da bi to bilo moguće, prvo je bilo potrebno načiniti geološke presjeka po profilima bušotina. Nakon toga bilo je moguće odrediti približnu konturu ležišta te načiniti niz poprečnih i uzdužnih profila, te interpolacijom prostora između profila načiniti 3D model ležišta boksita.



Slika 7. Prikaz 3D modela ploha paleoreljefa i ležišta boksita L-25 u boksitonosom reviru Crvene Stijene.



Slika 8. Prikaz 3D modela ležišta boksita L-25 u boksitonosom reviru Crvene Stijene.



Slika 9. Prikaz 3D modela ležišta boksita L-25 u boksitonosom reviru Crvene Stijene

4. Diskusija i zaključak

Rezultati istraživanja na svim aktivnom boksitonosnim revirima u području Jajca pokazuju da se s predstavljenim računalnim tehnikama i metodologijama mogu izraditi pouzdani i vjerni prikazi geološke građe podzemlja određenog područja. Metodologija obuhvaća integraciju raznovrsnih ulaznih podataka (bušotine, geološke karte i profili, DEM, terenska mjerenja s površine i u podzemnim rudarskim radovima i dr.) s ciljem izrade 3D geološkog modela. Metodologija je temeljena na organizaciji i sistematizaciji ulaznih podataka, njihovim transformacijama te primjeni različitih interpolacijskih algoritama u ovisnosti o kompleksnosti geoloških objekata koji se modeliraju te tipu, količini i kakvoći ulaznih podataka. Tako model predstavlja i 3D bazu podataka gdje su svi ulazni podaci vidljivi u 3D prostoru što je posebno korisno kada se radi o velikom broju ulaznih podataka (for example 600 boreholes). Metodologija za različite tipove ploha, različite kompleksnosti i geometrije te različite ulazne podatke nudi optimalne interpolacijske algoritme. Zato bi metodologija mogla biti primjenjiva i u drugim područjima u svijetu i za druge mineralne sirovine.

Izrađeni modeli su interaktivni te se lako nadograđuje novim podacima. To je važno jer se konstantno rade novi istražni radovi, bušotine, podzemni rudarski radovi itd. te se na temelju modela treba odlučivati o daljnjim istražnim radovima. Tako se relativno brzo mogu okonturiti novopronađena ležišta, izraditi njihov 3D model te izračunati dimenzije i volumen. Ove modeli se u sljedećoj fazi treba nadopuniti i izradom litofacijsnog modela neposredne krovine ležištima boksita. Takav model može dati važne informacije o prostornoj raspodjeli, nastanku krovinskih naslaga, sedimentacijskim procesima, paleookolišnim uvjetima i sl. U području Crvene stijene, krovinske naslage prepoznate su kao vrijedan AG-K (Galić et al, 2015). Litofacijsni model prikazao bi prostornu raspodjelu litofacijsa koji predstavljaju AG-K te bi se na temelju takvog modela mogli planirati istražni i eksploatacijski radovi. Također, takav model bio bi od velike koristi za planiranje i projektiranje podzemnih rudarskih radova i istražnih bušotina jer bi se mogli precizno predvidjeti vi smanjiti troškovi izrade istih.

Popis literature:

1. Bárdossy, G. (1982): Karst Bauxites, bauxite deposits on carbonate rocks. *Developments in Economic Geology* 14. Elsevier Scientific Publishing Company. Budapest. 441 pp.
2. Caumon, G., Collon-Drouaillet, P., Le Carlier De Veslud, C., Viseur, S., Sausse, J., 2009. Surface-based 3D modeling of geological structures. *Mathematical Geosciences* 41, 927–945. <https://doi.org/10.1007/s11004-009-9244-2>
3. Dragičević, I. & Velić, I. (2002): Northern Margin of the Adriatic Carbonate Platform. *Geologia Croatica* 55/2, p. 185-232. Zagreb.
4. Dragičević, I. (1981): Geological settings in bauxite bearing area Jajce, BiH. (in Croatian). M.Sc. Thesis. Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering. University of Zagreb. 65 pp. Zagreb.
5. Dragičević, I. (1987): Paleogeographic evolution of margin of mesozoic carbonate platform of Dinarides between Vrbas and Bosnia rivers. (in Croatian) PhD. Dissertation. Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering. University of Zagreb. Zagreb. 84 pp.
6. Duvinage, I., Mallet, J.L., (2000): Faulted horizon construction. http://www.ensg.inpl-nancy.fr/GOCAD/research/projects/horiz_construct/.
7. Florian Wellmann, J., Lindsay, M., Poh, J., Jessell, M., 2014. Validating 3-D structural models with geological knowledge for improved uncertainty evaluations. *Energy Procedia* 59, 374–381.
8. Galić, I., Krasić, D. & Dragičević, I. (2015): Evaluation of research in bauxite-bearing area at the „Crvene stijene“ locality with emphasis on exploitation of the associated deposits. *Geologia Croatica* 68/3. 225-236 p. Zagreb.
9. Guillen, A., Calcagno, P., Courrioux, G., Joly, A., Ledru, P., 2008. Geological modelling from field data and geological knowledge. Part II. Modelling validation using gravity and magnetic data inversion. *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 171, 158–169. <https://doi.org/10.1016/j.pepi.2008.06.014>
10. Hill, E.J., Oliver, N.H.S., Cleverley, J.S., Nugus, M.J., Carswell, J., Clark, F., 2014. Characterisation and 3D modelling of a nuggety, vein-hosted gold ore body, Sunrise Dam, Western Australia. *Journal of Structural Geology* 67, 222–234. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2013.10.013>
11. Laurent, G., Caumon, G., Jessell, M., 2015. Interactive editing of 3D geological structures and tectonic history sketching via a rigid element method. *Computers and Geosciences* 74, 71–86. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2014.10.011>
12. Lemon AM, Jones NL (2003): Building solid models from boreholes and user-defined cross-sections. *Comput Geosci* 29:547–555
13. Lindsay, M.D., Aillères, L., Jessell, M.W., de Kemp, E.A., Betts, P.G., 2012. Locating and quantifying geological uncertainty in three-dimensional models: Analysis of the Gippsland Basin, southeastern Australia. *Tectonophysics* 546–547, 10–27. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2012.04.007>
14. Mallet, J.L., 1992. Discrete smooth interpolation in geometric modelling. *Computer-Aided Design*
15. Mallet, J.L., 1997. Discrete modeling for natural objects. *Mathematical Geology* 29, 199–219. <https://doi.org/10.1007/BF02769628>
16. Marinković, R. i Ahac, A. (1975): Basic geological map of SFRY, sheet Jajce, scale 1:100 000 (in Croatian). Sav. geol. zavod, Beograd.
17. Marinković, R. i Đorđević, D. (1975): Explanatory notes for Basic geological map of SFRY, sheet Jajce, scale 1:100 000 (in Croatian). Sav. geol. zavod, Beograd.

18. Mei, G., 2014. Summary on Several Key Techniques in 3D Geological Modeling. *The Scientific World Journal* 2014, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2014/723832>
19. Nielsen, S.H.H., Cunningham, F., Hay, R., Partington, G., Stokes, M., 2015. 3D prospectivity modelling of orogenic gold in the Marymia Inlier, Western Australia. *Ore Geology Reviews* 71, 578–591. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2015.02.001>
20. Nykänen, V., Karinen, T., Niiranen, T., Lahti, I., 2011. Modelling the gold potential of central Lapland, northern Finland. *Geoscience for Society* 125, 71–82.
21. Nykänen, V., Salmirinne, H., 2007. Prospectivity analysis of gold using regional geophysical and geochemical data from the Central Lapland Greenstone Belt, Finland. *Special Paper of the Geological Survey of Finland* 2007, 251–269.
22. Papeš, J. (1984): Geological map of bauxite bearing area Jajce BiH. Archive of Rudnici boksita Jajce d.d.
23. Pavičić, I., Dragičević, I., Ivkić, I., 2018. High-resolution 3D geological model of the bauxite-bearing area Crvene Stijene (Jajce, Bosnia and Herzegovina) and its application in ongoing research and mining. *Geological Quarterly*, 62 (1): 100–119, doi: 10.7306/gq.1396
24. Perrouty, S., Lindsay, M.D., Jessell, M.W., Aillères, L., Martin, R., Bourassa, Y., 2014. 3D modeling of the Ashanti Belt, southwest Ghana: Evidence for a litho-stratigraphic control on gold occurrences within the Birimian Sefwi Group. *Ore Geology Reviews* 63, 252–264. <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2014.05.011>
25. Silva, D., Almeida, J., 2017. Geostatistical Methodology to Characterize Volcanogenic Massive and Stockwork Ore Deposits. *Minerals* 7, 238. <https://doi.org/10.3390/min7120238>
26. Simon W. Houlding, 1999. 3D Geoscience Modeling, Computer Techniques for Geological Characterization By Simon W. Houlding, *Mathematical Geology*. <https://doi.org/10.1023/A:1007501616094>
27. Sirakov, N.M., Muge, F.H. (2001); A system for reconstructing and visualising 3D objects. *Computers & Geosciences* 27 (1), 59–69.
28. Sprague KB, de Kemp EA (2005): Interpretive tools for 3-D structural geological modelling part II: surface design from sparse spatial data. *GeoInformatica* 9(1):5–32.
29. Vanneschi, C., Salvini, R., Massa, G., Riccucci, S. & Borsani, A. (2014): Geological 3D modeling for excavation activity in an underground marble quarry in the Apuan Alps (Italy). *Comput Geosci* 69: 41-54.
30. Vlahović, I., Tišljarić, J., Velić, I., Matičec, D., 2005. Evolution of the Adriatic Carbonate Platform: Palaeogeography, main events and depositional dynamics. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 220(3):333-360, DOI: 10.1016/j.palaeo.2005.01.011
31. Wang, Z., Qu, H., Wu, Z., Yang, H., Du, Q., 2016. Formal representation of 3D structural geological models. *Computers and Geosciences* 90, 10–23. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2016.02.007>
32. Wycisk, P., Hubert, T., Gossel, W., Neumann, C., 2009. High-resolution 3D spatial modelling of complex geological structures for an environmental risk assessment of abundant mining and industrial megasites. *Computers and Geosciences* 35, 165–182. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2007.09.001>
33. Zakrevsky, K.E., 2011. *Geological 3D Modelling*, 1st ed, EAGE Publications. EAGE Publications.
34. Zehnder, A.T., Allmendinger, R.W. (2000): Velocity field for the trishear model. *Journal of Structural Geology* 22 (8), 1009–1014

MOGUĆNOSTI UPOTREBE NEMETALIČNIH MINERALNIH SIROVINA U PROCESU ORGANSKE PROIZVODNJE

OPPORTUNITIES OF USE ON NON-METALLIC RAW MATERIALS IN PROCESS OF ORGANIC PRODUCTION

Cvetko Živković, Jelena Kokot

Samostalni savetnik, Geološki zavod Srbije, cvetko.zivkovic@gzs.gov.rs, Rovinjska 12, Beograd, Srbija

Savetnik, Geološki zavod Srbije, jelena.kokot@gzs.gov.rs, Rovinjska 12, Beograd, Srbija

Ključne reči: nemetalične mineralne sirovine, ogledni rezultati, organska poljoprivredna proizvodnja

Key words: non-metallic raw materials, experimental results, organic agricultural production

Kratak opis ciljeva i metoda

U okviru ovog stručnog rada prikazaćemo siže dobijenih rezultata na jednom ogledu koji je „Geološki zavod Srbije“ uradio zajedno sa Poljoprivrednom stanicom Novi Sad, u proteklom periodu. Iskazaćemo „Tehnološki proces“ (metodologija) realizacije upotrebljivosti domaćeg supstrata (zeolit kao stub nosač) u proizvodnji paradajza.

Za izvor izvođača na ovom ogledu bazirali smo se da to bude referentna ustanova među poljoprivrednim proizvođačima koja se u dosadašnjoj praksi uspešno bavi proizvodnjom u zatvorenom prostoru, a to je Poljoprivredna stanica iz Novog Sada.

Poljoprivredna stanica Novi Sad, ogled je postavila kod individualnog proizvođača iz Mošorina (u okviru plastenika).

Ogled je vršen na paradajzu „Nemo Netta“.

Pošto se izvršio izbor proizvođača, mesto ogledanja i vrsta sorte pristupilo se prvoj fazi postavljanja ogleda vezane za površine obeležavanja.

Nastojali smo da te površine budu iste, kao i površina koju ćemo izdvojiti za konvencionalnu proizvodnju (uobičajene).

Short description of objectives and methods

In this scientific paper we will represent summary of given results of one experiment which Geological Survey of Serbia realized together with Agricultural station from Novi Sad town. We will demonstrate “Technological process” (methodology) of realization of usability of domestic substratum (zeolite as carrier) in production of tomatoes.

For our experiment, between agricultural producers which are successful in indoor work, we chose as a reference institution Agricultural station from Novi Sad town.

Agricultural station from Novi Sad is prepared experiment in greenhouse of one individual producer from Mošorin village.

Experiment is made on tomato type „Nemo Netta“.

After the selection of producers, also the place of experiment and type varieties, is started with first phase of setting experiment in connection to marked surfaces.

We tried to be the same marked surfaces, aslo as surface what we will sort out for the conventional production (usual).

Uvod

Organska proizvodnja je sistem poljoprivredne proizvodnje koji je nastao kao reakcija na sve veću upotrebu hemijskih sredstava (pesticida i veštačkih đubriva) i sve veću upotrebu zračenja i, u poslednje vreme, nedovoljno ispitanih nanotehnologija u poljoprivrednoj proizvodnji. Ovaj sistem poljoprivredne proizvodnje je začet sredinom dvadesetog veka i dugo je nosio naziv Zelena revoucija. U početku je to bila individualna inicijativa proizvođača i potrošača zasnovana na međusobnom poverenju. Kako je svest o negativnim aspektima upotrebe veštačkih sredstava u poljoprivredi rasla tako je rasla i potražnja za proizvodima organske poljoprivrede.

Već 1972. godine osnovana je Međunarodna organizacija za organsku poljoprivredu (IFOAM – International federation of organic agriculture movements) kao svetska krovna organizacija čija je misija da vodi, ujedinjuje i pomaže razvoj organske poljoprivrede u njenoj punoj raznolikosti. Tokom godina, od marginalnog pokreta koji je kritikovan kao retrogradan, ova organizacija je rasla (preko 800 filijala) i postala ugledna institucija koja ima autoritet da uspešno promovise osnovne principe i standarde organske proizvodnje.

Posle tri godine usaglašavanja, ova organizacija je 2005. godine ozvaničila principe i definiciju organske poljoprivrede i Pravilnik međunarodnih propisa i standarda koji se koriste u postupku kontrole i sertifikacije u organskoj poljoprivredi.

"Organska poljoprivreda je proizvodni sistem koji održava zdravlje zemljišta, ekosistema i ljudi. Umesto korišćenja inputa sa štetnim efektima ona se oslanja na ekološke procese, biološku raznolikost i cikluse prilagođene lokalnim uslovima. Organska poljoprivreda kombinuje tradiciju, inovacije i nauku u održivom iskorišćavanju zajedničkog okruženje i promovisanju fer odnosa i dobrog kvaliteta života za sve učesnike".

Četiri osnovna principa organske poljoprivrede su:

- princip zdravlja – kroz organsku poljoprivredu proizvođač treba da održa i poboljša sopstveno zdravlje i zdravlje potrošača, zemljišta, biljaka i životinja a samim time i planete u celini;
- princip ekologije – organska poljoprivreda mora da bude integralni deo ekosistema u kome se realizuje i ona treba da izbegava upotrebu resursa koji mogu da ugroze održivost ekosistema;
- princip pravednosti – organska poljoprivreda mora da se zasniva na poštenom odnosu prema prirodi i okruženju;
- princip negovanja i staranja – važno je sačuvati zdravlje sadašnjih i budućih generacija kao i blagostanje ekosistema u kome se organska proizvodnja realizuje.

Organska poljoprivreda je u potpunosti kontrolisana proizvodnja i mora biti zakonom regulisana. Sve države članice Međunarodne organizacije za organsku poljoprivredu, kojih je 2012. godine bilo 120, imaju obavezu da navedene principe i Pravilnikom propisane standarde prilagode svojim specifičnim uslovima i inkorporiraju ih u zakonska akata kojim regulišu organsku proizvodnju na svojoj teritoriji.

Na nivou zemalja Evropske unije organska poljoprivreda je zakonski regulisana usvajanjem Uredbe br. 2092/91 koja je prestala da važi 2007. godine kada je zamenjena Uredbom br.834/2007. Evropsku uniju sledili su Japan i SAD sa svojim zakonskim regulativama a za njima i ostale zemlje članice Međunarodne organizacije za organsku poljoprivredu. U toku 2010. godine usvojen je znak-logo, zajednički za celu Evropsku uniju, kojim se obeležavaju sertifikovani organski proizvodi. Prvi zakon kojim je bila regulisana organska proizvodnja u Republici Srbiji bio je Zakon o organskoj proizvodnji usvojen 2000. godine (Sl. list SRJ, br. 28/2000), koji je prvo bio zamenjen zakonom iz 2006. godine koji je prestao da važi kada je usvojen aktuelni Zakon o organskoj proizvodnji (Službeni glasnik RS, br. 30/2010). Nacionalni znak kojim se obeležavaju sertifikovani organski proizvodi ozvaničen je 2006. godine.

Bitno je istaći da proizvod koji je dobijen na tradicionalan način nije proizvod organske poljoprivrede. Da bi se na jednom području započela organska poljoprivredna proizvodnja ona mora da ispunjava zakonom i pratećim dokumentima precizno definisane uslove: pre svega nezagađenost zemljišta, zatim, izolovanost zemljišnih parcela, stočarskih farmi i prerađivačkih kapaciteta od mogućih izvora zagađenja, odgovarajući kvalitet vode za navodnjavanje, sinhronizovan razvoj biljne i stočarske proizvodnje i mnogi drugi. Samo kontrolisani i sertifikovani proizvodi mogu nositi propisani logo "organske poljoprivrede"

Nezagađeno zemljište predstavlja osnovni resurs organske poljoprivredne proizvodnje od koga sve počinje. Pre nego što se pređe na organsku proizvodnju zemljište mora da prođe period konverzije (prelazni period) u toku koga se na njemu uspostavlja održiv agroekosistem i u toku koga proizvođač stiče iskustvo u primeni metoda organske poljoprivrede. Od načina upravljanja ovim resursom (zemljištem) zavisi kvalitet, očuvanje kvaliteta i kvantitet proizvoda organske poljoprivrede.

Metode istraživanja i ispitivanja

U okviru ovog stručnog rada prikazaćemo siže dobijenih rezultata na jednom ogledu koji je „Geološki zavod Srbije“ uradio zajedno sa Poljoprivrednom stanicom Novi Sad, u proteklom periodu.

Iskazaćemo „Tehnološki proces“ (metodologija) realizacije upotrebljivosti domaćeg supstrata (zeolit kao stub nosač) u proizvodnji paradajza.

Za izvor izvođača na ovom ogledu bazirali smo se da to bude referentna ustanova među poljoprivrednim proizvođačima koje se u dosadašnjoj praksi uspešno bavi proizvodnjom u zatvorenom prostoru, a to je Poljoprivredna stanica iz Novog Sada.

Poljoprivredna stanica Novi Sad, ogled je postavila kod individualnog proizvođača Čede Bačkalić iz Mošorina (u okviru plastenika).

Izbor povrća i sorte dali su stručnjaci stanice na čelu sa Milenom Petrov dipl.ing.polj. Takođe celokupan nadzor ovom ogledu vršili su: Milena Petrov, dipl.ing.polj., a

povremeno Cvetko Živković, dipl.ing.geol., Jelena Kokot dipl.ing.geol. i Milovan Milanović, dipl.ing.polj. Ogljed je vršen na paradajzu „Nemo Netta“.

Pošto se izvršio izbor proizvođača, mesto ogledanja i vrsta sorte pristupilo se prvoj fazi postavljanja ogleda vezane za površine obeležavanja.

Nastojali smo da te površine budu iste, kao i površina koju ćemo izdvojiti za konvencionalnu proizvodnju (uobičajene).

U završnoj fazi postavljenog ogleda imali smo sledeće površine i to:

a) Površina pod rasadom za:

- paradajz - sorte .. sa upotrebljenim substratom G-1 označićemo sa A
- paradajz - sorte.. sa upotrebljenim substratom G-2 označićemo sa B
- površinu pod sortom paradajza gde je uobičajeni (konvencionalni) substrat označićemo sa D

b) Površina pod redovnom proizvodnjom plodova za:

- paradajz - sorte.. sa upotrebljenim substratom G-1 - označićemo sa E
- paradajz - sorte.. sa upotrebljenim substratom G-2 - označićemo sa Z
- površinu pod sortom paradajza gde je uobičajeni (konvencionalni) substrat označićemo sa J

Stalno praćenje bilo je počev od rasadnika preko nege biljaka, do proizvodnje plodova gledano kroz sve glavne faze razvoja useva i to:

0. Faza - klijanje, izbijanje klica, razviće pupoljaka;
1. Faza - razvoj lišća (glavnog stabla);
2. Faza - formiranje sekundarnih stabala (bokorenje);
3. Faza - rast stabla i rozete, vodeće stablo;
4. Faza - razvoj vegetativnog dela biljke koji služi za berbu ili organa koji se vegetativno šire (vodeće stablo);
5. Faza - početak cvetanja (vodeće stablo), klasanje;
6. Faza - cvetanje (vodeće stablo);
7. Faza - razvoj ploda;
8. Faza - sazrevanje i zrelost plodova i semena;
9. Faza - starenje, početak mirovanja.

Za ovakvu jednosezonsku demonstraciju ogleda na paradajzu, sačinjena su od strane "Geološkog zavoda Srbije" dva supstrata ("G-1 i "G-2") od tri nemetalne mineralne sirovine od kojih jedan zeolit (nosač oba supstrata), drugi bentonit i treći treset.

- Sve tri sirovine su sa naših prostora i to:

Zeolit: Sa ležišta "Igroš" kod Brusa. U supstratu, zeolit je korišćen u prirodnom stanju (netretiran) u granulaciji od 60-100 µm.

Bentonit: Sa ležišta "Mečji Do" kod Vlasotinca u usitnjenom stanju (oko 80 µm).

Treset: Sa ležišta "Karakujića Bunari" - Sjenica u rovnom stanju.

a) zeolit

b) bentonit

c) treset



Sl. 1. Mineralne sirovine koje su učestvovalе u spravljanju supstrata za ogled

1. Prvi substrat označen sa "G -1" činile su sledeće mineralne sirovine (simboli sirovine):

- G -1 Be sa 30% učešća,
- G -1 Tr sa 40,0% učešća i
- G -1 Ze sa 30,0% učešća.

2. Drugi substrat označen sa "G-2" činile su sledeće mineralne sirovine (simboli sirovine):

- G-2 Be sa 30% učešća,
- G-2 tr sa 50% učešća i
- G -2 Ze sa 20% učešća

Dobijeni rezultati

Demonstracioni ogledi su bili vrlo uspešni i opravdali su dosta skromna ulaganja u njih. Dobijeni rezultati su opravdali naša očekivanja da upotrebom nekih prirodnih nemetaličnih mineralnih sirovina, tehnološko tretiranih daju znatno bolje rezultate kako u kvalitetu tako i u kvantitetu.

Poređenjem dobijenih rezultata između substrata „G -1“ i „G -2“ u odnosu na kontrolu je na strani substrata u pozitivni gotovo u svim fazama tj. do branja:

- Tako na primer nicanje je bilo 31.01.2007.godine, kod substrata „G -1“ i „G -2“, a kod kontrole 2.02.2007. godine
- Sadnja rasada (Novi Sad - Mošorin) – paradajz obavljena je 02.04.2007. godine („G -1“, „G -2“ i kontrola)
- Cvetanje paradajza počelo je 10.04.2007. godine, oba substrata, a kod kontrole 12.04.2007. godine.
- Broj rodnih grana (substrat) – 12-15; kontrola 10-13.



Slika 2: Ogled paradajza – Mošorin - supstrat G-1 i G-2 i kontrola K

- Broj plodova paradajza po rodnoj grani: supstrat 5-8, a kontrola 5-7

- Prinos po rodnoj grani : substrat 950-1000 gr, kontrola 700-800 gr
- Prinos po m²: substrat 44,6 kg, kontrola 37,3 kg
- Visina biljke paradajza: substrat 5,30 m, kontrola 4,8 m

Može se zaključiti da su biljke gajene u substratu „G -1“ i „G -2“ pokazale bolje rezultate nego biljke u kontroli, što se može videti iz priložene tabele.

Tabela 1 – Tabelarni prikaz dobijenih rezultata fenofaza razvoja na ogledu paradajza “Nemo Netta“ u odnosu supstrat „G-1“ i „G-2“ - kontrola

Fenofaza razvoja	„G – 1“	„G – 2“	Kontrola
Setva	24.01.2007	24.01.2007.	24.01.2007.
Nicanje	31.01.2007	31.01.2007.	2.02.2007.
Pikiranje	28.02.2007	28.02.2007.	28.02.2007.
Sadnja na stalno mesto	2.04.2007.	2.04.2007	2.04.2007.
Cvetanje	10.04.2007.	10.04.2007	12.04.2007.
Berba	18.06.-31.10.2007.	18.06.- 31.10.2007.	18.06.-31.10.2007.
Br. rodnih grana (spratova)	12 - 15	12 – 15	10 - 13
Br. plodova po rodnoj grani	5 – 8	5 - 8	5 – 7
Težina ploda	160-220 gr	160-220 gr	160-200 gr
Prinos po rodnoj grani	900-1000 gr	950-1000 gr	700-800 gr
Prinos po biljci	12,35 kg	12,75 kg	8,25 kg
Prinos m ²	43,20 kg	44,60 kg	37,30 kg
Visina biljke (m)	5,20 m	5,30 m	4,80 m

Pored vidljivo pozitivne razlike u korist paradajza tretiranom kroz supstrat koga čine neke nemetalične mineralne sirovine (na čelu sa zeolitom, mora se napomenuti da ovako tretirane biljke donose mnogo zdraviji plod jer su tretirane bez hemije (veštačkih đubriva, pseticida i dr.) već su hranu primali na potpuno prirodan organski način i da bi u budućnosti trebalo uraditi mnogo više ovakvih oglada iz kojih bi se izveo znatno relevantniji zaključak, o upotrebi nekih nemetaličnih mineralnih sirovina u poljoprivredi.



Slika 3: Snimak kao dokaz uticaja zeolita kao nosača u poljoprivredi na ogledu paradajz „Nema Netto“ – Mošorin, u domaćinstvu Čede Bačkalića (foto: C. Živković)

Diskusija

U ovom eksperimentu otkrili smo da jednostavna upotreba smeše tri minerala – zeolita, bentonita i treseta - (supstrata G1 i G2) pozitivno utiče na rast i prinos povrća. Smeša se lako nanosi na početku vegetacijskog perioda i čini se da pokazuje pozitivan efekat tokom celog perioda (Živković i Kokot, 2008-2013).

Zaključak

Upotrebom nemetaličnih mineralnih (sa zeolitom kao nosačem) sirovina u poljoprivrednoj proizvodnji stvoriće se niz pozitivnih uticaja:

- Stvara se perspektiva za otpočinjanje poljoprivredne biljne proizvodnje (a ona je osnova i za stočarsku proizvodnju) po principima organske poljoprivrede, što ima za posledicu dobijanje poljoprivrednih proizvoda visoke biološke (eko) vrednosti traženih kako na našem, tako i na tržištima razvijenih zemalja.
- Povećaće se racionalno korišćenje površina degradiranog poljoprivrednog zemljišta.
- Nemetalične mineralne sirovine (zeolit kao nosač) koje kandidujemo za upotrebu u poljoprivrednoj proizvodnji po proceduri organske poljoprivrede, upravo su te koje se kako je to i Zakon o organskoj poljoprivredi definisao, u trajanju od 3-5 godina, zemljište „čisti“ od teških metala, velikih kiselosti, poslanjenosti, itd; rečju meliorišu se, a istovremeno unošenjem nemetaličnih (prirodnih) sirovina vrši se i obogaćivanje zemljišta sa neophodnim i korisnim hranljivim elementima.

Reference

1. Vakanjc B. (1990): Geologija ležišta novih tipova mineralnih sirovina, Beograd, s. 417-126.
2. Živković, C., Kokot, J. 2007-13: Godišnji izveštaj o izvršenim radovima i dobijenim rezultatima po projektu „Nemetalične mineralne sirovine u poljoprivrednoj proizvodnji i organskoj proizvodnji na teritoriji R. Srbije za 2007-2013. g“. Fond „Geološkog zavoda Srbije“, Beograd.

КАРТА СКЛОНОСТИ ТЕРЕНА КА КЛИЖЕЊУ ОПШТИНЕ ВИШЕГРАД

LANDSLIDE SUSCEPTIBILITY MAP OF THE VIŠEGRAD MUNICIPALITY

Цвјетко Сандић, дип. инж. геол., Ковиљка Лека, дипл. инж. геол.

Цвјетко Сандић, дип. инж. геол., Републички завод за геолошка истраживања РС

Ковиљка Лека, дипл. инж. геол., Републички завод за геолошка истраживања РС

Кључне ријечи: склоност, клизишта, хазард, ризик, Вишеград.

Keywords: susceptiility, landslides, hazard, risk, Višegrad

Сажетак

Карта склоности терена ка клижењу подручја општине Вишеград настала је према Дугорочном програму развоја основних геолошких истраживања Републике Српске за период 2014.-2029. године, као један од планских докумената из области клизишта. Представља основу за друге, детаљне карте које ће бити од велике важности за свакодневно управљање хазардима и ризицима од клизишта, а посебно за управљање у ванредним ситуацијама.

Summary

The landslide suscetibility map the Visegrad municipality area was made according to the Long-term program of development of basic geological surveys of the Republic of Srpska for the period 2014-2029. It is one of the planning documents in the area of landslides. It provides the basis for other detailed maps that will be of great importance for the landslide hazard and risk management and for emergency management.

1. Увод

Клизишта представљају један веома комплексан и сложен проблем који је веома чест на територији Републике Српске, па и у општини Вишеград и својим дјеловањем угрожава становништво, безбједност саобраћаја и изазива велике материјалне штете.

Формирањем ГИС базе података о клизиштима за територију Републике Српске, створена је добра основа, и био је природан слијед израдити карту склоности терена ка клижењу која представља карту просторне вјероватноће дешавања клизишта на неком подручју.

До сада је за територију општине Вишеград у базу унесено 105 поједничних појава нестабилности терена.

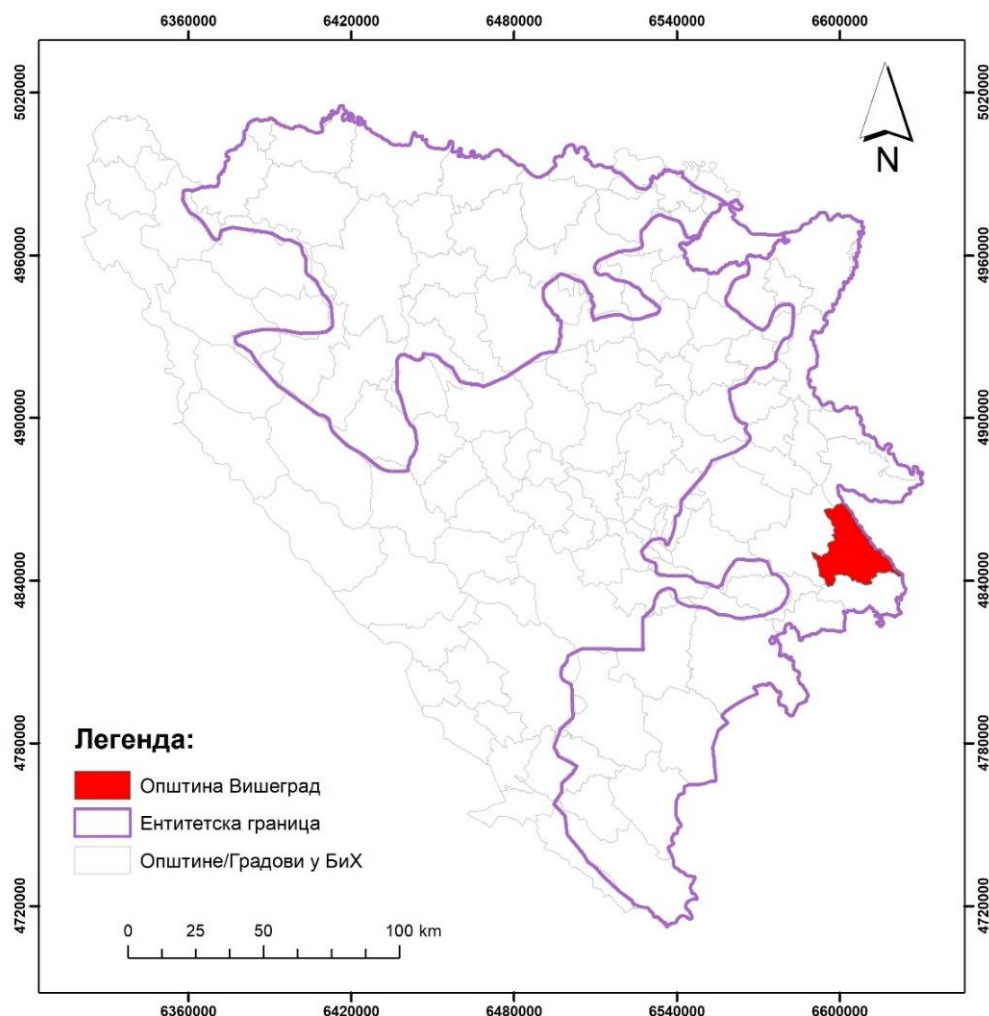
Такође значајно је да је једна оваква карта израђена према најсавременијим научним и техничким достигнућима и праксама из ове области, уз коришћење савремених GIS алата.

2. Географски положај

Општина Вишеград се налази на крајњем истоку Републике Српске, односно Босне и Херцеговине (Слика 1.). Општина лежи на обалама ријеке Дрине и Рзав и акумулационог језера хидроелектране Вишеград и Бајина Башта.

Источна граница општине уједно је и државна граница са Републиком Србијом, односно општинама Бајина Башта и Ужице. Са југа се општина Вишеград граничи са општином Рудо, а са запада и сјеверозапада са општинама Рогатица и Сребреница. Кроз Вишеград пролази магистрални пут М5 [Сарајево – Вишеград - Ужице](#). Овом путном комуникацијом преко Ужица повезан је са [Београдом](#), преко [Рогатице](#) са западним дијеловима Републике Српске/БиХ, а преко [Фоче](#) са Требињем и [Јадранским морем](#). Кроз Вишеград је до 1970. године пролазила [ускотрачна пруга](#) Београд - Сарајево. У туристичке сврхе, половином 2010. године, дио ове пруге, који пролази кроз Шарган — чувена „[Шарганска осмица](#)“ у Србији, је обновљена до Вишеграда.

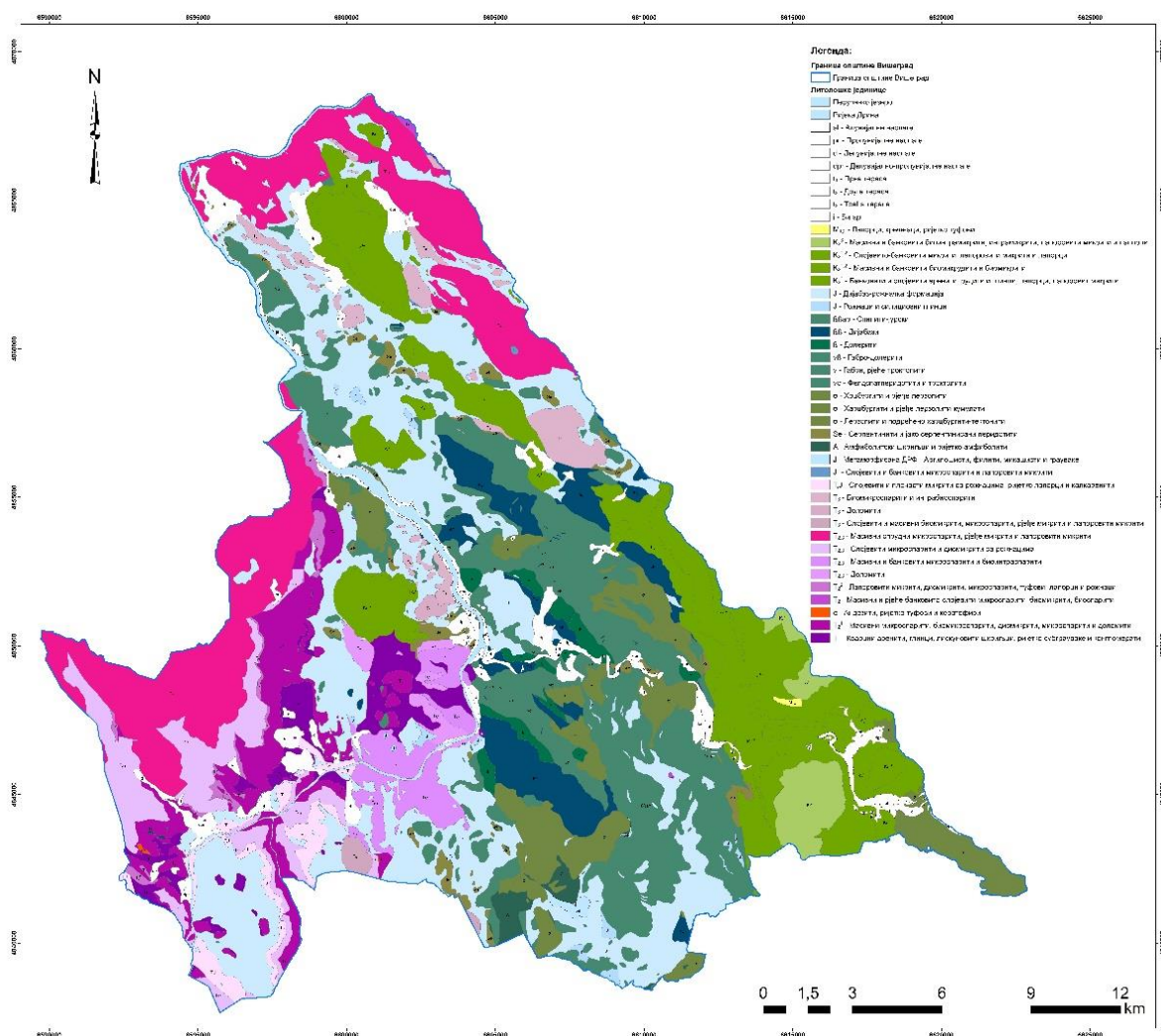
Општина Вишеград заузима површину од 448 км², а просјечна надморска висина износи 324м. Највиша тачка у општини је Велики Столац на планини Звијезда са 1.675 м.н.в, а најнижа 288 м.н.в.



Слика 1. Положај општине Вишеград у оквиру РС и БиХ.

3. Геолошка и инжењерскогеолошка грађа територије општине Вишеград

Геолошка грађа подручја општине Вишеград дата је на основу података ОГК 1:100.000 листова Вишеград и Титово Ужице, (Слика 2). На приказаној геолошкој карти Вишеграда заступљени су седименти од тријаса до квартара, односно сљедећи литолошки чланови: доњи, средњи и горњи тријас; јурски седименти и то кречњаци лијаса и дијабаз-ројњачка формација; затим кластично-карбонатни седименти горње креде; миоценски седименти заступљени на веома малом простору и седименти квартара као најмлађи чланови.



Слика 2. Геолошка карта територије општине Вишеград (према ОГК листовима, 1:100.000: Вишеград (Ј. Олујић и др., 1986.) и Титово Ужице (С. Мијасиловић и др., 1977.).

Територија општине Вишеград одликује се изузетно сложеним инжењерскогеолошким карактеристикама, разноврсношћу литостратиграфског састава, подложним за развој процеса нестабилности, сложеним хидрогеолошким својствима, те значајним утицајем човјекове дјелатности на околни терен кроз извођење различитих грађевинских радова.

Због сложености и разноврсности, извршено је груписање јединица сличних инжењерскогеолошких својстава, што је приказано у наредном тексту.

Генерално гледано, све стијене које учествују у грађи терена у инжењерскогеолошком смислу могу се подијелити у слjedeће комплексе:

- комплекс тријаских седимената;
- комплекс наслага јурске старости (дијабаз-ројначка формација);
- комплекс стијена горње креде;
- комплекс миоценских седимената;
- комплекс седимената квартара;

Од тријаских седимената, у инжењерскогеолошком смислу, најзначајнији су аренити, алевролити, доломити и кречњаци заступљени југозападно од Вишеграда, као и микроспарити, микрити и ројнаци на југу општине у подручју Дрине и Лима. Ове стијене су углавном слојевите, рјеђе масивне, веома испуцале и карстификоване. Одроњавање и клизање се често јавља као последица засијецања и оптерећења падина у којима су пукотине паралелне нагибу косине или ако је у самом масиву повећано присуство лапоровито-глиновитих прослојака и сочива. Често је преко овог комплекса формиран и глиновито-пјесковити покривач као продукт распадања основне стијене. Уз утицај површинских и подземних вода, овај покривач је веома подложен процесима нестабилности.

Дијабаз-ројначка формација представља средину у којој су веома честе појаве нестабилности терена. Литолошки састав је веома хетероген и склон површинском распадању. Преовладавају аргилошисти, филити, шкриљци, дијабази, серпентити, перидотити, ројнаци са глинцима. По својим хидрогеолошким својствима ови комплекси су слабо водопрпусни до водонепрпусни што је последица њиховог лаганог трошења и распадања, те склоности према процесима нестабилности.

Овај комплекс заузима шири простор око Вишеграда, око Вишеградске Бање, Дубова, Добруна, Суве Горе, Прелова итд. (слика 2).

Комплекс стијена горње креде заузима дио територије и у источном и западном дијелу општине Вишеград (слика 2). То су подручја око локалитета Заовине, Кука Поток, Лијеска, Мацуте и Оцак

Најраспрострањеније стијене овог комплекса су аренити, глинци, лапоровити микрити, биомикрити, кречњаци. Граде стабилне терене, са ријетким појавама нестабилности, осим у дијеловима са интензивном испуцалошћу. По својим хидрогеолошким својствима ови комплекси су слабо водопрпусни до водонепрпусни.

Комплекс миоценских седимената изграђује југоисточне дијелове општине Вишеград, око Рзава код Станишевца. Доминантни седименти овог комплекса су лапорци и кречњаци, подређено туфови. Терени изграђени од ових седимената, у инжењерскогеолошком смислу су условно стабилни до нестабилни. Појаве нестабилности у овом комплексу могу бити честа појава, а све у зависности од дебљине коре површинског распадања, која је подложна клижењу.

Квартарни, прије свих, алувијални седименти и терасни седименти изграђују дијелове терена малих нагиба терена у којима се процеси нестабилности изузетно ријетки. Ови седимената изграђују искључиве равнице дуж ријечних токова на

територији општине. У грађи терена преовладавају различито таложени и неједнолично гранулисани седименти шљунка и пијеска, мјестимично глине, рјеђе муља. Представљају стабилне терене. У хидрогеолошком погледу представљају добро водопропусне средине.

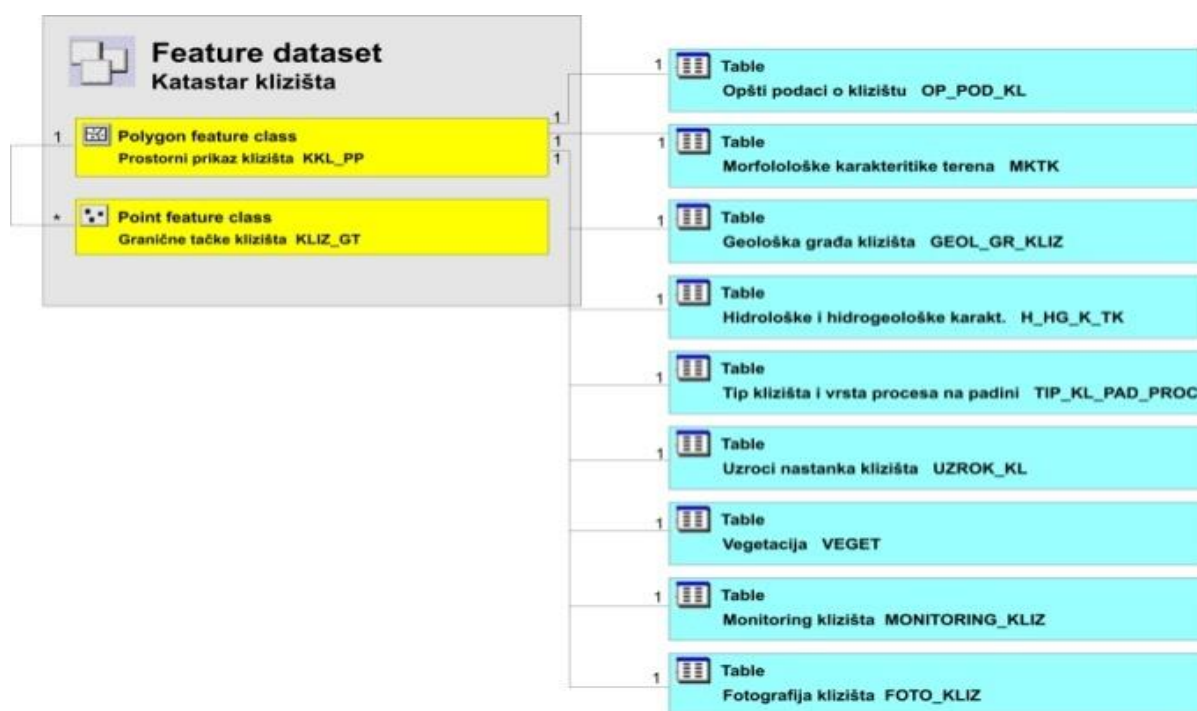
Делувијални и делувијално-пролувијални и пролувијални седименти квартарне старости предствљају терене нешто већих нагиба, идеалних за развој клизног процеса. То су терени изграђени од глиновито-пјесковитих и дробинских материјала. Комплекси ових стијена стварају велике тешкоће, јер такви материјали подлијежу расквашавању, бубрењу и тако слабљењу физичко-механичких карактеристика, што услед великог прилива воде доводи до стварања процеса нестабилности. Најчешће су развијени у уз ријеку Дрину, Рзав, Каменички поток, али и у околини Клашника, Милошевића и Косова Поља.

3. Методологија израде карте склоности ка клижењу

Основа за било какав почетак процедуре о управљању ризиком од клизишта подразумева прије свега прикупљање документације претходних истраживања и формирање базе података катастра клизишта за неко подручје (Аболмасов, 2012). Процјена хазарда и ризика од клизишта као крајњи производ треба да даје просторне зоне класификоване и рангиране према неком од унапријед задатих критеријума.

Формирањем и развојем дигиталне ГИС базе катастра клизишта и нестабилних падина за територију Републике Српске која се налази у Геолошком заводу Републике Српске (слика 3), створени су услови за израду карата које су основа за правилно управљање ризиком.

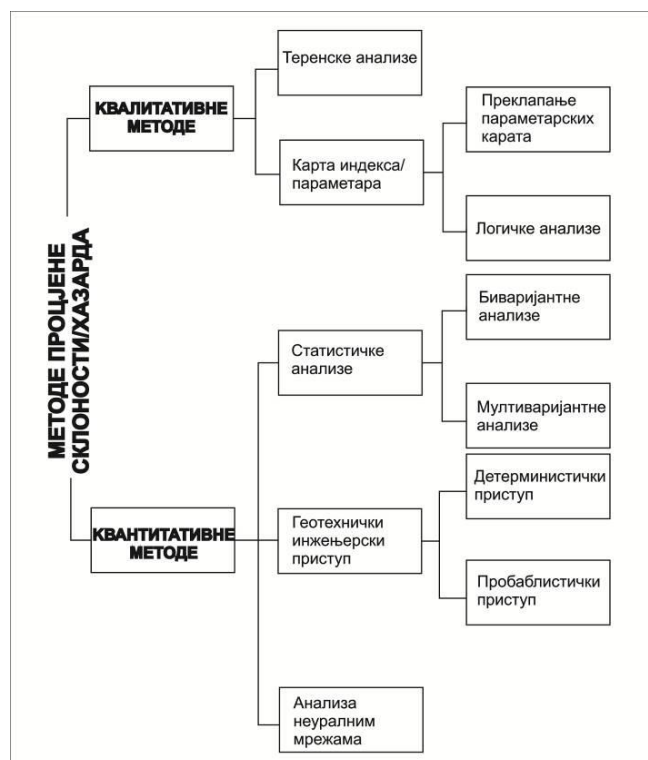
Генерално говорећи, методе процјене хазарда и ризика од клизишта могу се грубо подијелити на квалитативне и квантитативне. У сваком случају тежња је да се колико је год то могуће дескриптивни подаци замјене нумеричким.



Слика 3. Модел дигиталне ГИС базе катастра клизишта Републике Српске

Први корак у анализи ризика јесте израда карте склоности терена ка клижењу. Она у себи садржи податке о заступљености појединих типова клизишта на површини терена, њиховој магнитуди (запремини или површини), по могућству активности, брзини кретања и даљини до које покренути материјал може да доспије (Аболмасов, 2012).

Када се ради анализа подложности/склоности терена ка клижењу, критеријуми су јасно дефинисани, те се узимају у обзир догађаји из прошлости на основу којих се могу предвидјети евентуални догађаји у будућности (Fell et al., 2008). У најширем смислу методе процјене склоности, односно хазарда могу се подијелити на квалитативне и квантитативне (слика 4). Квалитативне методе процјене ослањају се на искуствено-експертско расуђивање у рјешавању задатог проблема. Главне мане овог приступа јесу могућа субјективност приликом анализа и приликом избора улазних података.



Слика 4. Методе процјене склоности/хазарда од клизишта (према Aleotti & Chowdhury, 1999).

Доста добре резултате квалитативне методе дају у регионалним анализама, односно за израду карата размјере до 1:25.000, што је и овдје случај. У суштини, карта склоности терена ка клижењу даје приједлог рангирања терена у смислу просторне вјероватноће од појаве клизишта на неком простору. Важно ја напоменути да карте у себи не садрже компоненту времена, за разлику од карте хазарда која укључује и вријеме.

Овакве карте могу бити веома погодне прегледне карте разумљиве стручњцима из различитих области, прије свега просторног планирања, урбанизма и сл.

АХП метода (*Analytic Hierarchy Process*) је математичка, вишекритеријумска метода (Saaty, 2003) која се доста користи за моделирање просторних података, а у данашње вријеме има велику примјену и у области инжењерске геологије. АХП је погодан поступак за вишекритеријумско моделирање са растерима, те је итекако погодан

за анализу просторних података о клизиштима и другим утицајним факторима (Marjanović, 2013).

Први корак у примјени једне овакве методе јесте формирање АНР матрице са критеријумима помоћу које се они међусобно пореде и на тај начин се врши вишекритеријумска анализа. Метода се заснива на разлагању сложеног проблема у хијерархији, гдје се циљ налази на врху хијерархије док су критеријуми на нижим нивоима (табела 1).

Коначна једначина модела након анализе треба да има сљедећи облик (1):

$$M_{\text{АНР}} = \sum_{i=1}^n w_i F_i \quad (1)$$

где је: w_i тежински фактор, F_i одговарајући критеријум (*layer*)

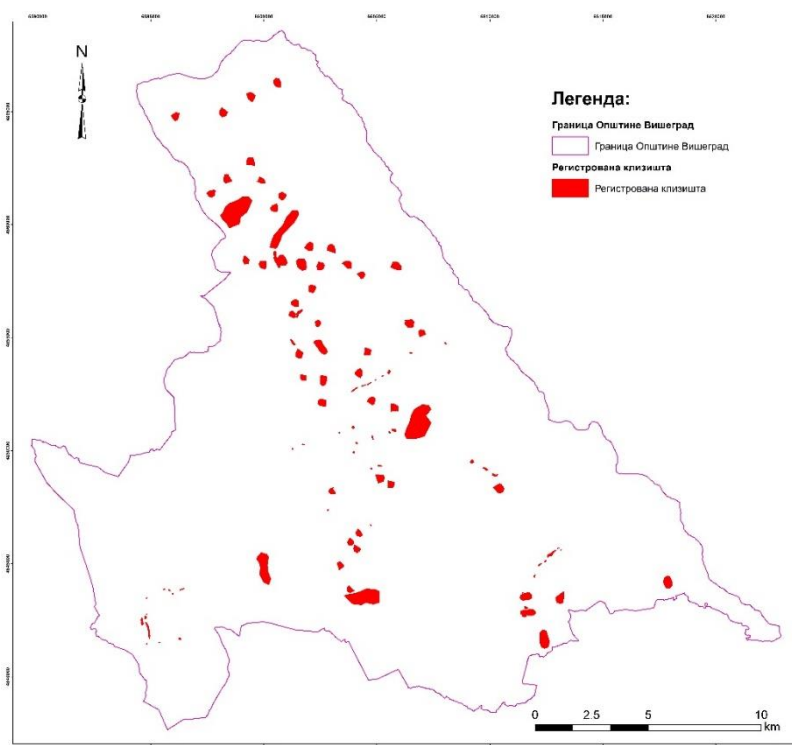
4. Улазни параметри

За предметну анализу, односно потребе карте размјере 1:25.000 узимани су сљедећи параметри (табела 1):

- инжењерскогеолошка грађа терена (литологија);
- нагиб површине терена;
- падавине;
- удаљеност од водотокова;
- коришћење земљишта (CORINE 2012);
- оријентација падине;
- закривљеност падине.

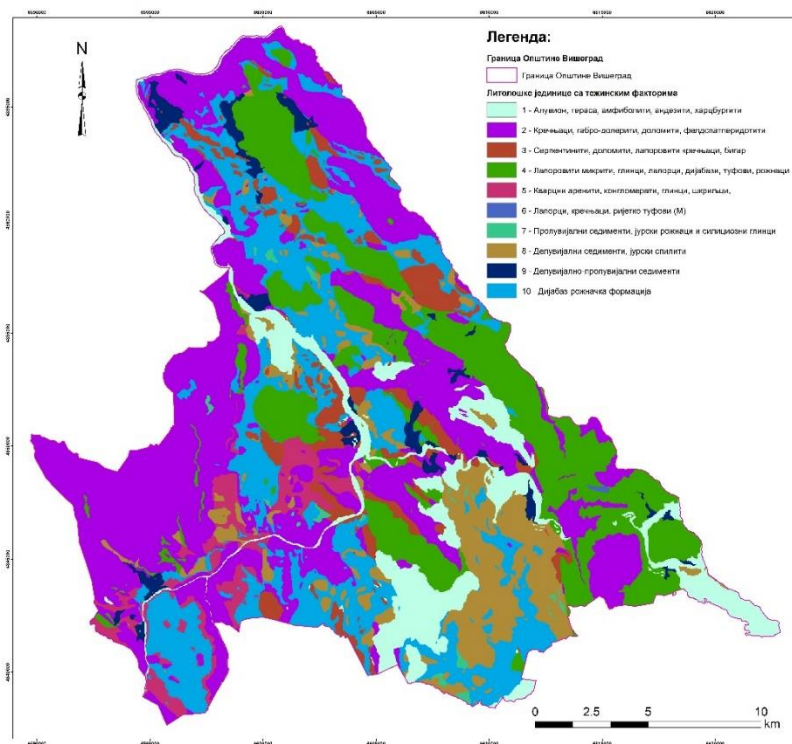
Поступак моделирања се генерално ради тако што се горе наведени параметри пореде у смислу значаја за развој процеса клизања према искуственом расуђивању. За сваки параметар који је ушао у анализу урађене су аналитичке карте на којима су према усвојеним критеријумима издвајане одговарајуће класе са припадајућим вриједностима тежинских фактора (Слика 6-12).

Треба нагласити да подаци о просторном распореду клизишта представљају кључне и најзначајније информације потребне за израду овакве врсте карата. Сваки параметар који је укључен у анализу валидиран (провјераван) је са просторним подацима о клизиштима (слика 5).



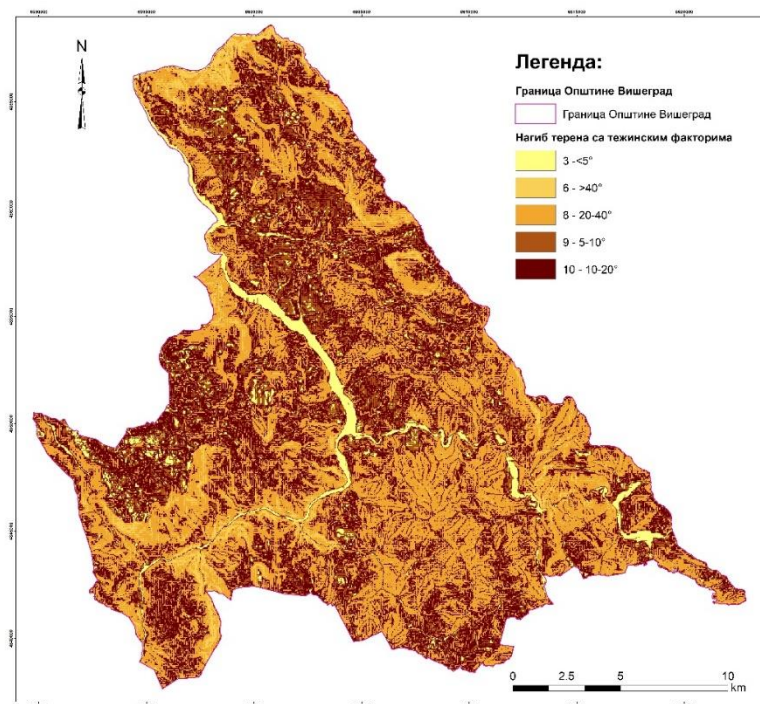
Слика 5. Карта регистрованих клизишта на подручју општине Вишеград.

Класификација инжењерскогеолошких јединица, односно литолошких комплекса је суштински и најважнији корак у једној оваквој анализи. Основа за класификацију био је инжењерскогеолошки-литолошки састав терена гдје су јединицама сличних физичко-механичких својстава додјелјивани исти тежински фактори. С обзиром на величину подручја за које се ради анализа и сложености геолошког састава терена, класификација се ослања на експертску/искуствену процјену која укључује и одређен вид субјективности. Тако је за алувијалне седименте и терасне наслаге, карактеристичне за подручја око ријека, као и амфиболите, андезите и харцбургите, односно контакто метаморфисане стијене, додијељен тежински фактор 1, с обзиром да у њима нема активирања клизишта. Дијабаз-рожночкој форамцији јурске старости дат је тежински фактор 10, јер представљају терене веома подложне процесима клизања на овим подручјима (слика 6).



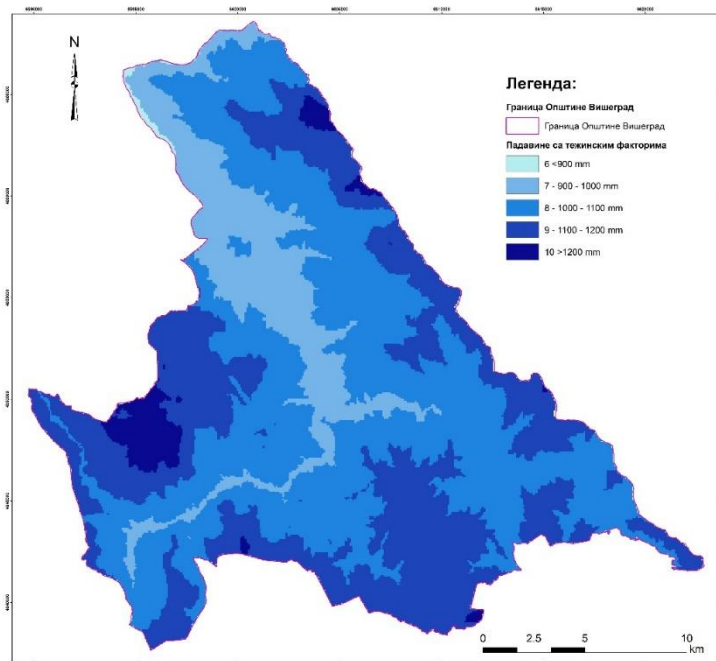
Слика 6. Литолошка карта са издвојеним класама и тежинским факторима.

Нагиб терена јесте један од главних улазних параметера за анализу склоности терена на клижење. Утицај овог параметра је ипак нешто мањи те је у АНР матрици и мање вреднован. Анализом утицаја нагиба терена на развој процеса клизања извршено је рекласификовање модела на пет класа нагиба, гдје је свакој класи придружен одговарајући тежински фактор. Тако је нпр. за нагибе терена мање од 5° број активираних клизишта минималан па је класама додијељен тежински фактор 3, док је за нагибе од $10-20^{\circ}$ број активираних клизишта на овом подручју највећи па им је додијељен највећи тежински фактор, 10 (слика 7).



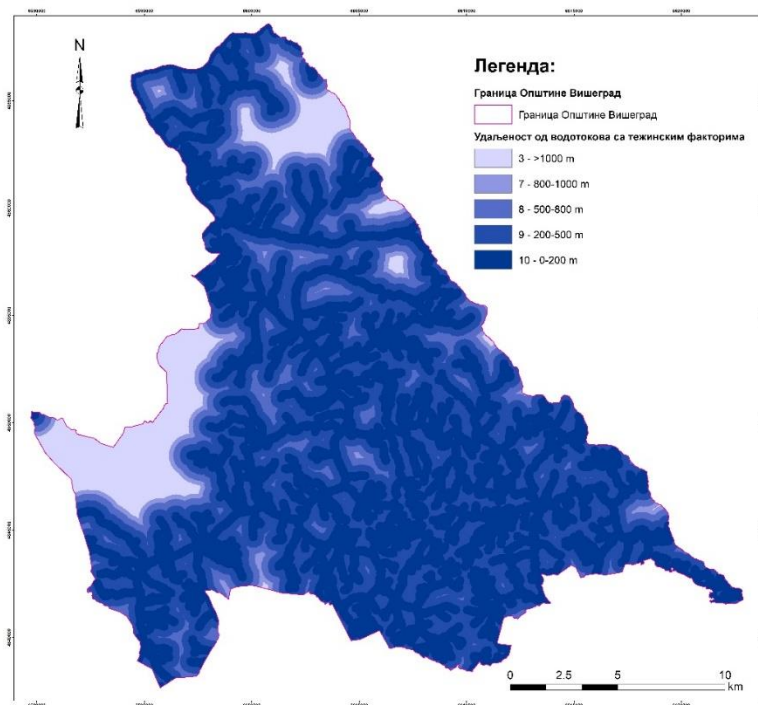
Слика 7. Карта нагиба терена са издвојеним класама и тежинским факторима.

Падавине представљају највеће „окидаче“, тј. активаторе процеса клизања. Највећи број догођених клизишта се дешава након обилних падавина, па је тако и овај параметар веома важан приликом анализе склоности терена на клижење. Коришћени су расположиви подаци о просјечним годишњим количинама падавина за територију општине Вишеград за период од 1961 до данас. Извршена је класификација модела на пет различитих класа, те је нпр. за падавине <math><900\text{ mm}</math> додијељен тежински фактор 6, док је за падавине преко 1200 mm додијељен тежински фактор 10 (слика 8). Треба истаћи да свако одступање, у смислу климатских промјена, мијења и услове на терену.



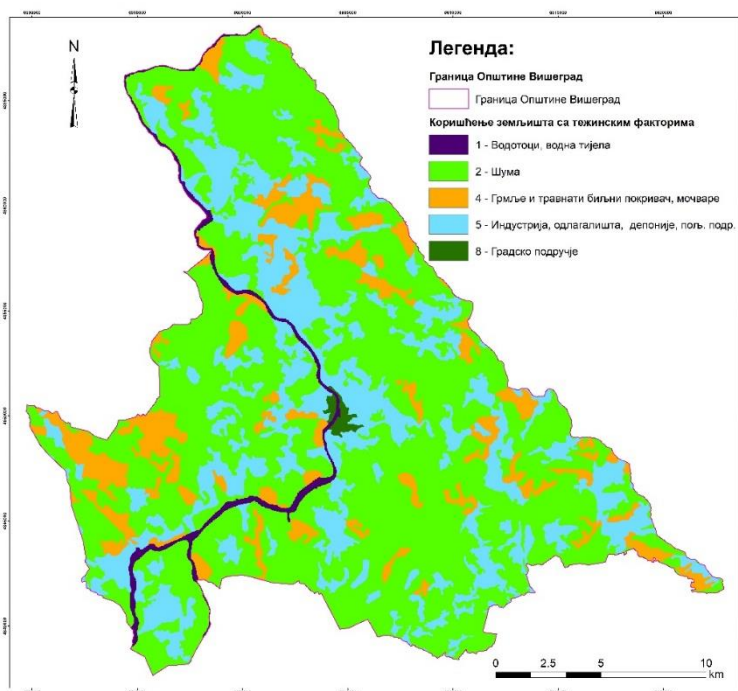
Слика 8. Карта падавина са издвојеним класама и тежинским факторима.

Удаљеност од водотокова је значајан параметар у смислу склоности терена ка клижењу, који се углавном класификује према принципу да што је удаљеност од водотока већа, то је могућност појаве клизишта мања и обратно. У конкретном случају, територија општине Вишеград је подијељена на пет класа, па је удаљеност до 200 m, сматрана за најнеповољнију те јој је додијељен тежински фактор 10, док се удаљеност преко 1000 m сматра за најповољнију и у овом случају има најмањи тежински фактор 3 (слика 9).



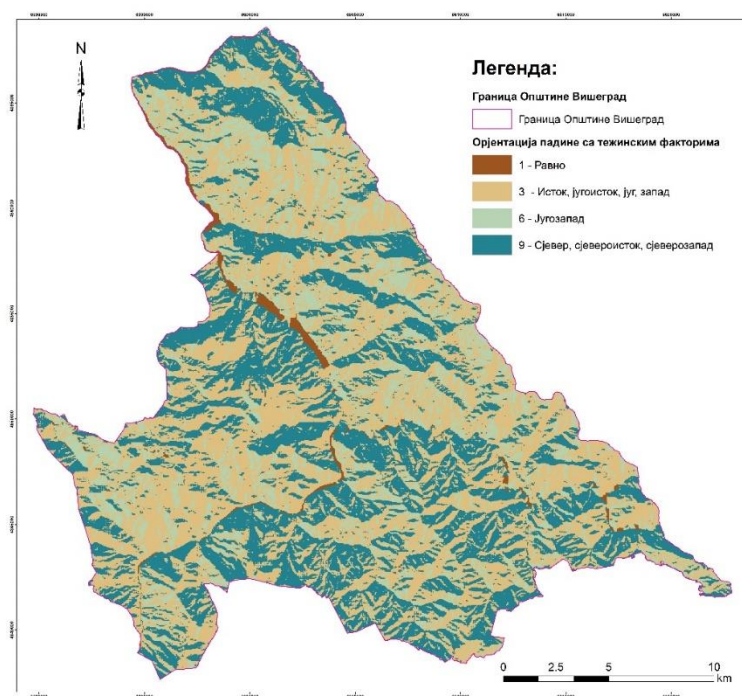
Слика 9. Карта удаљености од водотокова са издвојеним класама и тежинским факторима.

Начин коришћења земљишта је један од важних фактора за стабилност падине. Најповољнији услови за формирање клизишта су терени без вегетације или под земљорадничким културама, док супротно томе шумска подручја могу отежати и чак у потпуности спријечити појаву клизишта. Наравно, доста чест узрочник клизног процеса је и сам човек. Човјек својим радом директно нарушава природну равнотежу и самим тим доводи до активирања процеса клизања (непланском сјечом шуме, нелегалном градњом и сл.). За анализу овог параметра коришћен је доступни CORINE 2012. На основу урађене рекласификације издвојено је 5 класа коришћења земљишта, па је нпр. урбаним подручјима, односно подручјима са бесправном градњом објеката додијељен највећи тежински фактор 8, док је водним и шумским површинама додијељен најнижи тежински фактор 1 и 2 (слика 10).



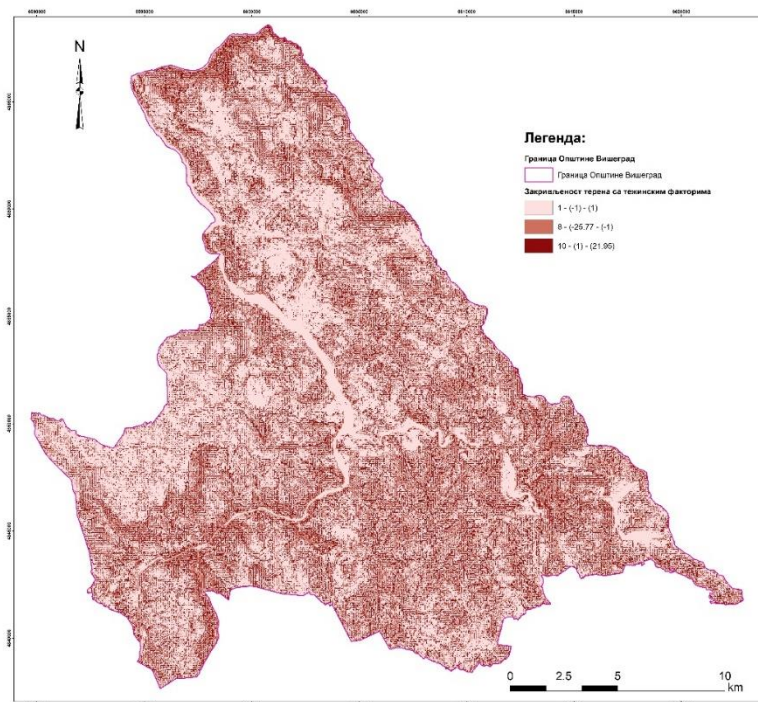
Слика 10. Карта коришћења земљишта са издвојеним класама и тежинским факторима.

Орјентација падина или експозиција дефинише се као изложеност падина странама свијета, што се може довести у зависност са развојем процеса клизања терена. Сјеверна страна се још назива и хладна експозиција, док је јужна тзв. топла експозиција (Лазаревић и Тошић, 2013). У том смислу мисли се на већу или мању изложеност сунцу, што се одражава на већу или мању инфилтрацију, па тако сјеверна и сјеверозападна страна у овој анализи има тежински фактор 9, док нпр. јужна и источна страна има тежински фактор 3 (слика 11).



Слика 11. Карта оријентације падина са издвојеним класама и тежинским факторима.

Закривљеност падине се односи на њен геометријски облик, па тако постоје конвексне, конкавне и праволинијске падине. Конвексни дио падине (негативне вриједности) указује да су доминантни ерозиони процеси, док конкавни дио (позитивне вриједности) указује да се на том дијелу догађају акумулациони процеси. Стога ја овај параметар подијелен на три различите категорије којима су додјелени тежински фактори приказани на слици 12. Приликом спровођења анализе постоји неколико међу корака које захтијева само GIS окружење, као што су нормализација растера за вриједности од 0 до 1, рекласификација модела, валидација модела и сл.



Слика 12. Карта закривљености падина са издвојеним класама и тежинским факторима.

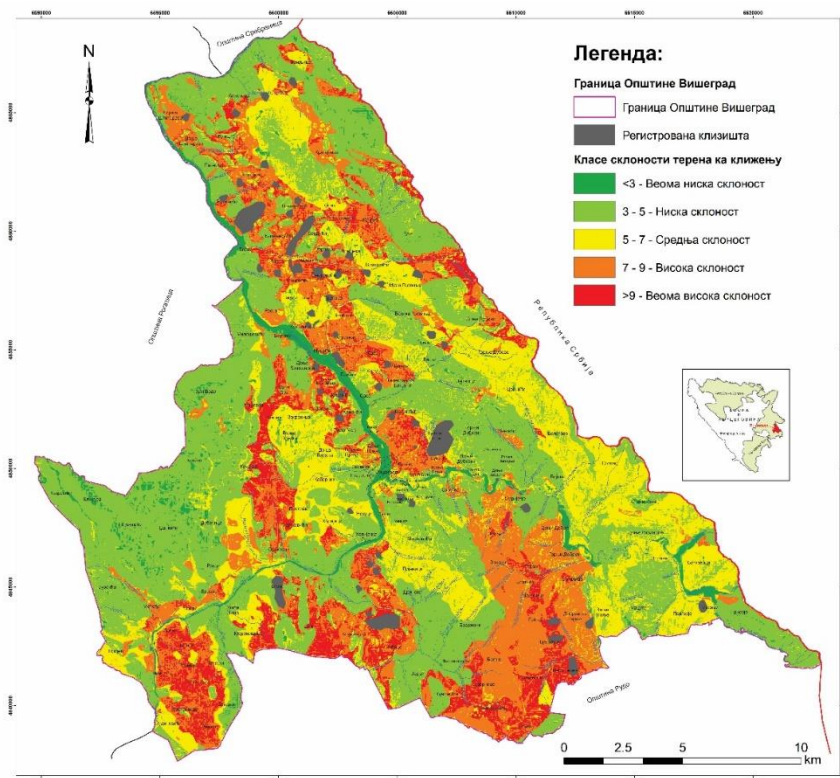
Поређење анализираних, мјеродавних параметара према важности рађено је у АНР матрици, гдје се једноставним сумирањем осредњених вриједности тежинских фактора добија коначна једначина модела:

$$M = 0,376 \cdot \text{Литологија} + 0,271 \cdot \text{Нагиб} + 0,130 \cdot \text{Падавине} + 0,094 \cdot \text{Удаљеност од водотокова} + 0,060 \cdot \text{Коришћење земљишта} + 0,044 \cdot \text{Орјентација} + 0,025 \cdot \text{Закривљеност}$$

Да би се избјегао утицај субјективности у вредновању параметара на крају моделовања извршена је провјера конзистенције модела CR, односно извршена је провјера тачности модела или евентуална потреба за корекцијом (Saaty, 2003). Услов конзистенције према Сетијевој скали значи да CR треба да буде мање од 10%. За контретан модел CR=8%, што значи да је модел конзистентан те нема потребе за корекцијом.

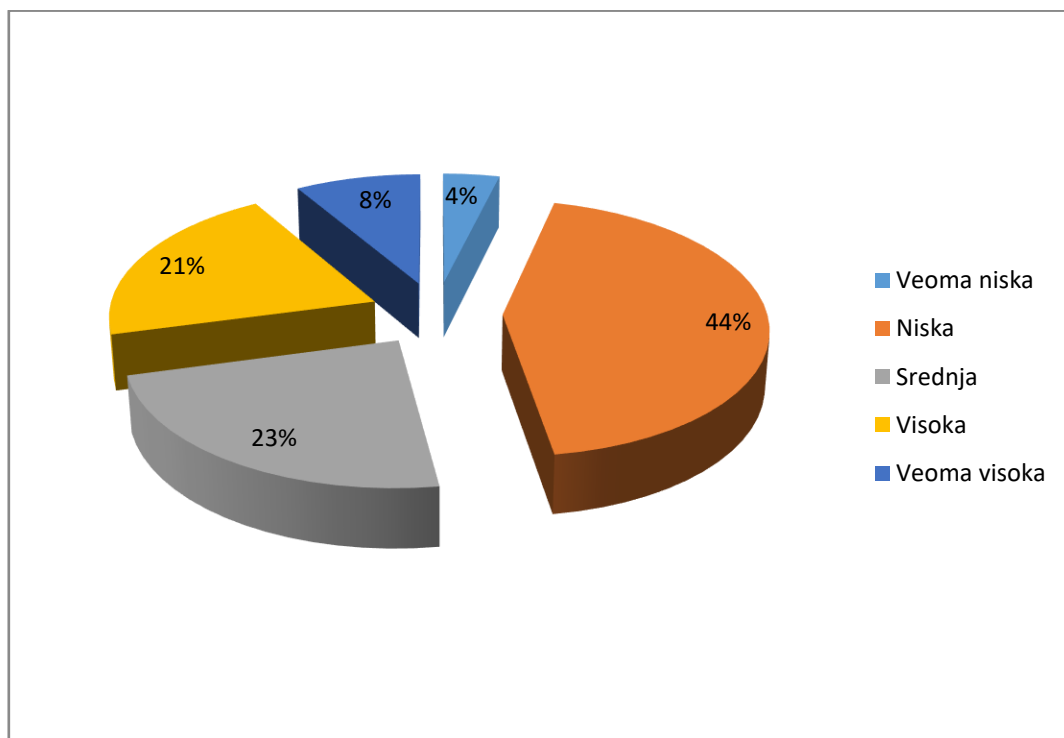
5. Анализа добијених резултата

Спроведеним моделирањем у GIS окружењу добијена је карта склоности/подложности терена ка клижењу која је рекласификована у пет класа склоности ка клижењу (слика 13).



Слика 13. Карта склоности терена ка клижењу општине Вишеград.

Анализом добијених резултата показано је да се у категоријама „висока“ и „веома висока склоност“ активирало највише клизишта и да оне заузимају 21 % односно 8 % територије општине Вишеград, према до сада прикупљеним подацима (Слика 13 и 14).



Слика 14. Процент склоности по класама према АНР методологији.

Подјелом на различите класе склоности терена (слика 13), у терене са веома високом склоношћу на територији општине Вишеград спадају дијелови подручја у више насеља као што су Рујиште, Каменица, Паочићи, Клашник, Купусовићи, Руде Баре, Омерагићи, Палеж, Кочарим, Јелачићи, Вељи Луг, Каоштице, Меремешље, Шип, Дринско, Таћице, Репушевићи, Небоговине. Такође, постоји још подручја под овом „класом“ али она нису толико доминантна.

То значи да су ови терени природно предиспонирани ка развоју процеса клижења те да је приликом просторних планирања и грађевинских захвата велику пажњу потребно посветити геотехничким истраживањима терена.

Литература

1. Аболмасов, Б. (2012). Хазард и управљање ризиком од клизишта. Геолошки гласник 33 - Нова серија 1, Републички завод за геолошка истраживања Републике Српске. Зворник. 173-189 стр.
2. Aleotti, P. & Chowdhury, R. (1999). Landslide Hazard Assessment: Summary Review and New Perspectives – Bulletin of Engineering Geology and Environment 58. pp. 21-44.
3. Fawcett, T. (2006). An introduction to ROC analysis. Pattern Recognition Letters, Elsevier, vol. 27, pp. 861–874.
4. Fell, R., et. al. (2008). Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planing. Engineering Geology 102. pp. 85-98.
5. Guzzetti, et. al. (2012). Landslide inventory maps. Earth-Science Reviews 112, Elsevier. pp. 42-66.
6. Кубат, И. и др. (1975). Тумач за основну геолошку карту СФРЈ, лист Љубовија 1:100.000. Савезни геолошки завод. Београд.
7. Лазаревић, Р. и Тошић, Р. (2013). Геоморфологија, ПМФ Универзитета у Бањој Луци. 426 стр.
8. Leroi, E. (1996). Landslide hazard-risk maps at different scales: Objectives, tools and developments. Proceeding of the VII International Symposium on Landslides. Trondhiem. pp. 17-21.
9. Марјановић, М. и др. (2012). Моделовање хазарда од клизишта различитим методама у ГИС-у и њихова евалуација. XIV Симпозијум из инжењерске геологије и геотехнике. Београд. 496-478 стр..
10. Мојсиловић, С. и др. (1977). Тумач за основну геолошку карту СФРЈ, лист Титово Ужице 1:100.000. Савезни геолошки завод. Београд.
11. Мојсиловић, С. и др. (1971). Тумач за основну геолошку карту СФРЈ, лист Ваљево 1:100.000. Савезни геолошки завод. Београд.
12. Олујић, Ј. и Каровић, Ј. (1985). Тумач за основну геолошку карту СФРЈ, лист Вишеград 1:100.000. Савезни геолошки завод. Београд.
13. Saaty, T.L. (2003). Decision – making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary. European Jurnal od Operational Research, Volume 145. pp. 85-91.
14. Sandić, C. (2015). Damage and consequences of landslides after the floods in 2014. in the Republic of Srpska. Proceedings of the 2nd Regional Symposium on Landslides. Belgrade.
15. Süzen, M. L., Doyuran, V. (2004). A comparison of the GIS based landslide susceptibility assessment methods: multivariate versus bivariate. Environmental Geology. Volume 45. Issue 5. pp. 665-679.

16. Tošić, R., Dragičević, S., Zorn, M., Lovrić, N. (2014). Landslide susceptibility zonation: A case study from Banja Luka Municipality (Bosnia and Herzegovina). *Acta geographica Slovenica*, 54, pp. 189-202.
17. Републички завод за геолошка истраживања (2014). Дугорочни програм развоја основних геолошких истраживања у Републици Српској за период 2014-2029. Зворник. 1-128.
18. Републички завод за геолошка истраживања (2012). Програм израде катастра клизишта и нестабилних падина у Републици Српској. Зворник. 1-27.

UPOREDNA ANALIZA REZULTATA PRETHODNIH ISTRAŽIVANJA I ISTRAŽIVANJA IZVEDENIH 2019. g. NA LEŽIŠTU OSTRUŽNJA, STANARI

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE RESULTS OF PREVIOUS EXPLORATIONS AND EXPLORATIONS CARRIED OUT IN 2019 IN THE OSTRUZNJA DEPOSIT, STANARI

Jovana Ječmenica¹, Slobodanka Lazarev¹, Dušan Simić¹, Stevan Lončar²

Jantar grupa d.o.o. Beograd, jantargrupa@mts.rs

EFT Rudnik i Termoelektrana Stanari d.o.o.

Ključne reči: Stanari, Ostružnja, detaljna geološka istraživanja 2019.;

Abstract:

In the most recent phase of detailed geological explorations in 2019, the object was deposit Ostružnja located in the Stanari coal basin. This deposit has been explored in the previous period (from 1964 to 2008). By comparative analysis of the data from previous period and new preliminary data, some differences were observed in terms of the knowledge obtained on distribution of the coal layer, its position in space, thickness and structure of the coal layer and associated members in the geological column of sediments, and, finally, on the qualitative indicators of coal itself. The most recent explorations in 2019 have been carried out using modern methods of detailed geological explorations and have obtained preliminary results that will serve as a more detailed basis for the subsequent preparation of the Elaborate on classification, categorization and reserves calculation, as well as mining projects.

Uvod

Termoelektrana Stanari, instalisane snage 300 MW, kao gorivo za proizvodnju električne energije koristi uglj koji se eksploatiše iz stanarskog ugljonosnog basena, tačnije iz površinskog kopa ležišta Raškovac. Planirano je da se snabdevanje TE Stanari ugljem iz ležišta Raškovac vrši do 2030. godine nakon čega bi se eksploatacija vršila na ležištu Ostružnja. Drugo ležište u ovom basenu, ležište Ostružnja, u prošlosti je istraživano u više navrata, a najstarija datiraju još iz 1964. godine. Na istraživanja do 2005. godine se može pronaći mnogo zamerki, ali od te godine stanarski rudnik preuzima EFT grupa i istraživanja se vrše po savremenim metodama. U ovom radu biće dat osvrt na stara istraživanja (od 1964. do 2008. godine) i preliminarne rezultate istraživanja velikog obima koja su završena u avgustu tekuće, 2019. godine, kao i uporedna analiza istih.

Metode istraživanja i ispitivanja

Ugljonosni basen Stanari nalazi se 20 km zapadno od Doboja na području planine Krnjin, između reke Ukline, Usore i Bosne. Produktivni ugljonosni sedimenti prostiru se na površini maksimalne dužine oko 10 km u pravcu Z-I i širine oko 5 km u pravcu S-J. Rečica Ostružnja

deli basen na severni i južni deo (slika 1). Severni deo basena čini ležište Raškovac, dok južni deo basena predstavlja zasebnu celinu i čini ga ležište Ostružnja čiji je prostor i predmet ovog rada.



Slika 1: Pregledna topografska karta sa položajem ležišta Stanarskog basena (prilagođeno: TK Derventa)

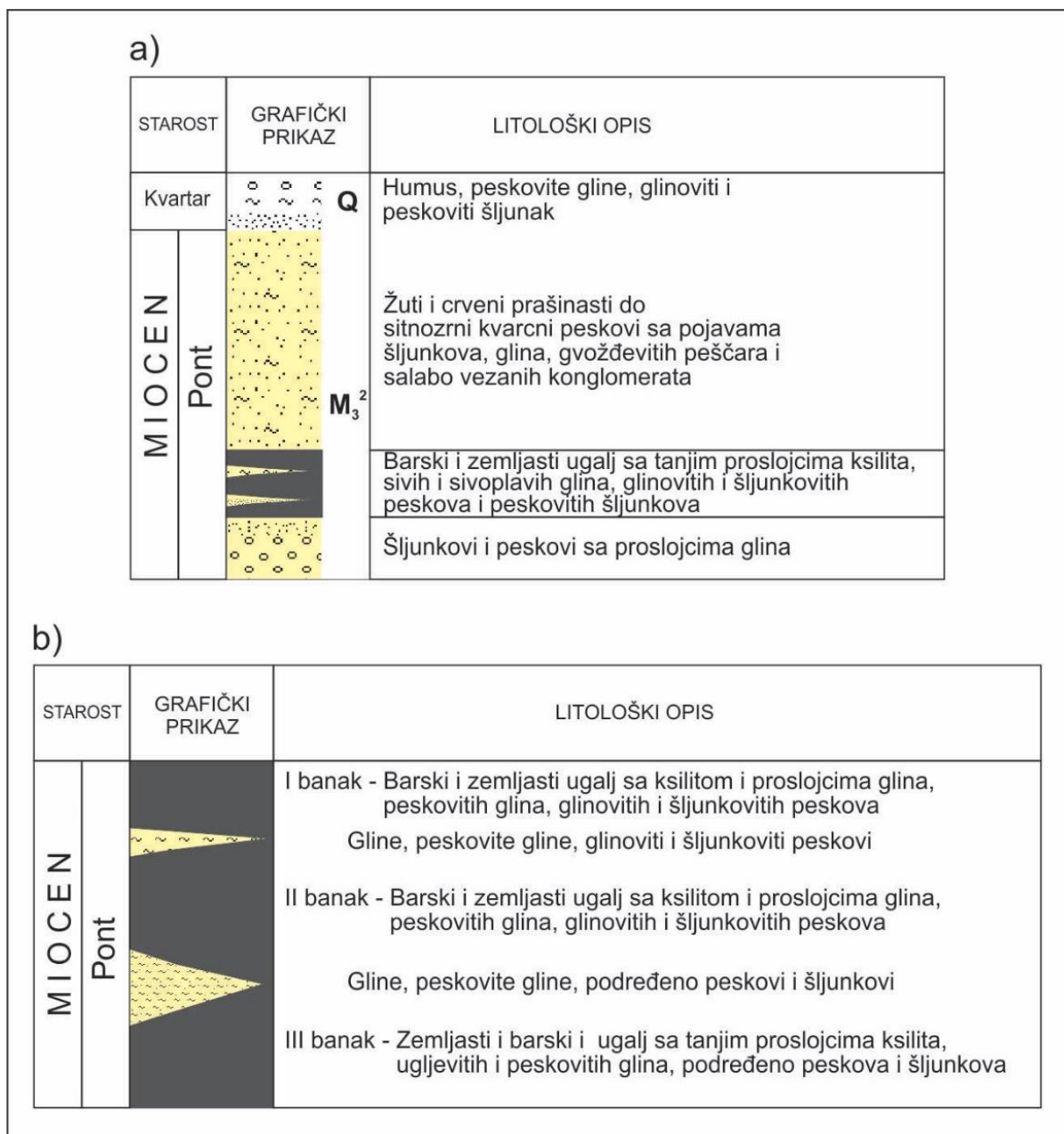
Ležište uglja Ostružnja u planu ima poligonalan oblik i zahvata površinu od 8,94 km². Ležište je po pravcu Z-I dugačko 6,9 km, a u pravcu S-J 2,2 km.

Geološka građa ležišta

Produktivna ugljena serija Stanarskog basena pripada pontu i spada u grupu severno bosanske unutrašnje flišne zone i zahvata njen južni deo prema centralnoj ofiolitskoj zoni. Ovakav položaj uslovio je složenu geološko-tektonsku građu i litofacijalnu raznovrsnost paleoreljefa basena. Ugljonosna pontska serija leži transgresivno preko paleoreljefa, kojeg čine kompleks stena dijabaz-rožnačke serije, stene peridotit-amfibolitske i spilit-keratofirsko-dijabaz-doleritsko-gabro-granitske asocijacije.

Na osnovu rezultata svih dosadašnjih istraživanja, utvrđeno je da ležišta Raškovac i Ostružnja grade sledeći litološki članovi počev od površine terena (slika 2):

- Sedimenti kvartara,
- Povlata ugljenog sloja,
- Ugljeni sloj,
- Podina ugljenog sloja.



Slika 2: Geološki stub ležišta Ostružnja (a); Detalj ugljenog sloja (b)
 (izvor: Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi uglja u Stanarskom basenu (2017))

Tvorevine **kvartara** izgrađene su od humusa, peskovitih glina i glinovitih i peskovitih šljunkova. Sedimenti povlate ugljenog sloja predstavljeni su žutim i crvenim prašinstim do sitnozrnim kvarcnim peskovima, kvarcnim peskovima nešto krupnije granulacije sa pojavama šljunkova i gvoždevitih peščara, slabo vezanim konglomeratima, peskovima i glinama.

Sedimenti **krovine ugljenog sloja** zbog svojih facijalnih razlika izdvojeni su u tri zone koje superpoziciono leže jedna preko druge. Prva zona (Peskovita zona), debljine oko 40 m, zahvata delove koji se nalaze u krovini ugljenog sloja, i predstavljena je žutim i crvenim prašinstim do sitnozrnim kvarcnim peskovima. Laku frakciju peska, koja čini 99,8 % rovnog peska, izgrađuju kvarc sa 76 do 90 %, feldspat sa 8 do 20 % i odlomci stena sa 0,5 do 1,5 %. Od minerala teške frakcije javljaju se metalni minerali, limonit, hematit, cirkon, turmalin, rutil,

epidot, disten i leukoksen. U okviru ove zone izdvaja se neposredna krovina ugljenog sloja, koja je u većem delu basena izgrađena od glina. Druga zona (Peskovito-šljunkovita zona) je takođe izgrađena od kvarcnih peskova nešto krupnije granulacije, debljine oko 30 m, sa pojavama šljunkova i gvoždevitih peščara. Posebna karakteristika ove zone je prisustvo fosilne flore koja je tipična za gornji pont. Treća (Konglomeratsko-peskovita zona) hipsometrijski najviša zona izgrađena je od slabo vezanih konglomerata, peskova i glina koji se smenjuju po neustaljenom redu. Konglomerati su izgrađeni od valutaka krečnjaka, peridotita, serpentinita, peščara, kvarca i rožnaca, a vezivo im je glinovito. Peskovi su heterogenog sastava, krupnozrni sa glinovitim vezivom.

Ugljeni sloj u Stanarskom basenu je složene građe. Izgrađen je od ksilitnog, barskog i zemljastog uglja. Generalno posmatrano jedinstveni ugljeni sloj u istočnom delu ležišta Ostružnja polako se prema severu i jugu raslojava na dva banka, da bi u jugozapadnom delu bio podeljen na tri banka sa povećanjem debljine proslojaka jalovine. Jalovi proslojci su izgrađeni od sivih i sivoplavih glina sa komadima i tankim proslojcima ksilita, peskova, glinovitih i šljunkovitih peskova i peskovitih šljunkova.

Podina ugljenog sloja izgrađena je od šljunkova i belih krupnozrnih kvarcnih peskova koji se često smenjuju. U ovom slabo sortiranom materijalu glina se javlja kao primesa ili u obliku samostalnih sočiva kada je peskovita ili šljunkovita. Šljunak je izgrađen od valutaka kvarca, crnog i crvenog rožnaca, serpentina, peridotita, ređe dijabaza i peščara. Podinski sedimenti mogu biti predstavljeni i stenama podine basena, uglavnom stenama dijabaz-rožnjačke formacije i krečnjacima.

Istražni radovi

Na način istraživanja na području stanarskog basena koja su vršena do 2005. godine, može se pronaći određeni broj zamerki. Osnovna zamerka je to što izvođač radova nije sačuvao polovinu izvađenog jezgra. Takođe izvestan broj bušotina se karakteriše malom dubinom, odnosno bušotine se završavaju u sedimentima krovine ugljenog sloja. Često se uočava i završetak istražnih radova u uglju, odnosno u glinama umesto u šljunkovima podine. Sve ovo prilično otežava i samu interpretaciju geologije. Sem pisanih profila bušotina i laboratorijskih izveštaja nema drugih dokumentacionih materijala iz kojih bi se uzele kontrolne probe.

Ispitivanja kvaliteta uglja rađena su na veoma malom broju uzoraka. Analize su rađene na kompozitnim uzorcima, za čitav sloj, a ne i na pojedinačnim probama.

Ovakvim načinom oprobavanja nisu dobijeni validni pokazatelji kvaliteta uglja i onemogućeno je sagledavanje vertikalnih varijacija kvaliteta u sloju. Takođe, s obzirom da je analiziran samo čist ugalj, nema adekvatnih podataka o kvalitetu rovnog uglja, a koji se koriste za dalja sagledavanja i realne ocene kvaliteta.

U periodu od 2005. (od kada je rudnik preuzela EFT grupa) do 2008. godine izvedena su istraživanja, sa potpunim poštovanjem odredaba zakona i pravilnika iz oblasti geologije i

rudarstva, koji se odnose na metodologiju istraživanja i utvrđivanja kvaliteta uglja. Svakako, ovaj vid istraživanja se nastavio i dalje unapredio i u poslednjim istraživanjima 2019. godine.

Metode koje imaju najveći udeo u istraživanju ležišta su geološko kartiranje ležišta i šire okoline terena i istražno bušenje. Na južnom bloku Stanarskog basena odnosno u ležištu Ostružnja pored navedenih, u prošlosti su vršeni i rudarski istražni radovi. Bušenje vertikalnih istražnih bušotina je najpovoljniji način istraživanja subhorizontalnih slojevitih ležišta koja se nalaze blizu površine terena.

U tabeli 1 prikazan je obim izvedenog istražnog bušenja po periodima, dok su u tabeli 2 podaci najnovijih istraživanja.

Tabela 1: Obim istražnog bušenja prethodnih faza istraživanja

(izvor: Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi uglja u Stanarskom basenu (2017))

Period	Broj bušotina	Ukupna metraža
1964-2005. g.	151	5.963,24
2005. g.	17	777,85
2008. g.	19	282,30
Ukupno	187	7.023,39

Tabela 2: Obim istražnog bušenja najnovijih istraživanja iz 2019. godine

Period	Broj bušotina	Ukupna metraža
2019. god.	90	5.840,50

Najnovije izvedeno istražno bušenje rađeno je na način da se kroz podinu ugljenog sloja minimalno bušilo 5 metara, a u većini bušotina, zbog većeg stepena sigurnosti, bušeno je i više od toga. Prilikom bušenja i kartiranja koje se vršilo u toku samog bušenja, uzimalo se u obzir da se u povlati mestmično javljaju crveni peskovi sa šljunkom koji ne predstavljaju podinu, te po prolasku iz ovog litološkog člana nastavljalno bi se bušenje.

Oprobavanje ugljenog sloja sledilo je odmah nakon kartiranja jezgra. Skraćivanje jezgra se vršilo njegovim uzdužnim sečenjem na dva dela. Dužina pojedinačnih proba zavisila je od debljine banka, a maksimalna dužina iznosila je 5 metara. Kompozitne probe su uzimane za čitav ugljeni sloj, tj. jedan uzorak iz svake bušotine. Kod formiranja pojedinačnih i kompozitnih proba uglja za laboratorijska ispitivanja uzimao se ugalj debljine preko 0,3 m sa proslojcima jalovine do 0,3. Ugalj debljine od 0,01 do 0,3 metara koji se nalazi između proslojaka jalovine debljine preko 0,3 se nije oprobavao.

Prikaz rezultata i diskusija

Uparednom analizom starih podataka i novih preiminarnih, uočene su određene razlike u saznanjima dobijenim o rasprostranjenju ugljenog sloja, njegovom položaju u prostoru, debljini

i strukturi ugljenog sloja i pratećih članova u geološkom stubu sedimenata, te, na kraju kvalitativnim pokazateljima uglja.

Pogušćenom mrežom istražnih radova u obodnim dijelovima ležišta, odnosno basena, preciznije je definisana granica prostiranja ugljenog sloja (isklinjenje i erozija).

Zahvaljujući već navedenim principima najnovijih istraživanja da se kroz pretpostavljenu podinu uglja buši najmanje 5 m, dobijeni su pravi podaci o rasprostranjenju ugljenog sloja u ležištu. Tako je, u slučaju gde je jedna bušotina iz 1964. godine prethodno smatrana negativnom, kasnijom proverom potvrđeno postojanje ugljenog sloja u nižem delu stuba, čime je povećana površina raspostranjenja ugljenog sloja u odnosu na poslednji proračun rezervi uglja (2016. g.).

U tabelama. 3 i 4 dati su podaci o debljinama ugljenog sloja, rovnog uglja, otkrivke i podinskih sedimenata.

Tabela 3: Rezultati istražnog bušenja prethodnih faza istraživanja (izvor: Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi uglja u Stanarskom basenu (2017))

Prethodna istraživanja	Debljina (m)				
	ugljeno g sloja	rovno g uglja	selektivne jalovine	otkrivke	podinskih sedimenata
Minimalna vrednost	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00
Maksimalna vrednost	36,25	15,58	28,05	73,00	25,70
Srednja vrednost	8,54	6,02	2,32	28,56	5,38

Tabela 4: Rezultati istražnog bušenja najnovijih istraživanja iz 2019. godine

Istraživanja iz 2019. godine	Debljina (m)				
	ugljeno g sloja	rovno g uglja	selektivne jalovine	otkrivke	podinskih sedimenata
Minimalna vrednost	0,30	0,00	0,00	1,40	3,80
Maksimalna vrednost	42,5	14,35	37,12	81,70	53,80
Srednja vrednost	9,21	6,14	3,07	42,20	13,13

Poređenjem srednjih vrednosti debljine ugljenog sloja vidljivo je da je ista veća za 0,67 m pri istraživanjima iz 2019. godine, dok je debljina selektivne jalovine povećana za 0,75 m. Drastično povećanje srednje debljine otkrivke dobijene najnovijim istraživanja proizvod je

pogušćenja mreže istražnih radova u delu ležišta u kome je prethodno postojao oskudan broj podataka bušenja a gde je teren hipsometrijski na višim nivoima. Povećanje srednje debljine podinskih sedimenata se objašnjava već navedenim principima najnovijih istraživanja pri kojima se zalazilo dublje u podinu zbog većeg stepena sigurnosti.

U tabeli 5 prikazani su parametri kvaliteta uglja prethodnih i najnovijih istraživanja.

Tabela 5: Parametri kvaliteta prethodnih i najnovijih istraživanja iz 2019. godine (prilagođeno iz Elaborata o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi uglja u Stanarskom basenu (2017))

Parametar	Sr. vr.	Min. vr.	Maks. vr.	Broj bušotina	Sr. vr.	Min. vr.	Maks. vr.	Broj bušotina
	Prethodna istraživanja				Istraživanja iz 2019. godine			
Vlaga, %	50,56	36,30	60,01	62	51,51	2,57	61,12	76
Pepeo, %	8,99	2,80	46,95	62	10,22	3,61	34,66	76
Sumpor ukupni, %	0,19	0,09	0,33	59	0,20	0,08	0,72	76
Sumpor u pepelu, %	0,09	0,02	0,24	59	0,15	0,06	0,33	29
Sumpor sagorljiv, %	0,10	0,03	0,22	59	0,10	0,03	0,25	29
Koks, %	24,47	18,23	52,50	59	25,00	0,00	38,93	29
C-fix, %	15,43	5,54	21,35	59	14,91	8,83	23,60	76
Isparljive materije, %	24,51	9,38	34,16	59	23,23	14,73	30,83	76
Sagorljive materije, %	39,87	14,92	54,97	62	38,05	23,56	49,41	76
Gornja toplota sagorevanja, kJ/kg	10.670	4.510	15.150	59	9.867	6.549	12.831	29
Donja toplota sagorevanja, kJ/kg	8.890	3.300	13.370	62	8.084	4.147	11.338	76
Ugjenik, %	23,87	18,86	29,73	13	24,35	16,60	31,55	29
Vodonik, %	1,87	1,36	2,60	13	1,97	1,45	2,50	29
Azot, %	0,18	0,12	0,22	13	0,48	0,36	0,61	29
Kiseonik, %	12,42	10,25	15,60	13	11,88	9,24	14,50	29

Komparacijom nekih parametara kvaliteta dolazimo do sledećih zaključaka:

- povećan procenat vlage na 51,51% u odnosu na prethodno usvojeni 50,56%
- povećan procenat pepela na 10,22 u odnosu na prethodno usvojeni 8,99%
- nezatno povećan procenat ukupnog sumpora sa 0,19 na 0,20%
- smanjena vrednost donje toplote sagorevanja sa 8.890 na 8.084 kJ/kg.

Ostali parametri kvaliteta dobijeni najnovijim istraživanjima ne odstupaju bitno od prethodno dobijenih.

Zaključak

Najnovija istraživanja iz 2019. godine su izvedena savremenim metodama detaljnih geoloških istraživanja i njima su u ovom trenutku dobijeni preliminarni rezultati (izrada Elaborata o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi tek predstoji) koji daju jasniju sliku geoloških prilika u ležištu Ostružnja. To će istovremeno poslužiti i kao bolja osnova za naknadnu izradu rudarskih projekata.

Reference

1. Simić D., (2017): Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi uglja u Stanarskom basenu sa stanjem na dan 31.12.2016. godine, Jantar grupa, Bijeljina,
2. Simić D., (2019): Projekat detaljnih geoloških istraživanja uglja u Stanarskom basenu, Jantar grupa, Bijeljina;

EIT RAWMATERIALS KIC, GEOERA AND OTHER OPPORTUNITIES FOR COLLABORATION FOR GEOSCIENCE INSTITUTIONS IN CENTRAL AND SE EUROPE

Bavec Miloš¹, Šolar V. Slavko,² Vidović Jelena², Zajc Benda Tina¹, Šolc Urša¹ & Simić Barbara¹

¹ Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, Ljubljana, Slovenija

² Eurogeosurveys, 36–38, Rue Joseph II, 1000 Brussels, Belgium

Keywords: EIT RawMaterials KIC, Horizon 2020, Horizon Europe, Eurogeosurveys

Abstract

Here we present a case of internationalization of one of the national geological surveys from SE/Central Europe. Along with a presentation of the current state of play of one such Survey we also present some current and upcoming opportunities for collaboration.

Following its modest beginnings in 2003, the Geological Survey of Slovenia (GeoZS) – a member of the Eurogeosurveys (EGS) – has since 2006 been turning increasingly in the direction of more intensive international collaboration. On the one hand, the GeoZS is a relatively small geological survey, and on the other hand the demands of its funder to provide answers to most any geoscience-related question in the country rendered involving specialists from abroad an obvious solution. The commitment to further internationalize become even stronger once the economic situation of the late-2000s became progressively unstable. At that time, national research funds shrank dramatically, and most governmental bodies hesitated to invest in a more sustainable future, and projects in private sector (i.e. construction, infrastructure, environment-related projects) almost ceased entirely.

In 2018, the number of international projects in which the GeoZS was involved totalled 42. Of these, GeoZS led projects or work packages in as many as 12 projects. GeoZS's staff increased from 85 in 2013 to 105 by mid-2019, and turnover for the period 2013–2018 rose by 30%. This increase was largely the result of international activities, which share in the Survey's annual turnover has gradually grown from 12% in 2010 to 20% in 2018. It should be noted, however, that with its stronger reputation internationally recognition for the GeoZS's work at home, in Slovenia, has improved considerably.

Throughout this time, the GeoZS has gradually transformed its international activities from a local to more regionally oriented professional support organization. Involvement in pan-European projects has been increasing, while our engagement in transnational programs has remained relatively stable for the last several years. On the other hand, cross-border cooperation (Interreg A) programs have remained stalled for some time and we don't expect much growth there. We should note here that Interreg programs are considering reducing the share of co-financing from 85% going in the future. If such a reduction goes into effect, this will require a re-considering of any further involvement in such programs.

For the above-stated reasons, and especially given the fact that the GeoZS aims to follow more closely its primary role as a research institute, we are turning increasingly to more pan-European (as well as global) research programs.

Below, we present some collaborative frameworks that could be of interest for other research and professional geoscience organisations in the region.

EuroGeoSurveys (EGS), The Geological Surveys of Europe, is a not-for-profit organization bringing together 37 National Geological Surveys and a number of regional European Surveys, constituting a combined workforce of several thousand experts. EuroGeoSurveys provides

official, comparable, homogeneous, reliable and INSPIRE-compliant geological data, which benefits society in the spheres of and related to the circular economy, climate change, the development of safe infrastructures threatened by natural hazards, the sustainability of natural resources (e.g. energy, raw materials, water) for future generations to come. In its strategic vision, EGS aims to establish a Geological Service for Europe (GSE) based on three pillars: 1. Joint Research with an impact on the level of EU Policy, 2. Harmonizing and sharing pan-European Geological data (EGDI), and 3. Sharing Knowledge, Capacities and Infrastructure. The first pillar of the EGS strategy is currently being implemented by 45 national and regional Geological Survey Organizations (GSOs) from 33 European countries that joined forces to develop an ERA-NET Co-Fund Action: GeoERA, establishing a European Geological Surveys Research Area to deliver a Geological Service for all of Europe. GeoERA deals with four different scientific themes: Geo-energy, Groundwater, Raw Materials and an Information Platform. The Geo-energy, Groundwater and Raw Materials themes all share the common objective to provide and disseminate spatial information on their respective resources and its underpinning geological data. An important aspect of GeoERA is its cross-thematic integration of information through the Information Platform.

In revising the EGS strategy, the members agreed that the basic idea of its 1st pillar, driven by global change, demographic growth and technological development, remains valid, with the primary objective to develop a strategic research agenda and to contribute to the formulation of The Horizon Europe Framework Programme.

The next EU Framework Programme Horizon Europe is designed around three pillars: (I) Open Science, (II) Global Challenges and Industrial Competitiveness and (III) the Innovation Pillar. The Global Challenges and Industrial Competitiveness pillar includes five thematic clusters that address the full spectrum of global challenges through top-down collaborative R&I activities: Health, Inclusive and Secure Society, Digital and Industry, Climate, Energy and Mobility, and Food and Natural Resources. The Commission advocates for an integrated value chain approach that covers, under the same “Digital and Industry” cluster, closely-related inputs such as the sustainable supply and substitution of raw materials, industrial symbiosis, improved resource and energy efficiency in industry, and the decarbonisation of energy-intensive industries (the latter under the area Low Carbon and Clean Industries).

In Horizon Europe, EuroGeoSurveys aims to contribute to sustainable subsurface management by integrating geo-resources (energy, water, raw materials) and environmental conditions (natural hazards, anthropogenic impacts), and in this way continue to support the EU in its transition to a low-carbon, climate-neutral, resource-efficient and biodiverse economy in full compliance with the United Nations 2030 Agenda and the 17 SDGs.

KIC EIT RawMaterials (KIC) is a pan-European partner network covering the entire raw material value chain with more than 120 Core and Associated partners from all three sides of the Knowledge Triangle – research, education and industry. KIC represents the world’s largest community in the raw materials sector. Slovenia is covered by the Eastern Co-location centre and is represented by two core partners. Apart from the Geological Survey of Slovenia, the Slovenian National Building and Civil Engineering Institute is also a partner. Currently, GeoZS is coordinating 2 projects and participating as partner in 11 other projects funded by the KIC. Half of these projects are funded under the Regional Innovation Scheme (RIS; see below), and focus on the involvement of ESEE countries in the KIC’s activities.

In order to achieve radical innovation along the Raw Materials Value Chain the following knowledge and innovation themes are defined: Exploration, Mines for Modern Society, Develop and Improve Processing, Substitution, Recycling and the Circular Economy. These themes are addressed through three groups of activities: 1. Matchmaking and Networking, 2. Acceleration and 3. Education Activities.

EIT RawMaterials has established six Co-Location Centers (CLC) covering Europe in a geographically balanced way to offer physical proximity to the partners. Each CLC is transnational in order to stimulate cross-cultural networking and collaboration across Europe. According to its Strategic Agenda 2016–2022, EIT RawMaterials aims at extending its geographical reach to those countries where it is not yet present by establishing fruitful partnerships and by sharing knowledge, best practices and innovative technologies with the respective ecosystems.

EIT RawMaterials will reach out to those EU regions/countries where a Smart Specialisation Strategy supports raw materials issues and where there is no critical mass of KIC partners. Outreach activities will be defined on a case-by-case basis, but may include e.g. mobility programmes for students and professors, study visits, scientific and technical validation of results, technology transfer, support of local start-ups, joint matchmaking and networking events.

To better understand the concept of operation the three mechanisms KIC Raw Materials has been using to leverage its success are described below.

1. The EIT Regional Innovation Scheme (RIS) focuses on countries with limited or no participation in the EIT Community's activities, where innovation capacity is moderate or modest (according to the European Commission Scoreboard) and which otherwise would not benefit from the experience gained by the KICs. By this definition the entire area of the Western Balkans is eligible, as an area, for RIS projects. In other words, any progress in the field of raw materials in this region may be eligible for support from the KIC.

One of the KIC's main tasks is to bring the RIS regions and countries to EIT RawMaterials and EIT RawMaterials to the RIS regions and countries. This will allow all relevant stakeholders from RIS countries to participate in all of the above-mentioned activities.

2. In order to leverage innovativeness in the region, the **Regional Center Adria – EIT RawMaterials hub** was established in early 2018. RC Adria has three founding members – the Geological Survey of Slovenia, the Slovenian National Building and Civil Engineering Institute from Slovenia, and the University of Zagreb from Croatia, with outreach to Southeast Europe/Western Balkan countries (Albania, Bosnia and Herzegovina, Montenegro, North Macedonia and Serbia). RC Adria's basic activities consist in the following:

- interface between EIT RawMaterials and the local RIS SEE knowledge triangle,
- offer information on EIT RawMaterials funding, networking events, potential new business partners, project ideas, and business support for stakeholders from the SEE region,
- provide expertise to national, regional and local authorities,
- mobilise, connect and internationalise national/regional networks,
- identify funding and project opportunities,
- contribute to project development and implementation.

According to the 2019 annual plan, RC Adria aims to:

- organize 2 matchmaking and networking events – one in Croatia, and one in Slovenia, the Adria Innovation Day 2019 on 23 October in Portorož,
- implement the first internship program for ESEE RawMaterials students,
- support the development of the RawMaterials business idea.

ADRIA Innovation Day 2019, with the title Innovation in Primary and Secondary Raw Materials Sector in Southeast Europe, will be held 23 October 2019 in Portorož, Slovenia. ADRIA Innovation Day is a one-day event presenting the many opportunities available to the business sector under the EIT RawMaterials and the Regional Center ADRIA aimed at

enhancing the raw materials network in Southeast Europe. The invited speakers and participants at ADRIA Innovation Day are professionals from businesses and organizations in the primary and secondary raw materials sectors: corporations, SMEs, start-ups or idea holders, decision- and policy makers as well as business support organizations from Slovenia, Croatia Albania, Bosnia and Herzegovina, Montenegro, North Macedonia and Serbia. The event is co-organized by the Geological Survey of Slovenia and the Slovenian National Building and Civil Engineering Institute.

3. EIT RawMaterials Lighthouse Sustainable Discovery and Supply is a scheme that aims to unlock potentials in the European raw materials sector, specifically new discoveries and the reassessment of existing mines, including tailings and waste management. In this context, the Lighthouse will support and co-develop improved systems and innovative technologies for exploration through mining and processing in order to revitalize the raw materials sector via the effective engagement of civil society, government, research and industry. Knowledge and technology transfer and the establishment of new markets and a search to identify and produce both primary and secondary resources are key instruments here. Given that the need for new discoveries (e.g. of new deposits) is highlighted in the Lighthouse and the fact that the whole region is eligible under RIS, geological surveys and other geoscience research organisations from the Western Balkans represent much-wanted potential partners in the search for ideas for RIS projects.

UTICAJ CIRKULARNE EKONOMIJE NA MINERALNU EKONOMIJU I FUNKCIONISANJE MINERALNOG SEKTORA

THE INFLUENCE OF CIRCULAR ECONOMY ON MINERAL ECONOMICS AND FUNCTIONING OF THE MINERAL SECTOR

Prof. dr Radule Tošović, dipl. inž. geol., dipl. ecc.,

Katedra ekonomske geologije, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet,
toshovic@yahoo.com, radule.tosovic@rgf.bg.ac.rs

Ključne reči: cirkularna ekonomija, mineralna ekonomija, mineralni sektor, mineralno ležište, mineralne rezerve.

Sažetak

Savremna problematika proizvodnje mineralnih sirovina u mineralnom sektoru, tranzicioni i integracioni uslovi funkcionisanja mineralne ekonomije zemlje, zavisi od velikog broja različitih i specifičnih internih i eksternih faktora. U grupi eksternih faktora nalaze se razni uticajni faktori na regionalnom i globalnom nivou. Među njima posebno značajno mesto zauzimaju novi trendovi razvoja ekonomije, kroz različite razvojne pravce, koji rezultiraju nastankom specifičnih vrsta ekonomija, kao što su npr. cirkularna ekonomija, zelena ekonomija, ekonomija znanja, digitalna ekonomija i dr. vrste ekonomija. Iste na različite načine, u različitim oblicima i stepenima uticaja, odražavaju se na mineralnu ekonomiju i njenu uspešnost. Osnovni cilj ovog rada je da ukaže na uticaj i međufunkcionalnu vezu, koja postoji između cirkularne ekonomije, kao specifičnog vida ekonomije, i mineralne ekonomije, naročito sa stanovišta uticaja i potrebnih pravca aktivnosti u mineralnom sektoru, odnosno proizvodnji veoma različitih i privredno veoma značajnih metaličnih, nemetaličnih i energetske mineralnih sirovina. U okviru studioznog naučno-istraživačkog i stručno-analičkog rada na obradi predmetne materije primenjene su metoda analize i sinteze, metoda komparacije, statistička metoda i metoda ekonomske ocene.

U ranijem periodu ekspanzivnog rasta ekonomije, većina proizvodnih procesa se odvijala po principima tzv. linearne ekonomije, bazirane na linearnom kretanju materije, odnosno klasičnom proizvodnom konceptu “uzmi-napravi/koristi-odloži“ ili „proizvodni resurs-proizvod-otpad“. Sa praktičnog stanovišta linearna ekonomija je rezultirala stvaranjem relativno velikih količina neadekvatno tretiranog i odlaganog otpada i ispuštanja različitih otpadnih materija. Na taj način, nakon završetka životnog veka proizvoda nastajao je veliki broj različitih deponija čvrstih otpadnih materija, zatim vršeno ispuštanje predmetnih tečnih i gasovitih materija u medijume životne sredine, uz prateće procese zagađenja. Linearni model ekonomije je pratio plansku ekonomiju u kojoj upotreba proizvodnih resursa nije bila dovoljno kontrolisana, potrošnja energije po jedinici proizvoda je bila prilično visoka, a uticaj na životnu sredinu se nije adekvatno pratio, merio i otklanjao.

Shodno osnovnom zahtevu za efikasnijim korišćenjem proizvodnih resursa dolazi do značajnog ekonomskog usmeravanja na pitanja ekonomskih troškova otklanjanja posledica stvaranja otpada i raznih vrsta zagađenja. Delom, u sklopu koncepta održivog razvoja, pojavljuje se potreba internalizacije eksternalija i ekonomskog opterećenja preduzeća kao proizvodnih subjekata, koji izazivaju posledice po životnu sredinu. Prirodnim tokom razvoja menjala se paradigma u pravcu ekonomije sa cirkulisanjem materije i njihovom ponovnom upotrebom, štednjom resursa i korišćenjem na efikasan i efektivan način, uz ograničavanje formiranja različitih otpadnih materija, koje opterećuju i zagađuju životnu sredinu. Cirkularna ekonomija na taj način nudi novi model „proizvod – otpad – proizvod“ ili „proizvedi – upotrebi – proizvedi“. Pri tome se konceptualno kao osnovni izvor ekonomskog rasta pojavljuje veća ponovna upotreba materijala iz proizvoda koji su završili životni ciklus, a manje korišćenje novih proizvodnih resursa. Težište cirkularne ekonomije nije prevashodno razmišljanje o otpadu nego o proizvodu, od kojih materijala je napravljen, kako je dizajniran, koliko je reciklabilan, kako je proizveden i koliko utiče na životnu sredinu, uz tendenciju korišćenja energije za njegovu proizvodnju iz obnovljivih izvora. Time cirkularna ekonomija otvara nove proizvodne mogućnosti, povećava ekološku bezbednost, otvara nova zelena radna mesta i obezbeđuje novi kvalitet zemljišta, vode i vazduha, uz posebne perspektive upravljanja otpadom. Mnoge zemlje EU uveliko realizuju brojne projekte na osnovu važeće strategije i akcionog plana za implementaciju cirkularne ekonomije. Čitav koncept je dodatno podržan paketom direktiva i propisa iz oblasti upravljanja otpadom, a koncept cirkularne ekonomije sprovode i velike ekonomske sile kao što su SAD i Kina.

Uticaj cirkularne ekonomije na mineralnu ekonomiju, s obzirom na specifičnosti materijalne proizvodnje metalnih, nemetalnih i energetskih mineralnih sirovina, odlikuje niz specifičnosti. Predmetni uticaj i relacija se može pratiti sa: (a) proizvodnog stanovišta, odnosno neposredne realizacije proizvodnog procesa eksploatacije, pripreme i prerade mineralne sirovine; (b) stručnog geološko-rudarsko-tehnološkog stanovišta, u polaznom analitičkom razmatranju ležišta mineralne sirovine; i (c) stanovišta reciklaže proizvoda sa mineralnim komponentama.

Proizvodni aspekt se odnosi na proizvodnju određenih mineralnih proizvoda (rovne rude, koncentrata ili metala), što boljeg kvaliteta uz što manju količinu otpadnih materija, koje se moraju na odgovarajući, siguran i bezbedan način tretirati. Pri tome se posebna pažnja mora posvetiti jalovostima i njihovom modeliranju, kao de facto tehnogenim ležištima, koja se, pod određenim uslovima, mogu ekonomski dodatno valorizovati i omogućiti dobijanje ekonomski značajnih korisnih komponenata iz jalovine od eksploatacije ili pripreme mineralnih sirovina. Posebno specifičan proizvodni aspekt uključuje i uticaj rudničkih voda, kao podzemnih voda, koje mogu imati značajan uticaj na medijume životne sredine u širem prostoru oko ležišta kao osnovnog ekonomskog objekta. Sastavni deo koncepta cirkularne ekonomije obuhvata i globalni trend zamene fosilnih goriva, obnovljivim izvorima energije. Predmetni uticaj se direktno odražava naročito na geološka istraživanja, eksploataciju i tržišnu valorizaciju mineralnih rezervi uglja, uljnih šejlova, nafte i gasa u budućnosti.

Sa geološko-rudarsko-tehnološkog stanovišta posebno je značajna ekonomska ocena i analiza određenih faktora ekonomske ocene mineralnih ležišta, koji su posebno značajni sa stanovišta cirkularne ekonomije. Među njima se naročito mogu izdvojiti: (a) geološki; (b) rudarski; (c) tehnološki i (e) geokološki faktori. Među geološkim faktorima poseban značaj imaju: (i) kvalitet mineralne sirovine u ležištu i njena promenljivost; (ii) sadržaj korisnih, štetnih i nepoželjnih komponenti u rudi; (iii) hidrogeološki uslovi ležišta i (iv) inženjersko-geološki uslovi ležišta. Među rudarskim faktori se posebno mogu izdvojiti: (i) metoda eksploatacije; (ii) gubici i razblaženja mineralne sirovine; i (iii) kompleksno iskorišćenje ležišta. Među tehnološkim faktorima, kao značajni mogu se izdvojiti; (i) tehnološki tipovi mineralne sirovine; (ii) kompleksno iskorišćenje mineralne sirovine; (iii) metode pripreme i prerade mineralne sirovine; i (iv) supstitucija mineralne sirovine. Među geokološkim faktorima posebno se izdvajaju: (i) geokološki tip minerala, rude i ležišta; (ii) uticaj istraživanja, eksploatacije, pripreme, valorizacije mineralnih resursa i pratećih procesa na promene stanja: vazduha, vode, zemljišta, biljnog i životinjskog sveta; (iii) mere rekultivacije i revitalizacije geološke sredine; (iv) mogućnost iskorišćenja/uklanjanja ekološki bitnih/toksičnih komponenata; (v) geokološko stanje jalovišta i njihov uticaj na životnu sredinu; (vi) mogućnost korišćenja tehnogenih mineralnih sirovina, postojećih ili nastalih tokom korišćenja ležišta; (vi) geokološka konzervacija mineralne sirovine; (vii) mere prevencije zagađenja u raznim procesno-radnim fazama: istraživanju, eksploataciji, pripremi, valorizaciji mineralnih resursa i pratećim procesima; i (viii) ekološki troškovi i njihov uticaj na profitabilnost i bilansnost mineralnih rezervi u ležištima.

Stanovište reciklaže je specifično, jer se mineralne sirovine koriste u vidu određenih mineralnih proizvoda, ili najčešće mineralnih komponenata, koje se ugrađuju u proizvode različitih vrsta. Otuda u reciklažnom postupku, posebno različitih metaličnih proizvoda, postoji mogućnost dobijanja niza metala, koji su sekundarnog porekla, a koji u značajnoj meri mogu nadomestiti prirodne mineralne sirovine (npr. bakar, olovo, cink i dr.). U novije vreme se primenjuju i reciklažni postupci za nemetalne mineralne sirovine ili proizvode od njih (npr. reciklaža betona). Pri tome treba imati u vidu da se cirkularna ekonomija razlikuje od reciklaže, jer zahteva aktivnost na svakom delu proizvodnog procesa i na kraju recikliranje iskorišćenog proizvoda sa mineralnom komponentom.

Celovito sagledavanje pitanja mineralne ekonomije, koja se odnose na aspekte cirkularne ekonomije obuhvataju i posebno značajna pitanja menadžmenta geoloških istraživanja, menadžmenta na rudnicima, menadžmenta rudarskog otpada, menadžmenta mineralnih resursa, ekološkog menadžmenta, ali isto tako i neka stratejska pitanja. U okviru njih kao posebno uticajna mogu se izdvojiti pitanja mineralne strategije i mineralne politike zemlje, zatim koncesiona politika i obaveza primene koncepta održivog razvoja u mineralnom sektoru, a u sklopu njega i koncepta prevencije zagađenja i predmetnih troškova. Pitanja troškova se odražavaju na ukupno troškovno opterećenje jedinice rezervi, a u određenim situacijama mogu direktno uticati na bilansnost predmetnih mineralnih rezervi, odnosno na profitabilnost valorizacije mineralnih sirovina iz rudnih ležišta.

Za mineralnu ekonomiju je posebno bitno da će, s obzirom na neobnovljivost i iscrpivost mineralnih rezervi, u bliskoj budućnosti njihova cena rasti, zatim da će rasti troškovi energije, shodno rastu potreba stanovništva i migracijama u velike gradove. S obzirom na planove privrednog razvoja i intenziviranje privredne aktivnosti, u sklopu koga mineralne sirovine imaju nezaobilaznu bazičnu materijalnu ulogu, u predstojećem vremenu u mineralnoj ekonomiji i mineralnom sektoru zemlje treba posvetiti posebnu pažnju relevantnim uticajima cirkularne ekonomije. To obuhvata prvenstveno adekvatan institucionalni ambijent i potrebne kadrove u resornim državnim organima, koji prepoznaju proizvodni i ekonomski značaj mesto i ulogu mineralnog sektora. Isto tako veoma su značajni planiranje i sprovođenje odgovarajućih strategijskih i operativnih mera i aktivnosti usmerenih na dalje uspešno funkcionisanje mineralne ekonomije, u skladu sa konceptima cirkularne ekonomije i održivog razvoja, kako bi se obezbedilo uspešno funkcionisanje mineralnog sektora i predmetne proizvodnje mineralnih sirovina u predstojećem privredno, ekonomskom i razvojnom periodu u Srbiji, Republici Srpskoj, Bosni i Hercegovini i zemljama regiona.

Reference

1. EU (2015), European Commission, communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: Closing the loop - An EU action plan for the Circular Economy, 21 pp., Brussels.
2. Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M., and Hultink, E. J., (2016), The Circular Economy—A new sustainability paradigm?. *Journal of Cleaner Production*, 143, pp.757-768.
3. George, D. A., Lin, B. C. A., and Chen, Y., (2015), A circular economy model of economic growth. *Environmental Modelling & Software*, 73, pp.60-63.
4. Gligorić M., Jovanović Gavrilović B. (2017), Cirkularna ekonomija kao okosnica održivog razvoja privrede Srbije, *Ekonomski vidici*, XXII, br. 2-3, pp. 119 – 134.
5. Stahel W.R. (2019), *The Circular Economy*, Routledge, 118 pp., New York.
6. Tonelli M., Cristoni N. (2018), *Strategic Management and the Circular Economy (Routledge Research in Strategic Management)*, Routledge, 256 pp., New York.
7. Tošović R. (2019), Economic and Ecological Risks in the Economic Evaluation of Mineral Reserves of Tailings as Technogenic Mineral Deposits, *International Scientific Conference: Effects of Natural and Technological Disasters on Environment and Economy*, Book of abstracts, pp. 155-156, Belgrade.
8. Tošović R. (2019), Some Starting Analytical Elements of Change Management in Enterprises of the Mineral Sector, *Proceeding of 22th International Conference Dependability and Quality Management ICDQM-2019*, pp. 256-267, Belgrade.
9. Tošović R. (2018), Specifics of Engineering Making Decision in Mineral Sector, *Proceeding of 13th International Conference OMC 2018*, pp. 297-302, Zlatibor.
10. Tošović R. (2015), Expert Economic Evaluation in Mineral Project and Decision-Making, *XIX International conference on project management, YUPMA 2015*, Belgrade.
11. Tošović R. (2014), The Specifics of Project Management in Mineral Resources Exploration, *XVIII International conference on project management, YUPMA 2014*, Belgrade.
12. Tošović R. (2010), Management in Modern Conditions of Serbian Mineral Economy, *MISKO* 10, 411-434, Belgrade.
13. Tošović R. (2007), Geocological Aspects of the Geological-Economic Evaluation of Mineral Resources, *Proceedings of Simposium of Ecological Truth*, pp. 596-601, Sokobanja.

14. Wright S.J. (2019), Forget Mars: Circular Economy, The Next Big Business Opportunity, Bluetrees GmbH, 58 pp., Feusisberg.
15. Zakon o rudarstvu i geološkim istraživanjima, Službeni glasnik Republike Srbije 101/2015, Beograd.

NEKI ASPEKTI UTICAJA DIGITALNOG POSLOVANJA NA UPRAVLJANJE MINERALNIM PROJEKTIMA

SOME ASPECTS OF THE INFLUENCE OF DIGITAL BUSINESS ON MANAGEMENT OF MINERAL PROJECTS

Prof. dr Radule Tošović, dipl. inž. geol., dipl. ecc.,

Katedra ekonomske geologije, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet,
toshovic@yahoo.com, radule.tosovic@rgf.bg.ac.rs

Ključne reči: mineralni projekat, digitalno poslovanje, menadžment.

Sažetak

Savremena proizvodnja velikih količina različitih metaličnih, nemetalnih i energetskih mineralnih sirovina potrebnih privredi, zahteva posebna unapređenja upravljanja mineralnim projektima, povećanjem efikasnosti i efektivnosti u različitim projektnim fazama, odnosno u njihovoj pripremi, izradi i neposrednoj realizaciji. Aktuelni zahtevi multifaktorne proizvodnje u mineralnom sektoru, kao i povećanje konkurentnosti i inovativnosti na tržištu mineralnih sirovina odražavaju se na geološku, rudarsku, tehnološku, ekonomsku i profesionalnu potrebu praćenja i primene aktuelnih trendova proizvodnje u savremenim mineralnim ekonomijama razvijenih zemalja. Navedeno, između ostalog naročito uključuje prednosti koje nudi digitalna ekonomija i digitalna revolucija proizvodnje, obuhvaćena promotivnim terminom Industrija 4.0, a koje, sa svog aspekta, omogućuju poboljšanje uslova i načina proizvodnje mineralnih sirovina, zatim povećanje produktivnosti, ekonomičnosti i rentabilnosti u preduzeća mineralnog sektora. Osnovni cilj ovog rada je da generalno ukaže na neke značajne aspekte vezane za upravljanje mineralnim projektima, s obzirom na poseban uticaj aktuelnog trenda digitalizacije, digitalne ekonomije i digitalnog pristupa poslovanju u mineralnom sektoru i mineralnoj ekonomiji Srbije. U okviru studioznog naučno-istraživačkog i stručno-analitičkog rada na obradi predmetne materije primenjene su metode analize i sinteze, metode indukcije i dedukcije, metoda komparacije i statistička metoda.

Projektantske aktivnosti u poslovima mineralnog sektora, odgovaraju tro-aspektnom procesnom tretiranju mineralnih sirovina, koje uključuje: (a) geološka istraživanja, (b) eksploataciju i (c) tehnološku pripremu i preradu. Svaka od ovih stručnih aktivnih faza praćena je odgovarajućim stručnim projektima i posebnim aspektima projektnog menadžmenta u mineralnom sektoru. U aktuelnom trendu digitalizacije, posebno su značajni uticajni aspekti četvrte industrijske revolucije, kao globalnog događanja, naročito kroz tri tehnološke inovacije: (a) Automatizaciju; (b) Internet komunikacije, i (c) Veštačku inteligenciju, sa različitim stepenom primene u mineralnom sektoru.

Projekti geoloških istraživanja su stručno, procesno i istraživački veoma značajni u mineralnom sektoru, jer predstavljaju prvu polaznu kariku u lancu materijalne proizvodnje i u krajnjem rezultiraju pronalaženjem mineralnih sirovina i njihovih ležišta, kao ekonomskih objekata tržišne valorizacije. Sa praktičnog i operativnog stanovišta realizacije i upravljanja geološkim projektnim aktivnostima, procesno se mogu naročito izdvojiti: (a) Priprema; (b) Izrada i (c)

Realizacija geološkog projekta. Najveći obim stručnog i ekspertskog posla, zavisno od složenosti geološke, geotektonske i metalogenetske građe istražnog područja, odnosno objekta istraživanja, obuhvata prikupljanje, analizu i obradu često i više hiljada veoma različitih podataka i informacija. Nezamenljivu ulogu u ovom delu projektnih aktivnosti imaju: (a) Odgovarajuće dobro strukturirane baze podataka; (b) Intranet mreža za razmenu podataka između članova projektnog tima, kao i projektnog tima i arhivske ili druge službe preduzeća kod kojih se nalaze odgovarajući podaci; (c) Internet za prikupljanje odgovarajućih podataka i ostvarivanje eksterne komunikacije u cilju prikupljanja ili kompletiranja potrebnih podataka; i (d) Cloud podaci vezani za predmetno područje ležišta dostupnih projektnom timu. Izrada geološkog projekta, kao druga projektna aktivnost, direktno je zavisna od odgovarajućih softverskih paketa, koji naročito služe: (a) Integralnoj obradi i (b) Interpretaciji prikupljenih podataka. Pri tome je nezaobilazno ekspertsko geološko angažovanje, kako u delu izbora relevantnih podataka, tako i u primeni analitičko-sintetičke i induktivno-deduktivne metode na njihovu obradu. Savremeni softverski paketi su nezaobilazni u delu sa ocenom potencijalnosti istražnog prostora na pronalaženje određene mineralne sirovine. Projektovanje istražnih radova, posebno bušotina, mora pratiti i ekonomska kalkulacija troškova, uz komparativnu ekonomsku ocenu vrednosti očekivanih mineralnih rezervi. Ovo zahteva posebno značajnu grupu ekonomskih, finansijskih i investicionih podataka, koji moraju, na odgovarajući način, biti dostupni projektantima. Realizacija geološkog projekta predstavlja deo projektantskih aktivnosti u kojima je najznačajniji uticaj savremene digitalne revolucije, odnosno veze koja postoji između digitalnih i fizičkih sredstava, u sklopu kibernetičko-fizičkih sistema. Ona se u praktičnom smislu direktno odnosi na: (a) Neposredno izvođenje istražnih geoloških radova; i (b) Projektantsko praćenje realizacije istražnih radova.

Projekte iz oblasti rudarstva i tehnologija takođe, u veoma visokom stepenu, prati primena digitalizacije i savremenih kibernetičko-fizičkih sistema. U savremenoj eksploataciji se primenjuje produktivna i veoma skupa mehanizacija, kako u površinskoj, tako i podzemnoj, kao i geotehnoškoj eksploataciji. Ova automatizovana mehanizacija je opremljena savremenim upravljačkim softverima, koji omogućuju uspešno odvijanje eksploatacionog procesa i veoma su važni za ostvarivanje planiranog obima projektovane eksploatacije na dnevnom, mesečnom i godišnjem nivou. Posledično ona direktno utiče na ekonomske efekte proizvodnje, odnosno obezbeđenje planiranih i ugovorenih količina mineralne sirovine i ispunjenje ugovornih obaveza rudnika u savremenim uslovima poslovanja na sve zahtevnijem tržištu mineralnih sirovina.

U sadašnjim tržišnim i tranzicionim uslovima mineralne ekonomije, posebnu pažnju u savremenom projektantskom radu treba posvetiti aspektima veće primene digitalizacije i digitalnog pristupa poslovanju u realizaciji mineralnih projekata. Ovi aspekti treba da omoguće uspešnije upravljanje mineralnim projektima, pronalaženje novih mineralnih rezervi i ležišta, kako bi se poboljšalo stanje mineralno-sirovinske baze, uslovi njenog intenzivnijeg proizvodnog i ekonomskog aktiviranja u predstojećem strategijski značajnom razvojnom periodu održive mineralne ekonomije Srbije.

Reference

1. Berger, R., (2016). The Industrie 4.0, Transition quantified. GMBH, 321 pp.
2. Kumar, K., Zindani, D., Davim, J.P., (2019). Industry 4.0: Developments towards the Fourth Industrial Revolution. Springer, 59 pp.
3. Schwab K., (2017). The Fourth Industrial Revolution. Currency, 192 pp.
4. Tošović R. (2019), Some Starting Analytical Elements of Change Management in Enterprises of the Mineral Sector, Proceeding of 22th ICDQM-2019, pp. 256-267, Belgrade.
5. Tošović R. (2019), Project Management in the Mineral Sector and Digital Approach to Business, XXIII International Congress on Project Management: Project Management and Industry 4.0, pp. 112-117, Belgrade.
6. Tošović, R., (2018). Specifične mogućnosti primene agilnog pristupa u upravljanju mineralnim projektima. Zbornik IPM kongresa, pp. 241-245, Beograd.
7. Tošović, R. (2014). Specifičnosti projektnog menadžmenta u istraživanju mineralnih resursa, Zbornik YUPMA 2014, pp. 376-380, Beograd.

FORMACIONA ANALIZA PODGRADAČKO-JOGUNOVAČKOG OFIOLITSKOG BLOKA NA SJEVERU KOZARE ZA POTREBE ISTRAŽIVANJA GRAĐEVINSKOG KAMENA

FORMATION ANALYSIS OF THE PODGRADCI - JOGUNOVA OPHIOLITIC BLOCK ON NORTH KOZARA FOR THE NEEDS OF BUILDING STONE EXPLORATION

Aleksej Milošević ¹, Ranko Cvijić ²

¹Univerzitet u Banjoj Luci, Rudarski fakultet, Save Kovačevića bb, Prijedor

²Rudarski institut, Save Kovačevića bb, Prijedor

Ključne riječi: dijabazi, ofiolitski melanž, rudna formacija, tehnički-građevinski kamen, Kozara.

Keywords: diabase, ophiolite melange, ore bearing formations, technical-construction stone, Kozara.

Sažetak

Na osnovu temeljnih terenskih i laboratorijskih istraživanja prikazane su osnovne geološke karakteristike ofiolitskog melanža sjeverne Kozare, sa akcentom na Podgradačko – jogunovski ofiolitski blok na sjeveru Kozare. U Podgradačko-jogunovskom, jednom od pet ofiolitskih tijela rudonosne formacije ofiolitskog melanža severne Kozare, razvijena je kompletna sekvenca okeanskog dna, dok su drugi blokovi predstavljeni sa jednim ili dva nivoa očvršćavanja magme. U takvoj situaciji, blokovi odnosno njihovi dijelovi predstavljaju određene rudne ofiolitske formacije. Specifično razvijeni dijelovi rudnih formacija su rudne subformacije.

U radu su uspostavljeni, a onda i primjenjeni kriterijumi izdvajanja formacija, naročito oni geološki direktno prepoznatljivi na terenu i izdanku, pa je u Podgradačko – jogunovskom ofiolitskom bloku izdvojena jedna rudna formacija sa tri subformacije. U centralnoj zoni bloka su dominantni dajkovi dijabazi, u sjevernoj se dijabazi javljaju kao žice u gabrovima, dok je na jugu bloka riječ o izlívnoj sekvenci okeanskog dna koja se završava pilou lavama. Izvršena je komparacija subformacija prema geološkim i genetskim karakteristikama i njihovom značaju, a zatim su prema stepenu perspektivnosti izdvojene površine za dalja istraživanja. Rudna formacija u cijelini je ocijenjena kao formacija srednje perspektivnosti. „Dijabazni dajkovi Trnove“ je rudna subformacija velike perspektivnosti, a njeni južni dijelovi predstavljaju visoko perspektivne terene za proširenje sirovinske baze i pronalaženje novih ležišta dijabaza. Tu su stijene dobrih fizičko-mehaničkih karakteristika i ispunjavaju najzahtevnije standarde u putogradnji.

Rezultati formacione analize su opovrgli neke od prethodnih prognoza o rudonosnosti ovog prostora, jer se smatralo da su ofiolitski blokovi izgrađeni skoro samo od dijabaza, te da su

tereni gdje se javljaju jednake i dobre perspektivnosti za pronalaženje ležišta tehničkog građevinskog kamena.

Abstract

Based on previous field researches and laboratory researches, in this paper are represented basic geological features of ophiolitic melange in the northern Kozara, with the accent on Podgradci - Jogunova ophiolite block. In the Podgradci-Jogunova area, which represents one of five ophiolitic bodies of ore bearing formation, of ophiolitic melange of the north Kozara, complete sequence of oceanic floor has been developed, while other blocks contain one or two levels of magma solidification. In such situation, blocks, meaning their parts, represent certain ore ophiolitic formations.

Based on established and then applied criterias separation of formations, especially geological ones, directly identifiable on the recognizable on the field and ground and outgrowth, in Podgradci - Jogunova ophiolitic block is separated one ore formation with three subformations. In the central zone of the block are dominant diabase dykes, in the northern diabase appear as wires in gabbros, while in the south there is an outflow sequence of the ocean floor that ends basaltic pillow lavas. Subformations were compared on the basis of their geological and genetic characteristics and its importance, and then on basis of degree of exploration. Ore formation generally is rated as formations with medium perspective. „Diabase dykes of Trnova“ is ore subformation of huge perspective, and its south parts represent highly perspective terrain for increasing of natural stone base and finding of new diabase deposits. There are rocks of good physical-mechanical characteristics and they meet the most requesting standards for road building.

Results of formation analysis denied the previous prognosis about the degree of mineralization of this area, because it was thought that the ophiolitic blocks was built almost exclusively of diabase, and that fields where are those blocks are equally and good perspective for researching deposits of construction stone.

1. Uvod

Na području sjeverne Kozare ofioliti su predstavljeni sa više blokova kao što su: Maglajački, Vojskovački, Baljski i Mrakodolski, koji sami za sebe predstavljaju rudne formacije građevinskog kamena (sl.1). Oni su sastavni dijelovi rudonosne formacije dijabaza „Ofiolitski melanž sjeverne Kozare“, definisane prema njenom dominantnom članu, primjenjujući kriterijum paragenetske formacione analize (Milošević, 2009; 2013). U radu je prikazana analiza Podgradačko-jogunovskog bloka, koji se od ostalih razlikuje i po tome što sadrži kompletnu sekvencu gornjeg dijela okeanske kore.

Specifično razvijeni dijelovi rudnih formacija su rudne subformacije. Pri definisanju njihovih specifičnosti korišteni su slijedeći kriterijumi: način pojavljivanja stijena i nivo kristalizacije, različita zastupljenost, mineraloške i strukturno-teksturne karakteristike, postmagmatski procesi i hidrotermalne izmjene, tektonska prerađenost i dr.). Kada se pomenutim geološkim parametrima dodaju i kvalitativno-kvantitativni pokazatelji (osnovna tehnička svojstva stijena

i mogućnost primjene, mogućnost eksploatacije i pripreme kamena, stepen iskorišćenja, rezerve i dr.), dobije se mogućnost izdvajanja širokog spektra subformacija i njihovog rangiranja prema ekonomskom značaju. Kriterijumi i pokazatelji su korišteni za određivanje potencijalnosti površina na kojima se javljaju dijabazi kao stijene koje se koriste kao tehnički građevinski kamen.

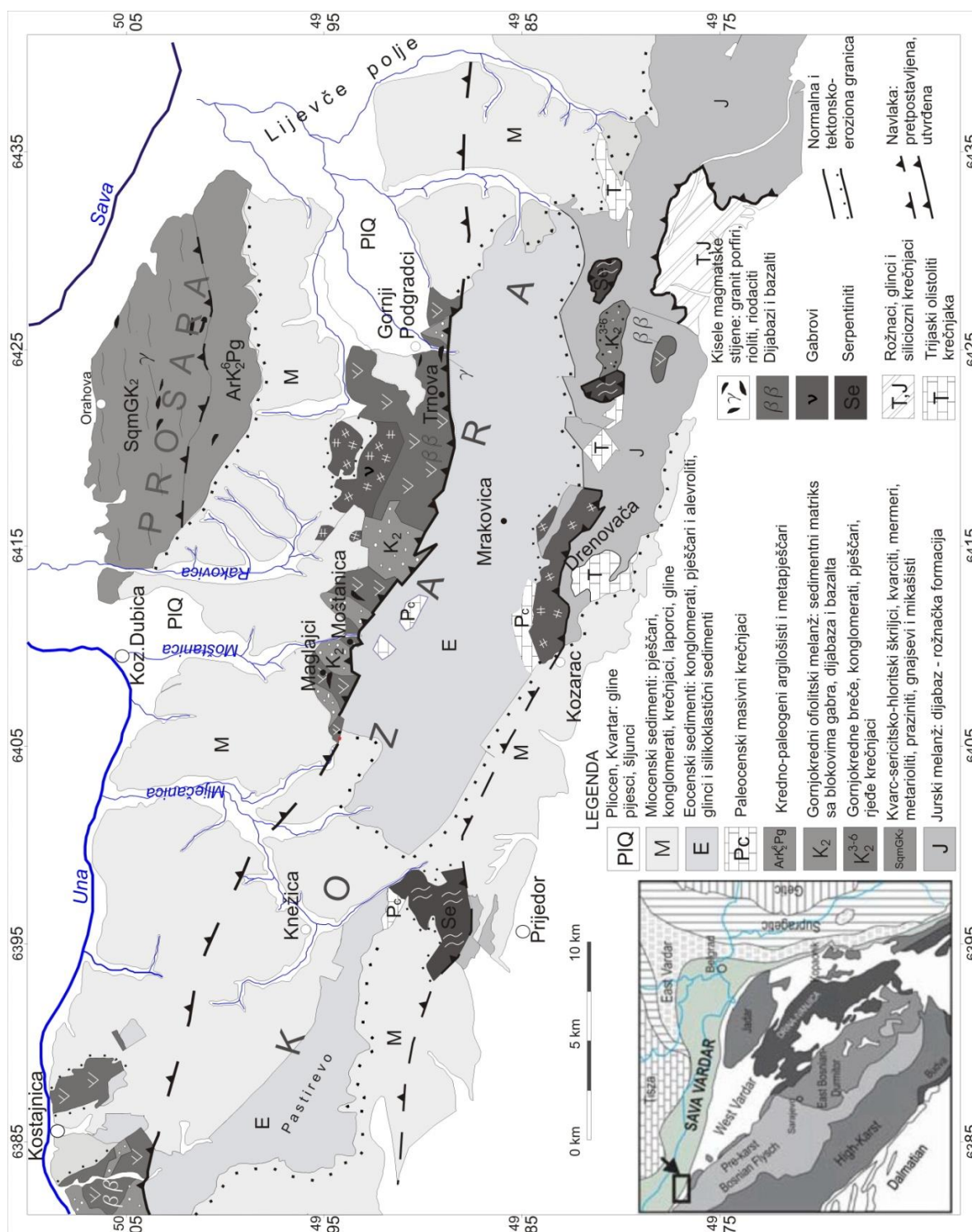
2. Ofiolitski melanž sjeverne Kozare (rudonosna formacija dijabaza)

Za razliku od južnog područja, gdje je ofiolitski melanž (dijabaz-rožnačka formacija) jurski, sjeverna Kozara uključuje sličnu ali mlađu formaciju definisanu kao kredni (tektonski) „ofiolitski melanž“ ili „ofiolitski kompleks“ (Šparica & Buzaljko, 1984; Jovanović & Magaš, 1986; Jelaska & Pamić, 1979).

Formacija se sastoji od sedimentnog matriksa i blokova različitog sastava i dimenzija. Istaknutija veća magmatska tijela, su najčešće u tektonskom kontaktu sa okolnim tvorevinama, rijede su kontakti atektonski olistolitski. Ta veća tijela čine oko 80% površinskog rasprostranjenja formacije. Na sjevernoj Kozari ističu se Maglajački i Vojskovački blok, zatim blok Moštаницe, Mrakodolski blok i Podgradačko-jogunovski - predmet rada (sl.1).

Magmatske stijene su predstavljene gabrovima, dajkovima dolerita i dijabaza i njihovim sistemima, zatim bazaltima, dajkovima kiselijih stijena i njihovim vulkanitima. Raznolikost u mineraloškom i hemijskom sastavu je rezultat bimodalnog intraokeanskog magmatizma. Za razliku od južnije „dijabaz rožnačke formacije“, ovdje nisu utvrđeni ultramafiti.

Po postanku je to tipski melanž nastao tektonitizacijom. Genetski je vezan za završne, prostorno već znatno sužene dijelove dinaridskog dijela Tetisa, kad započinje proces njegovog zatvaranja, odnosno kolizije. Na osnovu rezultata istraživanja „haotične formacije“ u zapadnoj Srbiji i na Kosmetu prikazanih u radovima R. Radoičić (Radoičić, 1997) i I. Filipovića (Filipović, 2010), imajući u vidu sličnosti u osobinama blokova i vremenu njihovog nastanka sa onima na sjevernoj Kozari, kao i činjenicu da pripadaju istoj regionalnoj geološkoj jedinici, A. Grubić i dr. (2013) genezu ofiolitskog melanža tumače dijelom tektonski, a dijelom olistostromski.

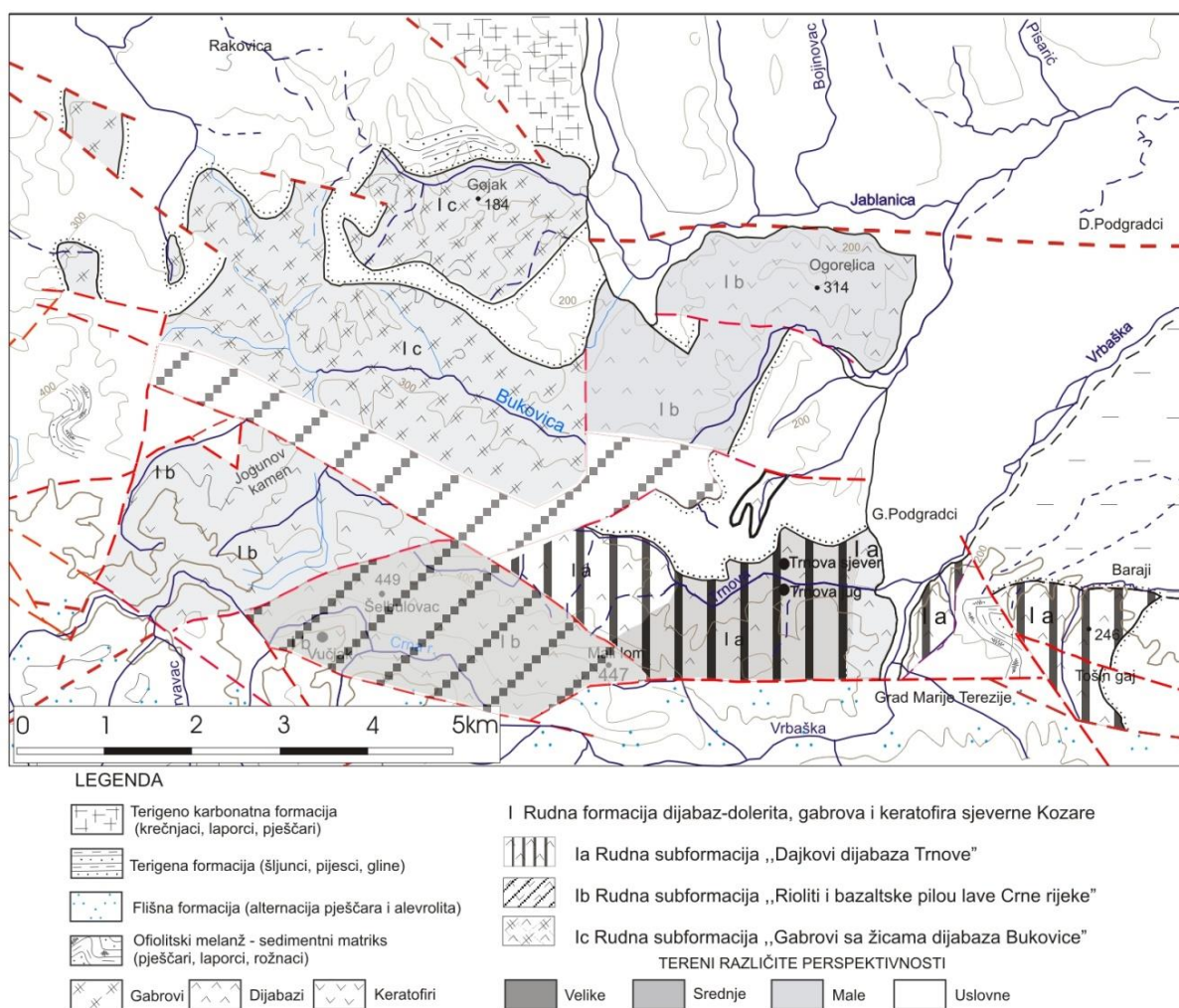


Sl. 1: Geološka karta Kozare

Krednu starost ovih tvorevina pretpostavili su J. Pamić i V. Jelaska (1975), na osnovu fragmenata krečnjaka sa kalpionelama i globotruncanama u melanžu, a dokazali je novijim odredbama globotrunkana u crvenim skaljovim krečnjacima koje su zalile pilou-lave (Grubić i dr., 2009, 2010), (sl.4 i 8). Navedeni biostratigrafski podaci su u saglasnosti sa U-Pb starostima dobijenim na cirkonima iz dolerita „Vojskove“ i riolita Crne rijeke od 81,6 i 81,4 Ma, a takođe se dobro slažu sa K-Ar starostima od 79 i 82 Ma, dobijenim iz cijele stijene dolerita iz kompleksa dijabaznih dajkova Trnove (prema Lovrić 1986, iz K. Ustaszewski et al., 2009).

2.1. „Podgradračko - jogunovački ofiolitski blok“ (rudna formacija dijabaza)

Od Gornjih Podgradaca pa jugozapadno prema Mrakovici pruža se interesantno geološko tijelo izgrađeno od magmatskih stijena (sl.2). Ofiolitske tvorevine pružaju se pravcem sjeverozapad-jugoistok, sa dužinom od oko 18 km i širinom od oko 6km. Pojavljuju se u vidu dajkova, ploča, žila i smjenjuju na kratkim rastojanjima. Razdvajanje pojedinih magmatskih članova i njihovih varijeteta je teško i često jedino moguće u mikroskopskim preparatima. Žični diferencijati dijabazno-doleritskog sastava, koji su mjestimično sitnog zrna i gusti, a mjestimično poprimaju krupnozrni karakter, preovlađuju u središnjim dijelovima bloka. Na nekim lokalitetima konstatovani su diferencijati tako krupnog zrna, da oni prelaze u gabropegmatitske tvorevine (Bukovica potok). Pored pomenutih bazičnih stijena, na istom prostoru se javljaju i kisele do neutralne izlivne i žične, naročito u rejonu Jablanice i Crne rijeke na južnom dijelu bloka.



Sl. 2: Formaciona skica Podgradračko – jogunovskog ofiolitskog bloka.

Unutar bloka zastupljene su slijedeće litološke jedinice, odnosno ofiolitske formacije: (1) gabrovi sa dijabaznim dajkovima zastupljeni na sjeveru, (2) kompleks dijabaznih dajkova na središnjem području i (3) bazaltske pilov lave dalje južno (sl. 2 i 3), čiji detaljniji prikaz dajemo u narednim redovima.

2.1.1. Rudna subformacija "Dijabazni dajkovi Trnove"

Na istočnom dijelu bloka sa lijeve strane potoka Trnove u većem istoimenom kamenolomu, registrovani su sistemi dajkova dijabaza. Dajkovi su različitih dimenzija, debljine od nekoliko centimetara do 0,5 m. Po njihovim granicama javljaju se zamrznuti rubovi. Manifestuju se kao staklasti materijali na obodima dajkova sa pukotinama i prslinama upravnim na njihovo pružanje. Kada su čvršći liče na rožnac. Rubovi su markirani i promjenom toka kristalizacije, tj. smanjenjem sastojaka koji čine strukturu stijene. Zapaženi su i asimetrični dajkovi, kod kojih se samo sa jedne strane javlja zamrznut rub (sl. 5). To znači da je taj dajk bio probijen nekim drugim. Utiskivanje magme je išlo po sredini dajka, predisponirano tektonikom koja je izvršila razdvajanje. Pored ofitskih dijabaza zastupljeni su i dijabaz porfiriti sa krupnim kristalima donešenim u prvim fazama kristalizacije magme.

Opisana stijenska masa je nešto slabijih fizičko-mehaničkih karakteristika od očekivanih u ovom nivou okeanske kore. Razlog za to je heterogena struktura stijenske mase, odnosno brzo smjenjivanje na malom prostoru staklastih partija i krupnozrnih varijeteta (sl.6). U drugim dijelovima profila ovaj odnos je povoljniji, što se može dovesti u vezu sa manjim učešćem impulsa žica, iako je genetski riječ o istom materijalu.

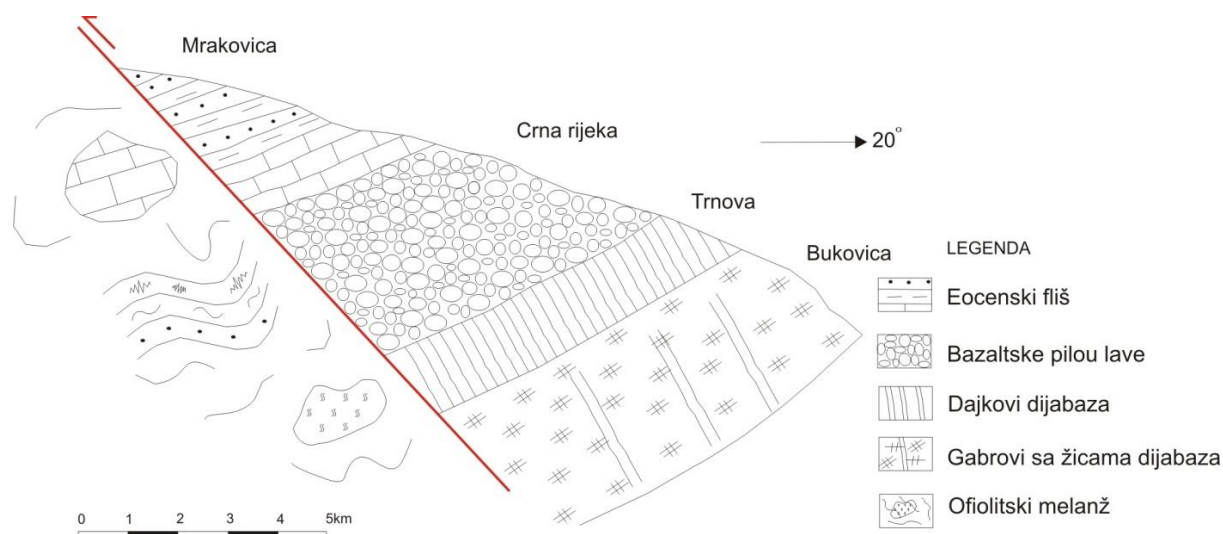
Na zapadnom dijelu otvorenog profila, ali i u njegovim centralnim djelovima, registrovani su keratofiri bijele boje. Javljaju se u vidu žica, „sočiva“ i ploča, a predstavljaju singenetske impulse intermedijarne i kisele magme u dijabazni masiv. U toj zoni dijabaz se pojavljuje u više dajkova sličnog sastava. Dijabazi su sitnozrni, bez smjene staklastog materijala i varijeteta sa fenokristalima, pa je stijena čvrsta i homogena. I u ovoj zoni su zapažene hidrotermalne promjene stijena (veće prisustvo hlorita, epidota), ali lokalnog karaktera.

Ovaj dio formacije je prekriven humusom i glinovito alevritskim pokrivačem, čija se debljina kreće do 9 m. Ispod deluvijalnog pokrivača dolazi, uglavnom, *trošni dijabaz* debljine i do 25 m (posljedica hidrotermalnih izmjena i procesa kore raspadanja), pa izmjenjeni ili rjeđe svježi dijabaz. *Svježi dijabaz* je zastupljen u nižim nivoima, ispod izmjenjenog, a ponekad i direktno ispod raspadnute i trošne stijenske mase.

U masivu, kako u svježoj tako i u izmjenjenoj stijeni, moguće je često veoma jasno uočiti "lajering". Ploče su debljine od 0,15-1 m, a generalni pad prema S-SI sa padnim uglom 20-35⁰. Raspucalost masiva je izražena sa pukotinama i prslinama različite orijentacije i sistemima pukotina.

Visoko perspektivni dio subformacije karakterišu povoljni elementi pada žica dijabaza koje imaju svjež jedar izgled (padaju prema sjever-sjeverozapadu sa padnim uglom od oko 20⁰), što se povoljno odražava na južnom dijelu subformacije. Tu su dakle dajkovi svježeg dijabaza bliže površini terena, a kora raspadanja znatno manja (10 m) od iste na sjevernom dijelu subformacije (30 m). Kvalitativne karakteristike dijabaza i dolerita su izuzetno dobre. Na osnovu sprovedenih ispitivanja kvaliteta u laboratorijskom i poluindustrijskom obimu i dobijenih rezultata (malo habanje trenjem 5,29 cm³/50 cm² i udarom K_{LA} 18,11%, visoke srednje vrijednosti čvrstoće na pritisak 142 – 218 MPa) svježi dijabaz subformacije ima širok domen

primjene u građevinarstvu, pa i za najzahtijevnije uslove. Potencijalnost dijabaznih dajkova Trnove umnogome je smanjena postojanjem rasjednih zona duž kojih je voda penetrirala i vršila promjene.



Sl.3: Šematski geološki profil rudne formacije dijabaz-dolerita, gabrova i keratofira sjeverne Kozare.

U terene *srednje perspektivnosti* svrstane su površine sjevernog dijela subformacije sa velikom trošnom pripovršinskom zonom, prosječno oko 30 m. Rubni dijelovi Trnovskog olistolitskog bloka sa lijeve strane toka rijeke Vrbaške rangirani su kao tereni male perspektivnosti (sl.2).

2.1.2. Rudna subformacija "Rioliti i bazaltske pilov lave Crne rijeke"

Uz Crnu Rijeku na istaknutim morfološkim oblicima Vučjak i Zvjerinjak na površini od nekoliko km² izdvojene su tvorevine Podgradačko-jogunovačkog ofiolitskog tijela u kojima pored dijabaza, značajno, na nekim dijelovima čak i dominantnije, učešće imaju keratofiri, rioliti i bazalti. Veliko učešće u građi ovog dijela bloka imaju i mase keratofira i kvarckeratofira Jablanice, koje su probijene dijabazima.

Uz put koji vodi od Podgradaca do Mrakovice registrovane su plitke facije bazične magme markirane šupljikavošću stijena, mandolama i pojavljivanjem sve više kiselih stijena (sl.7). Veća količina kiselog materijala ukazuje na specifičan tip okeanske kore i na mogućnost da je ofiolitski blok fragment ostrvskog luka. Kisela ili intermedijarna magma je kasnije probila okeansku koru. Registrovana asocijacija stijena i njihovi odnosi nisu karakteristični za "normalnu" okeansku koru. Ovo je njena nadgradnja, druga faza, pa su stijene izgrađene od andezitskog i keratofirskog materijala koje se javljaju u obliku slivova mlađe od nje same. Kisele stijene su uglavnom zastupljene unutar vulkanskih i subvulkanskih/intruzivnih facija. To su vjerovatno relikti od većih masa silikatnih lava i nemaju direktne magmatske kontakte sa okolnim bazaltima i dijabazima (V.Cvetković et al., 2014, str.120). Neki od većih dajkova Trnovskog bloka je mogao biti hranilac za ovaj bazaltni dio. Kroz njega je prolazila magma, kojom je kasnije je i sam bio zapunjen.

U blizini ušća potoka Krvavac u Crnu rijeku otkriven je profil na kome dominiraju pilov lave, uglavnom spilitskog sastava. Između "jastučića", koje imaju prečnike i do 30 cm, zastupljen je hijaloklastični materijal. Strukture su porfirske do ofitske. U blizini profila su crveni krečnjaci interstratifikovani sa bazaltskim lavama. Pilov - lave koje su zastupljene jugoistočno od zone dijabaz-dolerita Trnove prema Mrakovici su dio Pogradačko – jogunovačkog ofiolitskog bloka i ukazuju na njegov završetak (sl. 4).

U rejonu gornjeg dijela toka rijeke Jablanice, najzastupljenije stijene su keratofiri. Javljaju se u vidu ploča, sočiva i nepravilnih tijela. Crvenkasta i ljubičasta boja fragmenata stijena, žice zeolita, kalcita ukazuju na površinske facije bazične magme. Jaka tektonska oštećenost i prerađenost stijenskog materijala manifestovana kroz brojne pukotine, rasjede i rasjedne zone, ionako trošan i raspadnut stijenski materijal, čini još "neizglednijim" u smislu nje njegovog korišćenja u građevinarstvu.

Kvalitativne i tehnološke karakteristike, kao i praktična primjena kamena u putogradnji su zbog velike poroznosti od 6,8% ograničene, pa su i uz dobru otpornost na brušenje $8,58 \text{ cm}^3/50 \text{ cm}^2$ i visoke pritisne čvrstoće 182 MPa), svedene na izradu nosećih slojeva u putogradnji. Dijelovi subformacije u okolini ležišta Vučjak uz Crnu rijeku, prvenstveno zbog male debljine trošne površinske zone, predstavljaju nešto perspektivnije terene za pronalaženje novih ležišta i proširenje sirovinske baze građevinskog kamena (sl.2).

2.1.3. Rudna subformacija "Gabrovi sa žicama dijabaza"

Tvorevine subformacije su izdvojene na krajnjim sjevernim dijelovima Trnovskog ofiolitskog tijela, uz cijeli tok rijeke Bukovice i nešto sjevernije u rejonu sela Kaštele, gdje su prekrivene neogenim naslagama. U sastavu formacije dolaze gabrovi koji se najčešće javljaju kao svježije stijene probijene žicama dijabaza. Gabrovi su sivozelene boje i masivne teksture. Struktura im je hipidiomorfno zrnasta, a veličina zrna 4-6 mm. Od mineralnih sastojaka makroskopski se zapažaju krupni sivi kristali plagioklasa i tamnozeleno obojeni sastojci.

Nepovoljna okolnost za perspektivnost je ta, što se na većem dijelu subformacije dijabazi pojavljuju u obliku žica male debljine. Među gabrovima, u koje su utisnute dijabazne žice i dajkovi, preovlađuju krupnozrni varijeteti (veličina zrna 2-4 mm), što nepovoljno utiče na fizičko mehanička svojstva stijenske mase. Iz tih razloga, iako je mala trošna površinska zona, te stijenska masa uglavnom svježija i jedra, površine koje zahvata rudna subformacija su klasifikovane kao "površine male perspektivnosti" (sl.2).



Sl.4: Crveni krečnjaci "zaliveni" pilov na ušću potoka Krvavac



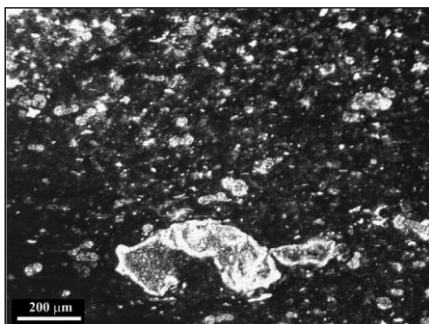
Sl.5: Asimetrični dajkovi dijabaza lavama ležišta Trnova



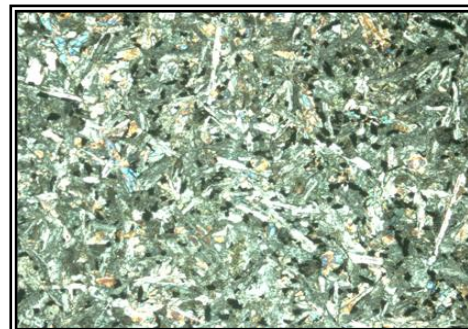
Sl.6: Heterogena struktura (Trnova)



Sl.7: Rioliti i keratofiri (Crna rijeka)



Sl.8. Globotruncana ex gr. arca iz crvenih krečnjaka



Sl. 9. Ofiolitska struktura uzorka dijabaza Trnove

3. Zaključak

- Na sjeverozapadu Republike Srpske kao dio regionalne tektonske jedinice „Zapadni pojas Vardarske zone“, izdvojena je rudonosna formacija dijabaza „Ofiolitski melanž sjeverne Kozare“.

- Formacija se sastoji od sedimentnog matriksa i blokova različitog sastava i dimenzija. Istaknutija veća magmatska tijela, su najčešće u tektonskom kontaktu sa okolnim tvorevinama, rijede su kontakti atektonski/olistolitski. Na sjevernoj Kozari ističu se Maglajački i Vojskovački blok, blok Moštаницe, Mrakodolski blok i najveći među njima Podgradačko-jogunovski.

- Svaki od ofiolitskih blokova predstavlja određenu rudnu formaciju, a njihovi specifično razvijeni dijelovi rudne subformaciju. Pri definisanju subformacija korišćeni su slijedeći kriterijumi: način pojavljivanja stijena i nivo kristalizacije, različita zastupljenost, mineraloške

i strukturno-teksturne karakteristike, postmagmatski procesi i hidrotermalne izmjene, tektonska prerađenost i dr.). Uz kvalitativno-kvantitativne pokazatelje određena je potencijalnost površina za pronalaženje novih ležišta dijabaza.

- Unutar Podgradačkog bloka zastupljene su slijedeće ofiolitske formacije/subformacije: 1. gabrovi sa dijabaznim dajkovima zastupljeni na sjeveru, kompleks dijabaznih dajkova na središnjem području i bazaltske pilov lave dalje južno. Izlivna sekvenca se završava sa bazaltnim pilov lavama, interstratificiranim sa tankim slojevima od crvenih silicioznih mikrita koji sadrže planktonske foraminifere globotrunkane.

- "Dijabazni dajkovi Trnove" je ocjenjena kao rudna subformacija velike perspektivnosti, a njeni južni dijelovi predstavljaju *visoko perspektivne* terene za proširenje sirovinske baze i pronalaženja novih ležišta dijabaza gdje su stijene dobrih fizičko-mehaničkih karakteristika, a onda i širokog domena primjene.

Literatura-References

1. Cvetković, V., Resimić-Šarić, K., Prelević, D., Milošević, A., (2004): Petrologija ofiolitskog kompleksa Potkozarja. Apstrakti, I. Savjetovanje geologa Bosne i Hercegovine.
2. Cvetković, V., Šarić, K., Grubić, A., Cvijić, R., Milošević, A., (2014): The Upper Cretaceous ophiolite of North Kozara – remnants of an anomalous mid-ocean ridge segment of the Neotethys? *Geologica Carpathica*, vol. 65, no. 2, str. 117–130. Bratislava.
3. Grubić, A., Ercegovac, M., Cvijić, R. & Milošević, A., (2010): The age of the ophiolite melange and turbidites in the North-Bosnian zone. *Bulletin, CXL, Academie Serbe des sciences et des arts, Classe des Sciences mathematiques et naturelles, Sciences naturelles*, no. 46, str. 41–56. Beograd.
4. Grubić, A., Radoičić, R., Knežević, M., Cvijić, R. (2009): Occurrence of Upper Cretaceous pelagic carbonates within ophiolite-related pillow basalts in the Mt. Kozara area of Vardar zone western belt, northern Bosnia. *Lithos*, vol. 108, no. 1–4, str. 126–130. Elsevier. Amsterdam.
5. Грубић, А., Милошевић, А., Цвијић, Р., (2018): Геологија Козаре и Просаре. Монографија, Одјељење природно – математичких и техничких наука, Књига 37. Академија наука и умјетности Републике Српске. Бања Лука, стр. 241.
6. Jelaska, V. i Pamić, J., (1979): Sedimentacijski i magmatski procesi mlađeg mezozoika na području sjeverne Bosne. *Zbornik radova IV godišnjeg znanstvenog skupa Znanstvenog savjeta za naftu JAZU*, str. 85–96. Zagreb.
7. Jelaska, V., (1976): Sastav i odnosi gornjokrednih i paleogenskih naslaga sjeverne Kozare i njihovo naftnogeološko značenje. *Doktorska disertacija branjena na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu u Zagrebu*. Zagreb.
8. Milošević, A., (2009): Formaciona minerogenetska analiza dijabaza Kozare kao sirovinske baze tehničkog građevinskog kamena – dijabaza. *Magistarski rad, branjen na Rudarsko-geološkom fakultetu u Beogradu*. Beograd.
9. Милошевић, А., (2013): Офиолитски меланж сјеверне Козаре и сјајни шкриљци Просаре (геологија и минерагенија). *Докторска дисертација брањена на Природно-математичком факултету у Бањој Луци*. Бања Лука.
10. Милошевић, А., Грубић, А., Цвијић, Р. и Салчин, Е., (2012): Геолошке карактеристике офиолита сјеверне Козаре као основа за формациону анализу и примјену стијена у

грађевинарству. Геолошки гласник 33, нова серија, 1, стр. 251–268. Републички завод за геолошка истраживања. Зворник.

11. Pamić, J., (1993): Eoalpine to Neoalpine magmatic and metamorphic processes in the northwestern Vardar Zone, the easternmost Periadriatic Zone and the southwestern Pannonian Basin. *Tectonophysics*, vol. 226, pp. 503–518. Elsevier. Amsterdam.
12. Pamić, J., (2002): The Sava – Vardar Zone of the Dinarides and Hellenides versus the Vardar Ocean. *Eclogae geologiae Helvetiae*, vol. 95, str. 99–113. Basel.
13. Radoičić, R., (1997): O haotičnoj formaciji Rujevca i Velikog Majdana (zapadna Srbija). *Ibid*, knj. 47, str. 53–61. Beograd.
14. Šparica, M., Buzaljko, R. i Jovanović, Č., (1984): Karta i tumač za list Nova Gradiška, Osnovna geološka karta 1 : 100.000. Savezni geološki zavod. Beograd.
15. Ustaszewski, K., Schmidt, S. M., Lugović, B., Schuster, R., Schaltegger, U., Bernoulli, D., Hottinger, L., Kounov, A., Fuegenshuh, B. & Schefer, S., (2009): Late Cretaceous intra-oceanic magmatism in the internal Dinarides (northern Bosnia and Herzegovina): Implications for the collision of the Adriatic and European plate. *Lithos*, vol. 108, Nos. 1–4, str. 106–125. Elsevier. Amsterdam.

SHALLOW GEOTHERMAL POTENTIAL WITH VERTICAL CLOSED- LOOP SYSTEMS: THREE CASE STUDIES FROM THE ALPINE SPACE

Dušan Rajver MSc¹, Alessandro Casasso², Pietro Capodaglio³, Joerg Prestor¹, Charles
Cartannaz⁴, Charles Maragna⁴, and Jernej Jez¹

¹Geological Survey of Slovenia

²Politecnico di Torino - DIATI

³ARPA Valle d'Aosta

⁴BRGM, Direction des Géoresources – Div. Géothermie

dusan.rajver@geo-zs.si, alessandro.casasso@polito.it, p.capodaglio@arpa.vda.it, joerg.prestor@geo-zs.si, c.maragna@brgm.fr, c.cartannaz@brgm.fr, j.jez@geo-zs.si

Keywords: shallow geothermal energy, thermal parameters, geology, closed-loop systems, G.POT method, Aosta Valley (Italy), Parc des Bauges (France), Cerkno (Slovenia)

Abstract

Shallow geothermal systems are usually divided in two main groups: open-loop, exchanging heat with groundwater, and closed-loop systems, where the heat exchange occurs through the circulation of a heat carrier fluid in a closed pipe loop buried in the ground horizontally or vertically as borehole heat exchangers (BHEs) and geothermal piles. In view of increasing the use of geothermal energy and in particular, the number of shallow geothermal installations, mapping and assessment of shallow geothermal potential can contribute to identify the most suitable areas for each technology. In the framework of the Interreg project GRETA, a study was carried out of geological and geothermal characteristics in three alpine pilot areas, namely Aosta Valley (Italy), municipality of Cerkno (Slovenia) and Parc des Bauges (France). The aim of study was to define the geothermal potential for closed-loop systems (BHEs). Previous studies on closed-loop shallow geothermal potential assessment have identified two main key parameters: thermal conductivity and undisturbed temperature of the ground. In particular, the greatest challenge is the identification of lithologies in different scales in order to assign thermal property values correctly. The Aosta valley is characterized by metamorphic rocks with some granite, and the Cerkno and Parc des Bauges areas consist predominantly of sedimentary rocks with rapid changes in geological units and, consequently, various geothermal properties of rocks. Thermal conductivity (TC) of rock samples was determined with lab measurements using the thermal conductivity scanning (TCS) method. The mean values of TC range from 2.8 to 4.0 W/(m·K) for rocks from the Aosta Valley, from 1.8 to 5.6 W/(m·K) for the rocks from the Cerkno area and from 2.4 to 3.5 W/(m·K) for sedimentary rocks from Parc des Bauges. With this input, the shallow geothermal potential, the annual amount of energy sustainably exchangeable with the ground by a single borehole, was determined using the G.POT method for a standard 100 m deep BHE. This method is based on the fitting of analytical ground heat transport equations and can account for several input parameters: thermal properties of the ground, plant characteristics and usage profile (BHE length, threshold temperature of the heat

carrier fluid, duration of the heating/cooling season, and simulated lifetime). The G.POT method allowed to correctly consider the ground temperature, which strongly varies in the wide elevation ranges characterizing all the three case studies analysed. The resulting maps show spatial distributed potential for the Aosta Valley (from 5 to 17 MWh/y) for a 100 m long BHE, for the Cerkno area from 8 to 15 MWh/y and for Parc des Bauges from 5.5 to 15 MWh/y, with the lowest values determined over alluvial deposits in the two southernmost municipalities.

1. Introduction

The technology of ground-source heat pump (GSHP) units is widely recognized as one of the more efficient and cost-effective solutions for heating, cooling and domestic hot water (DHW) preparation. Although their use is growing steadily (Sanner, 2019), GSHPs still represent a marginal sector of renewable heat sources (Bayer et al., 2012). In view of promoting this sustainable energy source, the 3-year project GRETA (near-surface **G**eothermal **R**esources in the **T**erritory of the Alpine space) was launched and developed by the Technical University of Munich (TUM) with GeoZS, Politecnico di Torino, BRGM, ARPA Valle d'Aosta and 7 other partners from the Alpine countries (Austria, France, Germany, Italy, Slovenia and Switzerland). The project was funded by the EU Interreg Alpine Space programme and concluded in December 2018. The main project aim was to overcome some of the main barriers to the diffusion of GSHPs focusing on the following issues (Casasso et al., 2017a): 1) the simplification of existing regulation and authorisation procedures, based on best practices identified among existing ones (Prestor et al., 2016); 2) addressing design and technical issues of different shallow geothermal techniques with a focus on specific Alpine conditions (Bottig et al., 2016; 2017); 3) assessing the geothermal potential and possible underground interferences with the installation of BHEs and wells; 4) developing tools to include shallow geothermal energy in local energy plans of three pilot areas, i.e. Oberallgäu (Germany), Cerkno (Slovenia) and Aosta Valley (Italy); 5) developing an interaction and knowledge exchange network with stakeholders. The previously reported points are represented by thematic work packages of the project and, in particular, this paper presents activities carried out in the WPT3 led by Politecnico di Torino.

Closed-loops with BHE are the most adopted technique for shallow geothermal systems since, contrary to open-loop system, they do not require the presence of a productive aquifer. Their economic viability depends on ability of the ground to exchange heat, which is defined in different ways as the near-surface (or shallow) geothermal potential (NSGE). The geothermal potential depends on thermal demand of the buildings (energy demand profiles and peak power demand) and site-specific thermophysical characteristics of the underground (thermal conductivity and specific capacity). Groundwater advection also improves the performance of BHEs, yet it is difficult to evaluate and hence it is generally not considered in geothermal potential evaluation. The importance of shallow geothermal potential has been much recognized in the past decade, and several projects have been funded consequently. For the mapping of closed-loop near-surface geothermal energy (NSGE) potential, Ondreka et al. (2007) and Gemelli et al. (2011) applied the VDI 4640 method (VDI, 2000, 2001), in south-western Germany and in the Marche region (Central Italy), respectively. Major limitation in the application of VDI 4640 is that the undisturbed ground temperature is not considered, thus providing the same specific heat extraction value for a warm ground in the plain (e.g., at 14 °C)

and a cold ground in the mountains (e.g., 8 °C). Such a limitation is overcome by the MIS 3005 method (DECC, 2011; Curtis et al., 2013), which considers the duration of the heating cycle (with a wider choice compared to VDI 4640), thermal conductivity and soil temperature. MIS 3005 tables are therefore more flexible and usable in wider pilot areas (Casasso et al., 2017b), yet they do not provide an explicit formula for estimating the shallow geothermal potential. In this paper we present the assessment of closed-loop geothermal potential as the average thermal load that can be efficiently exchanged with a BHE. The G.POT method was used to assess the NSGE potential and its applications in the three Alpine pilot area environments: in the Aosta Valley region (Italy), in the Cerknó municipality (Slovenia) and in Parc Naturel des Bauges (France). The open-loop systems are not discussed here, but also this potential was assessed in the GRETA project as shown in Böttcher et al. (2019). The paper is structured as follows: Section 2 presents methods for determining the shallow geothermal potential and its input data, focusing on ground thermal properties (thermal conductivity and capacity, undisturbed ground temperature) as well as the usage profile (length of the heating season); Section 3 presents the resulting spatial distributions of the shallow geothermal potential in the areas of Valle d'Aosta, Cerknó and Parc des Bauges; Section 4 discusses and compares these results; and conclusions are reported in Section 5.

2. Method for determining the shallow geothermal potential

Thermal properties of the shallow underground are mostly influenced by the geological composition (lithology) and by the presence of groundwater. In addition, the BHE's thermal performance (extraction) is also influenced by the mean annual ground surface temperature (GST), terrestrial heat flow, precipitation and duration of solar irradiation, which also depends on topography.

2.1 Identification of lithologies in different scales in the three pilot areas

Geological mapping was first carried out in larger scales for the potential determination of the entire areas, and they were different in all three areas (usually 1:50,000 or 1:25,000), and then in smaller scales for identifying potential for specific small areas and for objects, mostly in 1:10,000 or 1:5,000.

2.1.1 Geological setting of the Aosta Valley

The Aosta Valley is the largest (3200 km²) and most mountainous (the average altitude of territory is about 2100 m a.s.l.) of the six case-study areas in the GRETA project. Three main tectonic domains of the Alps are found (Figure 1):

- Helvetic Domain in north-western portion of the region is the only sector not undergone to metamorphism, consisting mainly of granite and migmatites (i.e. the basement of the Mont Blanc massif);
- Austroalpine Domain can be divided in two sectors:
 - Sesia Lanzo zone, composed mainly by eclogitic micaschists and gneiss with metabasites, located in the south-eastern portion of the region;
 - Dent Blanche unit, composed mainly by kinzigites and amphibolites, located in the central part of the region;

- Penninic Domain is the most diffused one and refers to a broad set of rocks of originally different geological genesis and paleogeographic position, later deformed during the orogenesis. It can be subdivided in:
 - Grand Paradis and Mont Rose massifs, mainly composed of gneiss;
 - Paleo-oceanic Piemontais zone, consisting of ophiolites (mainly serpentinites and metabasalts) and associated metasediments (mainly calceschists);
 - Briançonnais zone, consisting of various kinds of metasedimentary rocks.

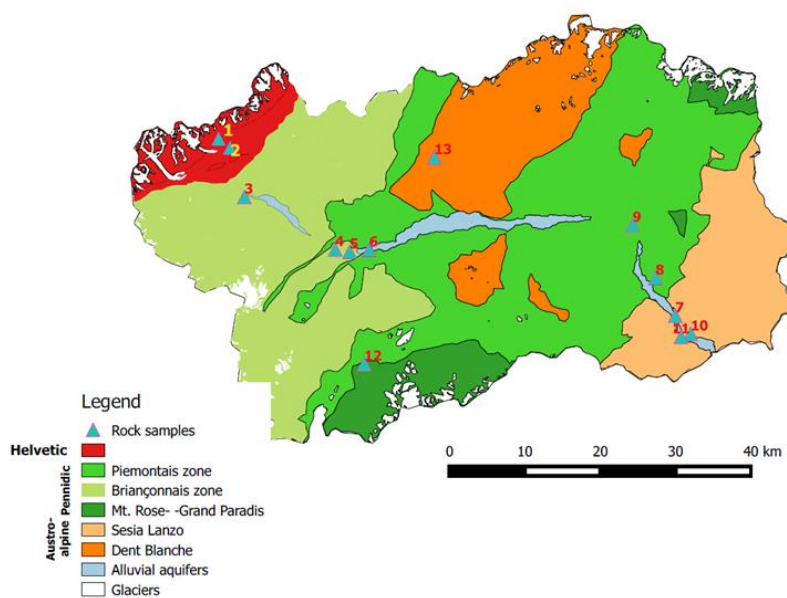


Figure 1: Simplified tectonic map of the Aosta Valley area, with numbers of the rocks sampled.

In the main bottom valley, quaternary alluvial sediments (sandy gravels) host very thick and permeable aquifers, exploited mainly for industrial and drinking use and, in recent years, for geothermal use too. Their recharge stems from seasonal snowfall melting, in addition to several glaciers covering about 5% of the total regional area.

2.1.2 Geological setting of Cerkno

The Cerkno municipality is the smallest of the pilot areas with 132 km², and mostly covered by clastic sedimentary rocks, which exhibit in different geological units (formations) fast exchange in form of different sequences and ratios (Figure 2). In some places, thick layers of carbonate, especially limestone, appear in clastic rocks. Other outcrops are mostly composed of carbonate rocks, dominantly dolomites. Clastic rocks are mainly an alternation of sandstone and claystone (or mudstone if not specified). In the Črni Vrh mountain, the alternation is in favour of sandstone, volcanoclastic tuff and tuffite, with claystone and siltstone in minor extent. These layers also characterize a part of Cerkno town, as well as some minor neighbouring settlements. Alluvial sediments as silt, sand and gravel are of very limited extent, deposited only along main rivers and creeks, with a few meters of depth. Soils and unconsolidated sediments are generally less than 1 m thick.

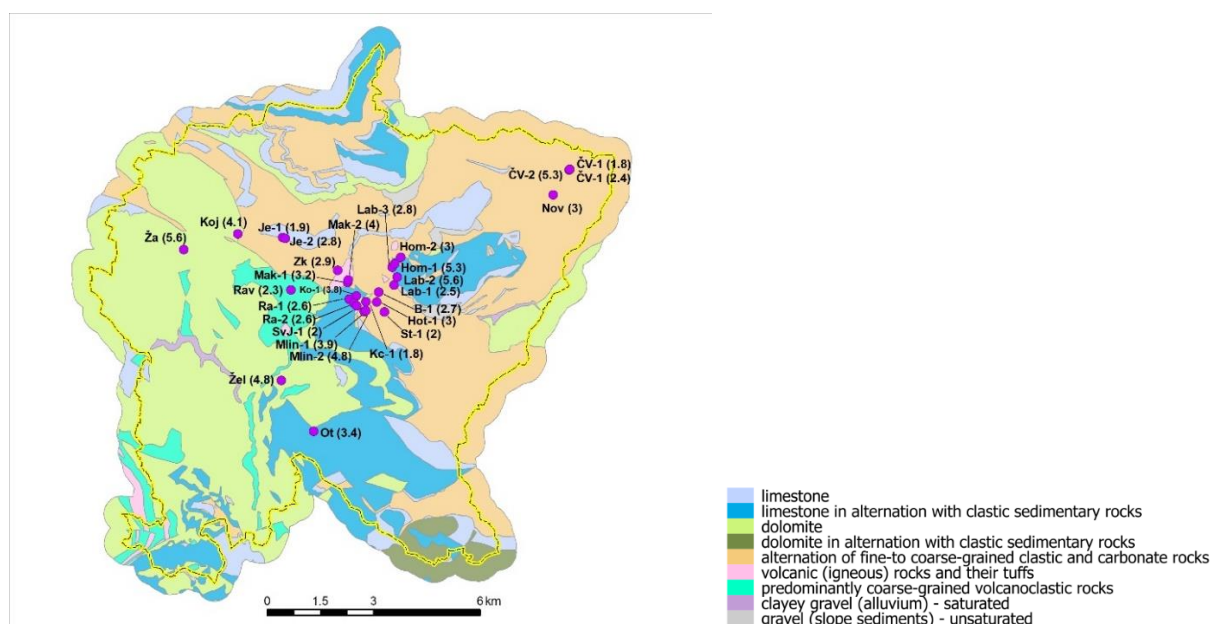


Figure 2: Lithological map of the Cerkno municipality area, with codes of the rocks sampled.

2.1.3 Geological setting of Parc Naturel des Bauges

The Bauges massif is one of the subalpine massifs along the western edge of northern French Alps (see Figure 3 with maps of four municipalities). It is mainly made of folded and faulted, carbonated sedimentary rocks, which are more deformed eastward. In the west, the Bauges massif reveals asymmetric reliefs (west steep slopes, east regularly dipped ones) induced by the geological structure of Jurassic and Cretaceous formations in folds recumbent to the east. In its eastern part, the Bauges massif presents steeper reliefs in relation to more intense rock deformation, with more folds and faults, induced by the vicinity of the alpine thrust front. The Bauges massif is bounded by physical features, such as a scarp, more than 1 km in height to the west, marking the boundary with the molassic foreland and its low altitudes (200 to 300 m above sea level). It represents the front of Bauges Cretaceous and Jurassic formations thrusting on the Oligo-Miocene perialpine molassic infilling. To the east, the Bauges massif is recognized up to the Isère valley that corresponds to western boundary of external crystalline units of the Western Alps. Northern and southern boundaries of the Bauges massif are found in transverse valleys that are strongly incised: the Annecy valley to the north, the Chambéry valley to the south. During the last phases of Quaternary, the alpine glaciers advanced and over-dug the valleys. Laterally, many alluvial fans fed the valleys with mostly coarse materials.

2.2 Sampling and laboratory measurements of thermal parameters

After 2003, a fairly rapid optical scanning method of measurement of thermal conductivity (TC) of rocks, has been applied in the world. The thermal conductivity scanner (TCS), using this method, is in use also at geothermics lab of Geological Survey of Slovenia (GeoZS). The device provides optionally also simultaneous measurements of thermal diffusivity (TD) (Popov et al., 2017) and has the following characteristics:

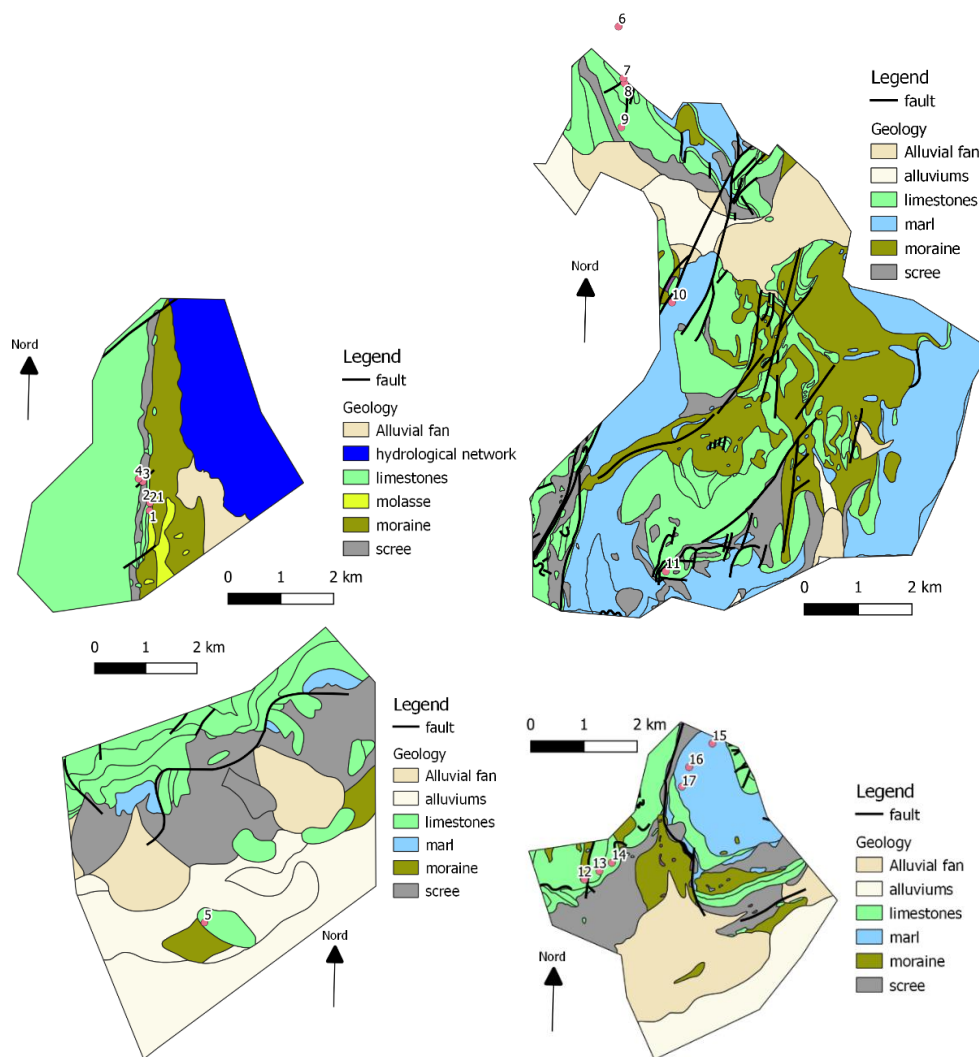


Figure 3: Geological maps of the four municipalities of the Parc des Bauges area with numbers of the rocks sampled (see Table 4); clockwise from upper left: (a) Sévrier, (b) Faverges-Seythenex, (c) Saint Pierre d'Albigny, (d) Montmélian.

- TC (and TD) measurements: Optical Scanning Technology: the TCS has a focused, mobile, continuously operating IR lamp heat source in combination with IR temperature sensors.
- 2 IR sensors measure the temperature before and after heating (3 sensors are used for TC + TD measurement).
- Determination of TC of unknown samples (optional also TD): comparison of excess temperatures (temp. differences) of **standard references** (certified samples with known TC_R) with excess temperatures of one or more **unknown samples**, which are heated by a mobile heat source. Prior to and after the measured samples along the scanning line, standard references with known TC are placed, depending on the expected TC of the measured samples (Figure 4).

For the TCS method, at least one flat surface of each piece of rock is required, for which a small tolerance is prescribed for the samples' flatness (± 0.5 mm) and hence the samples were sawn

with a circular saw to cope with this requirement. On each piece of rock, a straight black acrylic line of at least 2 cm in width was colored on a flat surface.

2.2.1 The Aosta Valley region

In the Aosta Valley region, 13 rock samples have been collected (Figure 1), as representative of the main lithologies of bedrock, for determination of TC and TD (and hence heat capacity). They were analysed with a TCS device at GeoZS (Figures 4 and 5), and results are presented in Figure 11. The alluvial deposits are found in four main lenses in valley bottom (the biggest is the Aosta plain), while glacial deposits are present in smaller lenses in several lateral valleys.

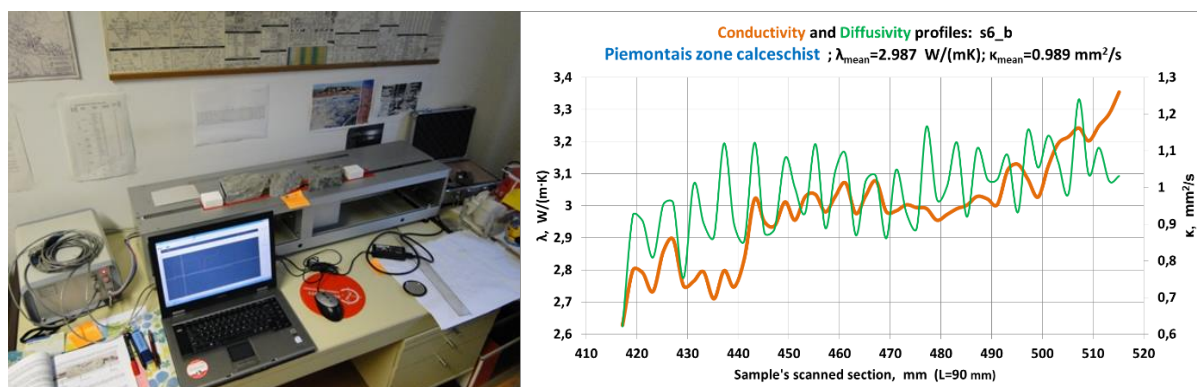


Figure 4 (left) and Figure 5 (right). Left: Three pieces of rock of the sample 6 (Piemontais zone calceschist) are placed on the scanner platform during the TC scanning with a moving optical head. Right: Example of the TC and TD profiles along one of the three scanned rock pieces of sample 6.

Thermal properties of the main lithologies were assigned using the map of ISPRA 1:500.000, while thermal properties of the sediments were estimated according to literature evidences, i.e. TC for alluvial deposits (silt, sand and gravel) is assigned to 1.9 and for glacial deposits (diamicton, clay and silt) to 1.7 W/(m·K).

2.2.2 The Cerknno municipality area

Altogether, 16 samples (30 single rock pieces) from the Cerknno town area and 16 samples (23 single pieces) from the wider Cerknno municipality were analysed on TC and TD. According to the measurements of TC of rocks and the lithological structure of the Cerknno municipality, geologists have assessed that the best rocks for exploiting the NSGE are in western portion of the municipality, like in the Šebrelje plateau area, which is mostly built of massive grained dolomite of the middle and upper Triassic age (ca 230 million years). However, also in other parts of the area the rock sequences to depths of 100 or 200 m have on average good potential, provided they are mixture of rocks with lower and higher TC values (see Figure **Error! Reference source not found.**).

2.2.3 The Parc des Bauges

A cartography of the mean ground TC between 0 and 100 m depth, was carried out in the four municipalities of the pilot area, where the most important geological units were sampled. 17

samples of limestone and molasse rocks could be easily sampled, unlike marls which are very poorly exposed and whose low induration prevents the preservation of the sample (Figure **Error! Reference source not found.**).

Sample rocks are mostly limestones and marls of Jurassic and Cretaceous ages. Clay-rich or poorly indurated geological formations such as alluvium, scree or moraine were not sampled for TC measurements. Values for them were taken from bibliography incl. the Swiss standard SIA384/6 (Eugster et al., 2010). After the sawing 18 rough samples were scanned for TC and TD with a TCS device at GeoZS. One interesting result is that, except for sample 6, the TC is medium - high for these rock types ($>2.3 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ **Error! Reference source not found.**). Except for two out-layers (samples 6 and 8), values of thermal (heat) capacity of the rock samples have a small range of variation and a marginal impact on the final geothermal potential of the pilot area. Consequently, the values of thermal capacity (ratio between TC and TD) were fixed to an average value of $3.00 \text{ MJ}/(\text{m}^3\cdot\text{K})$ in the entire pilot area.

2.3 The G.POT method description and derivation of input data

For the evaluation of closed-loop geothermal potential for all three pilot areas the G.POT method (Casasso and Sethi, 2016) was used to estimate the geothermal potential of BHEs. This method, which can be used either for heating and cooling, assumes that the application of a cyclic sinusoidal thermal load causes a time-varying thermal alteration of the ground, thus reaching a threshold fluid temperature (minimum or maximum, depending on the use).

Since the thermal alteration of the ground (and, therefore, of the heat carrier fluid) is directly proportional to the thermal load exchanged with the ground, the difference between the initial undisturbed ground temperature (T_0) and the fluid temperature limit (T_{lim}) determines the thermal load (geothermal potential) which can sustainably be exchanged by a BHE with a certain length. The method was first applied to the territory of the province of Cuneo (Casasso and Sethi, 2017) with 100 m as a typical BHE depth of evaluation. The G.POT method can be used to assess the geothermal potential for heating or for cooling. The method's only limitation is that a single operating mode can be considered and hence, the prevailing operating mode should be considered for mapping. We investigated the heating use only owing to typical climate range of the Alpine Space.

The geothermal potential was calculated with a few fixed parameter values: temperature limit = $-3 \text{ }^\circ\text{C}$, BHE length = 100 m, simulated plant lifetime = 50 years, the borehole radius = 0.075 m. The spatial distributions of some other parameters were based on measured TC and TD. Two spatial distributions (T_0 and the length of the sinusoidal cycle of the thermal load or heating season length t_c) were derived based on locally valid correlations with climate parameters and altitude.

Below a relatively small depth (about 10 m), the GST is assumed constant throughout the year. A few literature sources (Signorelli and Kohl, 2004; Ouzzane et al., 2015) highlighted that this temperature is very similar to the annual average air temperature, i.e. a parameter which is relatively easy to find with a good spatial resolution. For the Aosta Valley (Casasso et al., 2018), we assumed a ground temperature 1°C higher than the annual average air temperature (Figure 6B) which, as shown in Figure 6A, is linearly correlated with the ground elevation. With such correlation, therefore, a Digital Terrain Model (DTM) is enough to derive the spatial distribution of T_0 . Yet, at higher elevation (above 1500 m a.s.l. according to Signorelli and Kohl

(2004)), the ground temperature becomes way higher than the average air temperature, due to the thermal insulation effect of the winter snow cover. For this reason, a cutoff elevation was chosen (e.g., 2000 m a.s.l., corresponding to the average altitude of the whole region) since estimating the ground temperature and hence the geothermal potential at such high elevations would have been impossible without field measurements, and scarcely useful as in reality only few buildings are present at those elevations. Regarding the length of the heating season, the limit is generally prescribed by national legislation. Yet, the effective one depends on climate. Different approaches were adopted for the pilot areas. For the Aosta Valley and the Parc des Bauges, the number of heating days was estimated as the average number of days with average temperature below 12 °C, i.e. with the approach adopted in Italy to calculate heating degree days (UNI, 1987). For Cerkno, the heating season lengths from Slovenia were first correlated with Eurostat heating degree-days (HDD, Figure 7) and then with ground elevations, as explained in Casasso et al. (2017b). The length of the heating season depends on climate and may be assigned with different criteria (e.g. ground elevation or HDD). For the GST map of the Cerkno area, linear correlations were found with the altitude, with the ground temperature about 1°C higher than the annual mean air temperature.

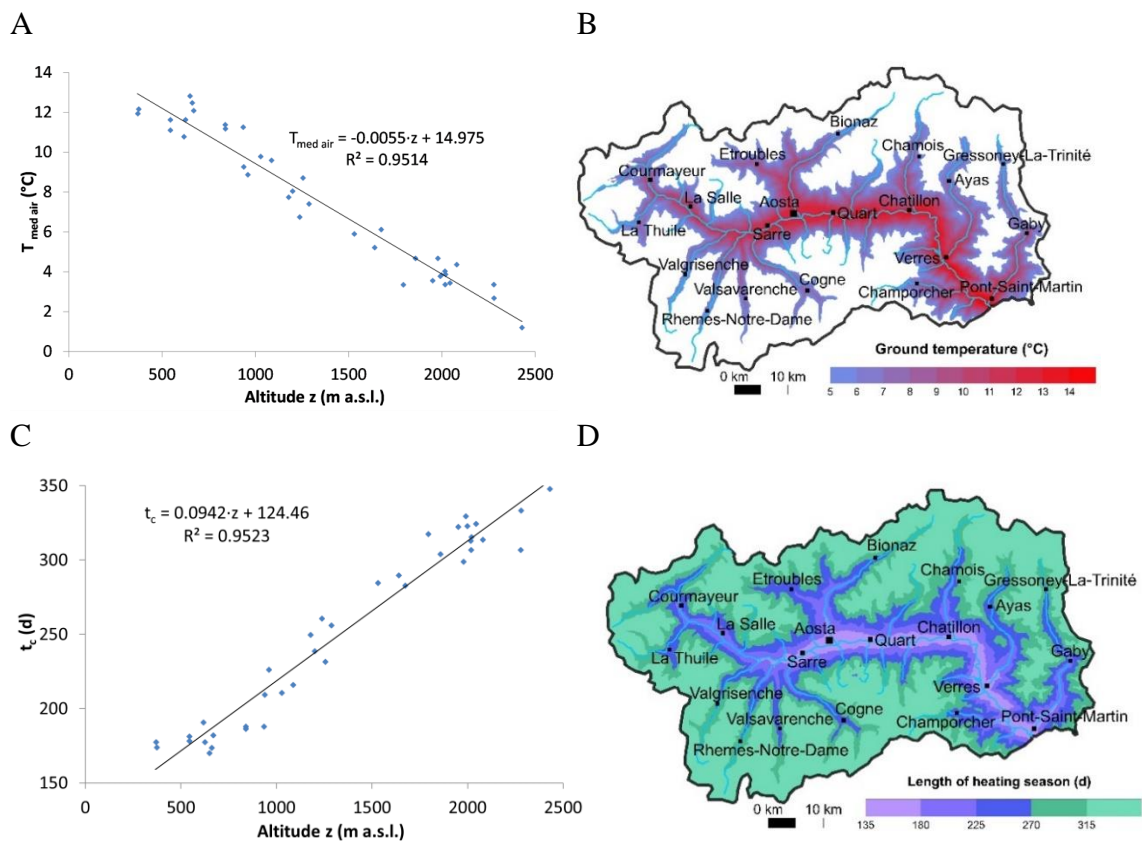


Figure 6: From top to bottom, from left to right: correlation with altitude and spatial distribution of the ground temperature (A,B) and of the length of the heating season (C,D) for the pilot area of Aosta Valley. Source: Casasso et al. (2018).

3. Resulting maps of shallow geothermal potential

The spatial distribution maps of the mean ground TC for the Aosta Valley, Cerkno and Parc des Bauges areas are first presented. In the Aosta Valley (Figure 8) values of TC are generally quite high, mostly between 2.8 and 4.0 W/(m·K), and typical of metamorphic rocks, which mainly compose the Aosta Valley basement. Within the Cerkno area (Figure 9) dolomites (massive and layered), quartz sandstones and conglomerates, dolomitic limestones, and certain tuffs (keratophyre, porphire) proved to be the most conductive rocks, having the best potential for dimensioning shallow geothermal systems. Some other rock types, as limestones, carbonatic sandstones, siltstones and diabase, revealed good properties as well. Lower potential, yet not so bad, is shown by shale claystones, siltstones (mudstones), some marlstones and marly limestones. The range of mean values of 1.8 to 5.6 W/(m·K) for all the sampled rocks shows the geological variability of Cerkno area. The TC map for the Parc des Bauges from the measured values and further geological considerations is shown in Figure 10.

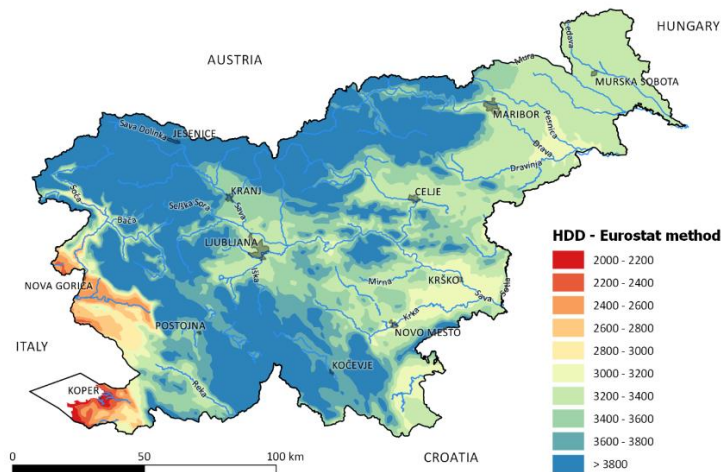


Figure 7: Map of the Heating Degree-Days (with reference to 20 °C) in Slovenia (ARSO, 2002).

The results of TC measurements on rocks from Parc des Bauges (the mean TC values range mostly from 2.4 to 3.5 W/(m·K)) and some estimations influenced that the geological units of the harmonized geological map were classified into 4 major groups of TC, 0.4, 2.0, 2.8 and 3.4 W/(m·K). The loose formations could not be sampled for laboratory measurement. The hard or soft nature of the ground is very difficult to evaluate. The values chosen are average values and it is not impossible that a value stemming from the map is different from the real TC value encountered in the field. Finally, a very high degree of inaccuracy is attributed to the extension of the formation in depth because there is no 3-D geological model of the Bauges massif. These maps (Figure 10) cannot be used at a cadastral scale. It is up to the expert to decide the accuracy and validity of the values provided by these maps.

3.1 Closed-loop geothermal potential in the Aosta Valley area

The closed-loop geothermal potential for the Aosta Valley is shown below 2000 m a.s.l. (above which the estimation of the ground temperature is not reliably correlated with the Figure 11 for elevations). The map shows globally high values of geothermal potential, higher than 10 MWh/y in most of the territory (>70%), due to pretty good TC values. Lower geothermal

potential can be found in the alluvial plains located in the bottom valley, due to lower TC of the alluvial sediments. The biggest of these areas is the Aosta plain stretching west–east for about 13.5 km, reaching a width of 2.5 km in the central part, near the town of Aosta (585 m a.s.l.). A few large lenses of glacial deposits, also characterised by low geothermal potential, can be found even in many lateral valleys. The estimation of the shallow geothermal potential with G.POT does not consider the effect of groundwater advection, which may increase the heat exchange rate noticeably. The effect of groundwater advection could be considered with numerical models such as FEFLOW, MODFLOW or with analytical formulae. The open-loop potential has been identified for the alluvial plain.

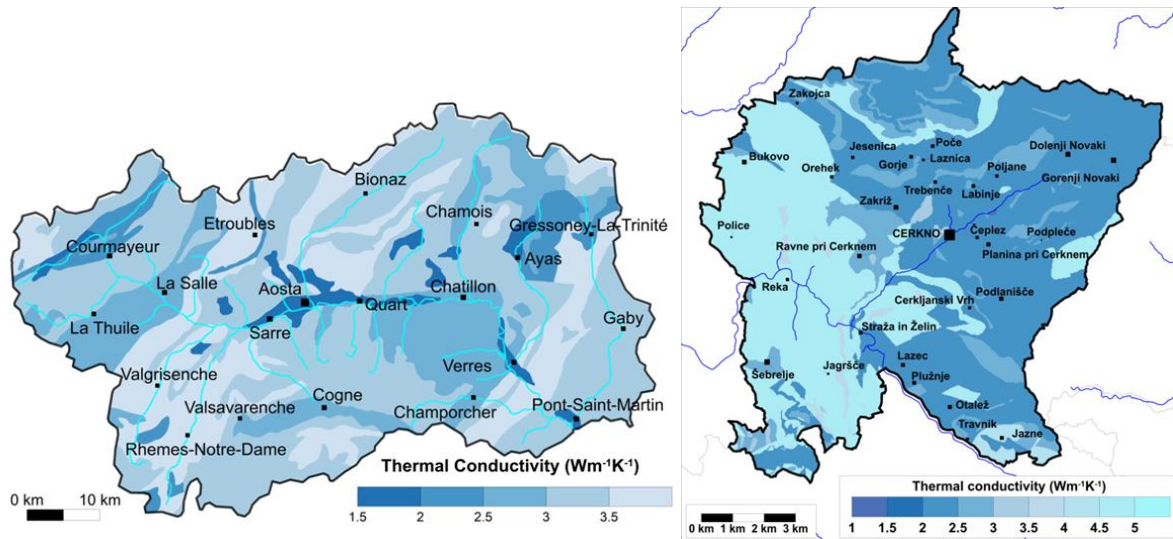


Figure 8 (left) and Figure 9 (right). Left: Spatial distribution of the mean ground TC in the upper 100 m depth in the Aosta Valley. Right: Spatial distribution of the mean ground TC for 100 m of depth in the Cerknò area.

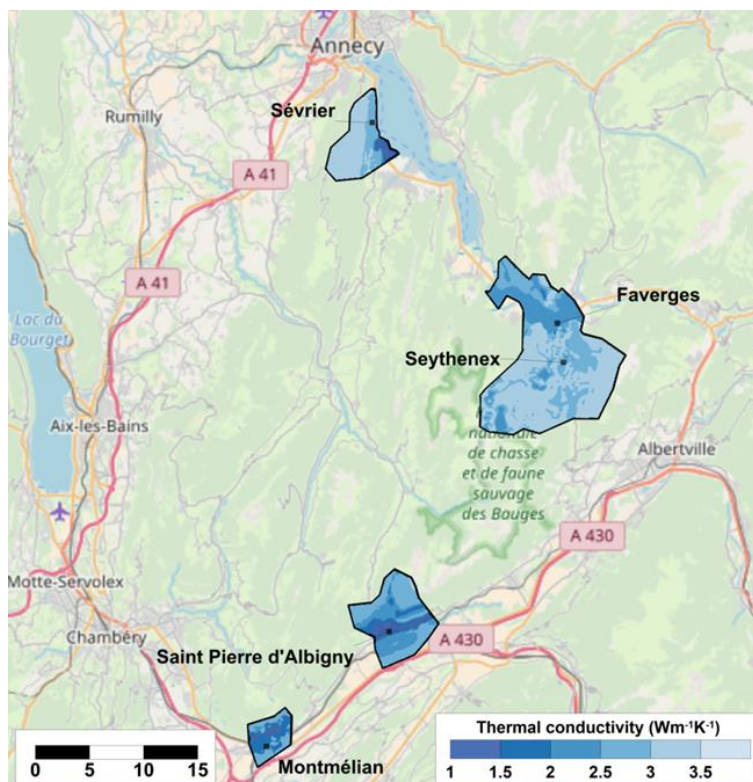


Figure 10: Spatial distribution of the mean ground TC for 100 m of depth in the four municipalities of Parc des Bauges.

3.2 Closed-loop geothermal potential in the Cerkno area

The spatial distributed potential for Cerkno (Figure 12) ranges from 8 to 15 MWh/year, and most of settlements have potential between 8 and 10 MWh/year (Casasso et al., 2017b). Higher values are found in the area covered by highly conductive dolomite in the villages of Bukovo (15 MWh/year), Orehek and Reka (14 MWh/year), Jagršče, Police and Jazne (12 MWh/year). In general, the high TC of the ground compensates for the effect of relatively low ground temperature and, hence, the shallow geothermal potential shows quite high values for this hilly and mountainous area.

3.3 Closed-loop geothermal potential in the Parc des Bauges area

Figure 13 presents (in general view) the spatial distributed potential of the four selected municipalities. The range of values shown in this map is quite big, if compared to the limited surface. This is mainly due to a detailed analysis of the mean TC, especially over the alluvial deposits. Over these deposits, in fact, the potential values are lower than 10 MWh/y, while on the valley slopes values increase up to 15 MWh/y. Lower values (5.5 to 7 MWh/y) are reached over the Isère plain in the municipalities of Montmelian and Saint-Pierre-d'Albigny.

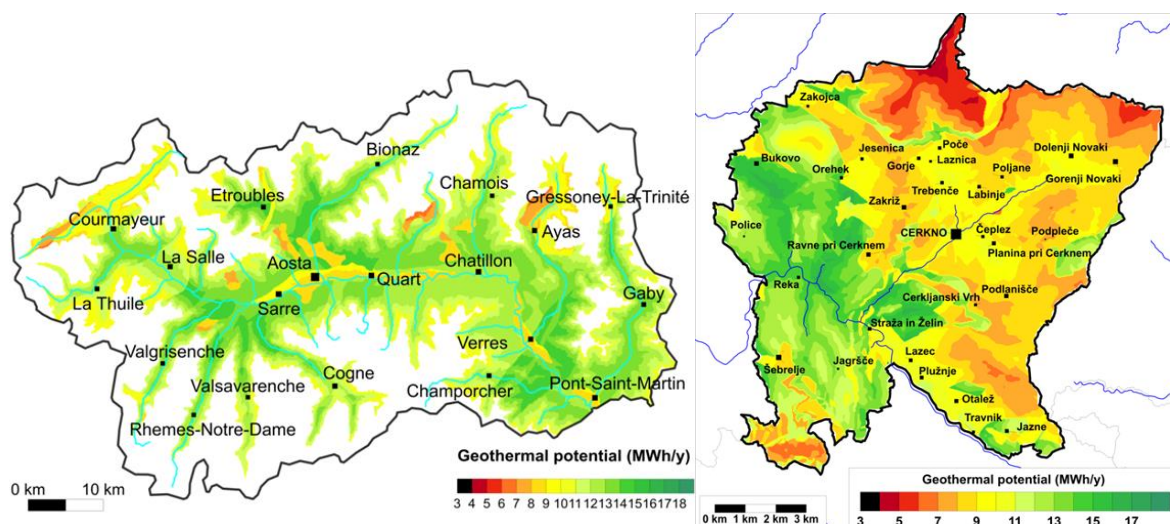


Figure 11 (left) and Figure 12 (right). Left: Map of the closed-loop shallow geothermal potential P_{BHE} (MWh/y) in the Aosta Valley. Right: Map of the closed-loop shallow geothermal potential in the Cerklno area.

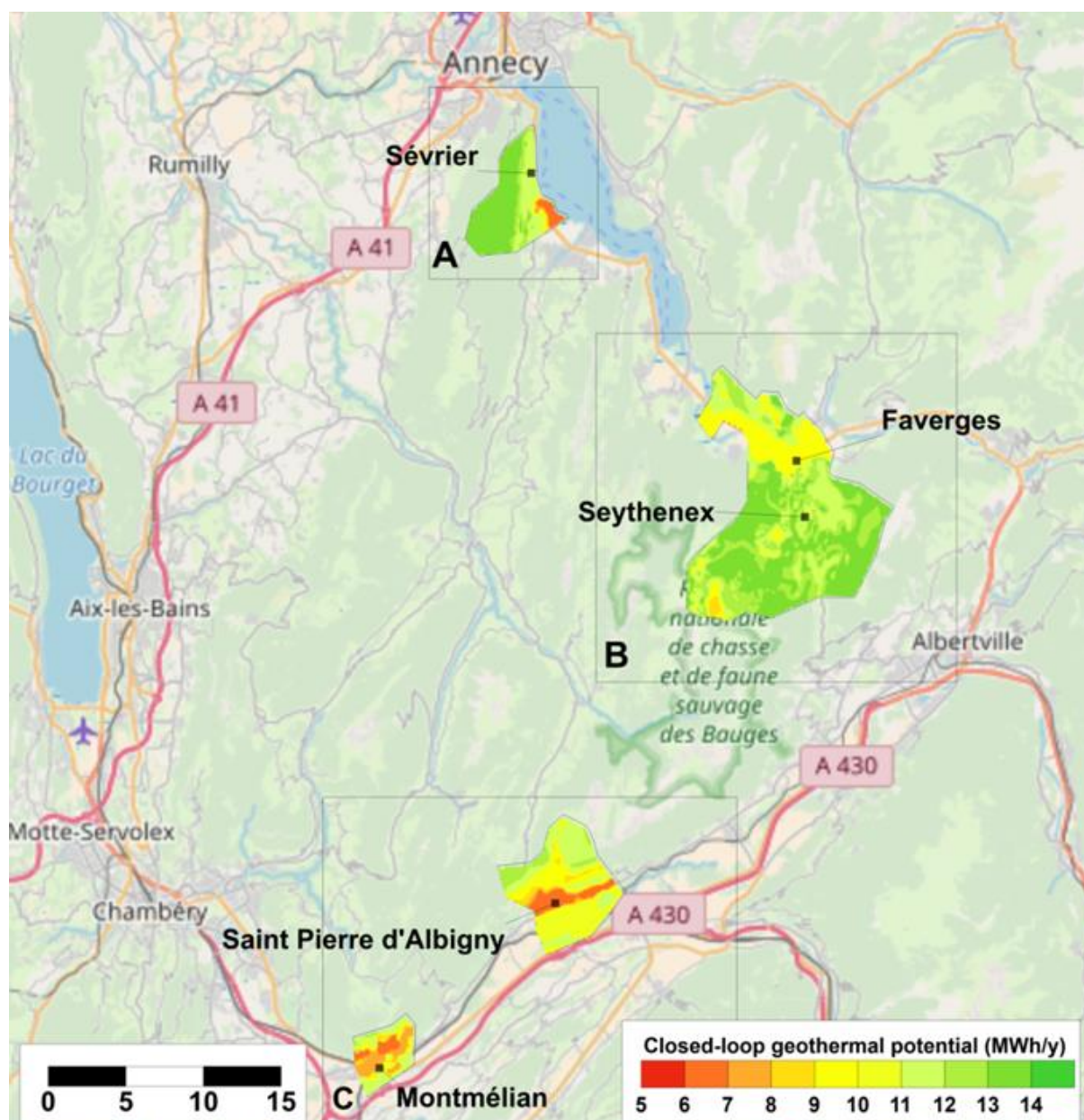


Figure 13: Spatial distribution of shallow geothermal potential referred to BHE of 100 m in the municipalities of Sévrier, Faverges-Seythenex, Saint-Pierre-d'Albigny and Montmélian (from N to S, general view).

4. Discussion

The Aosta Valley is, as regard to the mean TC values of basement rocks, a more homogeneous area than the other two, Cerkno and Bauges. On the other hand, due to greater altitude differences the undisturbed ground temperature (T_0) is more variable in the Aosta Valley, and less in the Parc des Bauges and Cerkno areas. The most influential input parameters for the geothermal potential are the ground TC and the T_0 . The potential (both for heating and cooling) increases with TC, since the thermal alteration of the ground diminishes; on the other hand, the geothermal potential increases with T_0 if the heating mode is considered (since a larger margin is available for cooling the ground), while it diminishes if the cooling mode is assumed for the opposite reason. The resulting potential maps (Figures 11, 12, 13) show how much heating energy can be obtained annually from one 100 m deep BHE (Capodaglio et al., 2018; Casasso

et al., 2018). The resulting maps highlights that the closed-loop geothermal potential is quite high for all three mountain areas. In the Cerkno area it ranges between 8 and 10 MWh/year with even higher values, up to 16 MWh/year, observed in western part of the municipality, covered by highly conductive dolomites. In the Aosta Valley the potential ranges from 5 to 18 MWh/year, as it shows potential higher than 10 MWh/y in most of the territory (>70%), as consequence of good TC values. In Parc des Bauges the potential ranges from 5 to 15 MWh/year with Sévrier and Faverges-Seythenex municipalities as more promising. The mentioned heating energy can be directly compared to the energy consumed annually, calculated in megawatt hours (MWh). If we use annually, for example, 2300 litres of fuel oil with an old oil boiler with 70% efficiency, this is equivalent to 16 MWh. Approximately one quarter of this energy comes from a heat pump, the other 12 MWh from the environment, that is, from a borehole. In greenish-colored areas of all potential maps, a 100 m deep or shallower borehole would suffice. In other areas, the borehole should be deeper. One deeper borehole can be replaced by two or more shallow ones.

Concerning the effect of the elevation, particularly in the Aosta Valley, geothermal potential values are globally lower in the higher part of the valley due to the lower ground temperature. With the values of closed-loop geothermal potential, already today BHEs may be of interest to replace methane boilers while, in the absence of methane grid, they should be seriously considered as an alternative to oil or liquidized petroleum gas (LPG) boilers.

5. Conclusions

This paper presents the assessment and mapping of closed-loop shallow geothermal potential for which the detailed study of geological and geothermal characteristics was performed in the three alpine pilot areas (Aosta Valley, Cerkno and Parc des Bauges) in order to identify the most suitable areas for GSHP technology. The identification of lithologies in different scales to assign thermal property values correctly was the greatest challenge. Then the mean TC values of rock samples (together with TD, which is necessary for acquisition of thermal capacity) were determined using the TCS method. Mostly expected mean TC values were gained according to existing lithology. With this input, the shallow geothermal potential was determined using the G.POT method for a standard 100 m deep BHE. Ground thermal properties were, however, evaluated for the same depth. A strong correlation of climate (annual average air temperature and HDD) was observed, especially in the Cerkno and Aosta areas, and therefore the ground temperature and the duration of the heating season were estimated based on a DTM.

All these maps aim to give valid data about the closed-loop shallow geothermal potential to the entrepreneurs, engineers and individuals to help them in their energetic choice in the execution of any shallow geothermal project involving GSHP units. The geothermal potential of each area represents the annual amount of energy sustainably exchangeable with the ground by a single borehole with defined characteristics. This quantity is useful for a preliminary estimation of the installation costs of a closed loop geothermal plant. However, it should not be meant as a replacement of the BHE field sizing.

Acknowledgements

The authors are grateful to the Interreg Alpine Space European Regional Development Fund for funding the GRETA project, and to several agencies for additional needed data.

References

1. Bayer, P., Saner, D., Bolay, S., Rybach, L. & Blum, P., (2012): Greenhouse gas emission savings of ground source heat pump systems in Europe: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, pp 1256-1267.
2. Bottig, M., Götzl, G., Prestor, J., Pestotnik, S., Zosseder, K., Böttcher, F., Capodaglio, P., Maragna, C., Casasso, A., Piga, B., Tosco, T., Zambelli, P., Vaccaro, R. & Huggenberger, P., (2016): Catalogue of techniques and best practices for the utilization of Near-Surface Geothermal Energy. GRETA project deliverable 3.1.1, TUM, Munich, 48 p.
3. Bottig, M., Hoyer, S., Prestor, J., Pestotnik, S., Rajver, D., Zosseder, K., Böttcher, F., Capodaglio, P., Maragna, C., Casasso, A., Piga, B., Della Valentina, S. & Zambelli, P., (2017): Catalogue of operational criteria and constraints for shallow geothermal systems in the Alpine environment. GRETA project deliverable 3.2.1, TUM, Munich, 91 p.
4. Böttcher, F., Casasso, A., Götzl, G. & Zosseder, K., (2019): TAP – Thermal aquifer Potential: A quantitative method to assess the spatial potential for the thermal use of groundwater. *Renew. Energy*, 142, pp 85-95. [https://doi: 10.1016/j.renene.2019.04.086](https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.04.086)
5. Capodaglio, P., Baietto, A., Casasso, A., Della Valentina, S., Andorno, E., Caldera, D., Saggese, M., Rajver, D., Bucci, A., Böttcher, F., Zambelli, P. & Olmedo, M., (2018): Geotermia a bassa entalpia: aspetti ambientali, energetici ed economici. Il Progetto INTERREG Spazio Alpino GRETA in Valle d'Aosta. GRETA project booklet, ARPA, Aosta, 85 p.
6. Casasso, A. & Sethi, R., (2016): G.POT: A quantitative method for the assessment and mapping of the shallow geothermal potential. *Energy*, 106, pp 765-773.
7. Casasso, A. & Sethi, R., (2017): Assessment and mapping of the shallow geothermal potential in the province of Cuneo (Piedmont, NW Italy). *Renewable Energy*, 102, Part B, pp 306-315.
8. Casasso, A., Piga, B., Sethi, R., Prestor, J., Pestotnik, S., Bottig, M., Götzl, G., Zambelli, P., D'Alonzo, V., Vaccaro, R., Capodaglio, P., Olmedo, M., Baietto, A., Maragna, C., Böttcher, F. & Zosseder, K., (2017a): The GRETA project: the contribution of near-surface geothermal energy for the energetic self-sufficiency of Alpine regions. *Acque Sotterranee - Italian Journal of Groundwater*, 6, pp 1-12.
9. Casasso, A., Pestotnik, S., Rajver, D., Jež, J., Prestor, J. & Sethi, R., (2017b): Assessment and mapping of the closed-loop shallow geothermal potential in Cerknjo (Slovenia). *Energy Procedia*, 125C, pp 335-344.
10. Casasso, A., Sethi, R., Tiraferri, A., Della Valentina, S., Bucci, A., Tosco, T., Zosseder, K., Böttcher, F., Capodaglio, P., Baietto, A., Prestor, J., Pestotnik, S., Bottig, M., Hoyer, S., Rupprecht, D., Götzl, G., Maragna, C., Cartannaz, C., Zambelli, P., Scaramuzzino, C., Vianello, A. & Huggenberger, P., (2018): Local-scale maps of the NSGE potential in the Case Study areas. GRETA project deliverable 4.2.1, TUM, Munich, 137 p.
11. Curtis, R., Pine, T. & Wickins, C., (2013): Development of new ground loop sizing tools for domestic GSHP installations in the UK. *Proceedings European Geothermal Congress 2013*, Pisa, Italy, EGECC, 10 p., SG1-07.
12. DECC, MCS 022, (2011): Ground heat exchanger look-up tables. Supplementary material to MIS 3005. Issue 1.0, Dept of Energy and Climate Change (DECC), United Kingdom, p. 22.
13. Eugster, W., Pahud, D., Rohner, E. & Signorelli, S., (2010): *Sondes géothermiques. SIA 384/6:2010 Bâtiment, génie civil. Norme suisse SN 546 384/6. Valable dès 2010-01-01. Société suisse des ingénieurs et des architectes, CH-8027 Zurich, 76 p.*
14. Gemelli, A., Mancini, A. & Longhi, S., (2011): GIS-based energy-economic model of low temperature geothermal resources: A case study in the Italian Marche region. *Renewable Energy*, 36(9), pp 2474-2483.

15. Ondreka, J., Rusgen, M.I., Stober, I. & Czurda, K., (2007): GIS-supported mapping of shallow geothermal potential of representative areas in south-western Germany—possibilities and limitations. *Renew. Energy*, 32 (13), pp 2186–2200.
16. Ouzzane M., Eslami-Nejad P., Badache M. & Aidoun Z., (2015): New correlations for the prediction of the undisturbed ground temperature. *Geothermics*, 57, pp 379-384.
17. Popov, Y.A., Lippmann, E. & Rauen, A., (2017): TCS – Manual. Thermal conductivity (TC) and thermal diffusivity (TD) scanner, version 31.01.2017. TCS Lippmann and Rauen GbR, Schaufling, 53 p.
18. Prestor, J., Pestotnik, S., Zosseder, K., Böttcher, F., Capodaglio, P., Götzl, G., Bottig, M., Weibold, J., Maragna, C., Martin, J.-C., Durst, P., Casasso, A., Zambelli, P., Vaccaro, R., Gilbert, J., Messina, F. & Spinolo, F., (2016): Overview and analysis of regulation criteria and guidelines for NSGE applications in the Alpine region. GRETA project deliverable 2.1.1, TUM, Munich.
19. Sanner, B., (2019): Summary of EGC 2019 Country Update Reports on Geothermal Energy in Europe. Proceedings, European Geothermal Congress 2019, Den Haag, The Netherlands, EGEC, 14 p.
20. Signorelli, S. & Kohl, T., (2004): Regional ground surface temperature mapping from meteorological data. *Global and planetary change*, 40, pp 267-284.
21. UNI (1987): UNI 9019: 1987 - Heating costs based on consumption. Determination of heating costs by degree-day counter in zone plant. Degree-day counter utilization and test.
22. Verein Deutscher Ingenieure (VDI), (2000): VDI 4640 Part 1. Thermal use of the ground. Fundamentals, approvals, environmental aspects, Düsseldorf, 32 p.
23. Verein Deutscher Ingenieure (VDI), (2001): VDI 4640 Part 2. Thermal use of the underground. Ground source heat pump systems, Düsseldorf.

INŽENJERSKOGEOLOŠKI I GEOMEHANČKI USLOVI IZGRADNJE TUNELA „BRADINA“ NA KORIDORU Vc

ENGINEERING-GEOLOGICAL AND GEOMECHANICAL CONDITIONS OF THE TUNNEL "BRADINA" CONSTRUCTION ON THE CORRIDOR Vc

Safet Mutapčija¹, Selma Gosto², Mevludin Karzić³, Belmin Bektić⁴, Elvir Babajić⁵

¹Safet Mutapčija, student, safet.mutapcija@student.rggf.untz.ba

²Selma Gosto, student, selma.gosto@student.rggf.untz.ba

³Mevludin Karzić, bach. ing. geol., mevludin.karzic@student.rggf.untz.ba

⁴Belmin Bektić, bach. ing. geol., belmin.bektic@student.rggf.untz.ba

⁵Dr. sc. Elvir Babajić, docent, RGGF Univerziteta u Tuzli, elvir.babajic@untz.ba

Korespondent: safet.mutapcija@student.rggf.untz.ba

Ključne riječi: tunel, Bradina, inženjerska geologija, geomehanika, RQD, GSI, RMR.

Key word: tunnel, Bradina, engineering geology, geomechanics, RQD, GSI, RMR.

Sažetak

Tunel „Bradina“ se planira graditi na trasi koridora Vc, a stacioniran je oko 1 km JZ od naselja Bradina. Dužina tunela je oko 430 m. Inženjersko-geološki uslovi izgradnje su definisani kroz detaljno geološko i inženjersko-geološko kartiranje, izvođenje istražnih geoloških radova i laboratorijska ispitivanja geomehaničkih parametara. Kartiranjem je definisana litološka kategorija izgrađena od paleozojskih hloritsko-muskovitskih škriljaca i porfirita, kao i heterogeni kompleks kvartarnih naslaga.

Detaljnim geološkim i inženjersko-geološkim kartiranjem, kao i geofizičkim ispitivanjima trase tunela, definisani su rupturni i litološki modeli, a takođe su definisani i parametri za izračunavanje dinamičkih modula elastičnosti.

Geološki istražni radovi (istražne bušotine) su izvedeni na pozicijama ulaznog portala. Nabušena jezgra su podvrgnuta ispitivanju geomehaničkih parametara koji su poslužili za geotehničke proračune.

U inženjersko-geološkom smislu izdvojene su tehnogene i eluvijalno - deluvijalne tvorevine, zona raslabljenog geološkog supstrata i geološki supstrat.

Kvalitet nabušene stijenske mase je određivan na osnovu RQD vrijednosti i ustanovljeno je da se kreće u rasponu 58,20 - 71,34 te pripada III kategoriji.

Uticajni diskontinuiteti su izdvojeni u tri klase: I (dm područje, prostorna orijentacija 150-155 / 80-85), II (dm-m područje, prostorna orijentacija 195-205 / 70-75) i III (prostorna orijentacija 22-28 / 30-35).

GSI indeks (određen na osnovu ocjene strukture stijenske mase (SR) i ocjene stanja površinskih uslova na plohama diskontinuiteta (SCR)) se kreće u intervalu 27 - 35.

Na osnovi laboratorijskih ispitivanja fizičko-mehaničkih karakteristika stijena, vrijednosti RQD-a, GSI-a, uticaja podzemnih voda i stanja i orijentacije diskontinuiteta izvršena je

geomehanička RMR klasifikacija stijenskog masiva. Utvrđeno je da stijenski masiv pripada III RMR kategoriji (42 - 54).

Rejonizacijom stabilnosti terena utvrđeno je da najveći dio trase tunela pripada stabilnom terenu (oko 76%), a uslovno stabilnom terenu pripadaju dijelovi trase uglavnom u zonama portala (oko 24%).

Abstract

The tunnel „Bradina“ is planned to be built on the VC highway route, 1km SW of the Bradina settlement (picture 1). The length of tunnel is about 430 meters. Engineering-geological conditions for constructions are defined using geological and engineering-geological mapping, by performing exploratory geological works and laboratory tests of geomechanical parameters. Lithology category made of paleozoics chlorite-muscovite schist and porphyrites, as well as quaternary deposit of heterogeneous complex, is defined by geological mapping.

Ruptured and lithological models as well as parameters for calculating the dynamic elastic modulus is defined also by geological and engineering-geological mapping as well as by geophysical testing of the tunnel route. Geological exploration works were performed at the position of tunnel entry port. Core samples were subjected to geomechanical testing which were used for geotechnical calculations.

According to engineering-geological classification, technogenic rock dumps, alluvial-diluvial deposits, weakened geological substrate as well as geological substrate, are separated. Rock quality of core samples are defined by RQD value. It has been established to be in range between 58.20 and 71.34 and according to that it belongs to 3th category. Most significant discontinuities are separated in 3 classes: I (dm domain, strike and dip 150-155/80-85), II (dm-m domain, strike and dip 195-205/70-75), III (strike and dip 22-28/30-35). GSI index determined on basis SR and SCR is in range between 27 and 35. Based on laboratory tests, physical-mechanical properties, values of RQD and GSI, influence of underground water, conditions and orientation of discontinuities, geomechanical RMR classification was done. It was found that the rock massive belongs to III RMR category (42-54). By stability of terrain zoning it was found that most of tunnel belongs to stable terrain (around 76%) and the conditionally stable terrain is part of route in portal zones (about 24%).

Uvod

Detaljnim inženjersko-geološkim kartiranjem je obuhvaćen koridor trase budućeg tunela, od ulaznih do izlaznih protala. Dužina ovako definisanog područja je oko 0,5 km, a širina analiziranog pojasa se kretala oko 0,2 km, tj. ukupna kartirana površina iznosi oko 0,1 km².

Detaljno inženjersko-geološko kartiranje terena obavljeno je pregledom svih prirodnih izdanaka, sa opažanjem stanja zasjeka i kosina postojećih lokalnih puteva i dr. Takođe, posebna pažnja je posvećena i pojavama nestabilnosti, kao i drugim sličnim pojavama u terenu, koje mogu biti od značaja za ocjenu uslova izgradnje tunela, sa posebnim osvrtom na zonu portala tunela.

U okviru čvrstih stijenskih masa detaljno su obrađeni način pojavljivanja stijenskih masa i mehanički diskontinuiteti (pukotine, rasjedi, rasjedne zone), stepen ispugalosti i raspadnutosti stijenskih masa. Inženjersko-geološko kartiranje je izvedeno metodom profila, obilazaka

otkrivenih izdanaka, praćenjem kontakata različitih litostratigrafskih članova uz fotografisanje otkrivenih profila, duž čitave trase tunela.

Na trasi tunela izvedeno je ukupno 3 istražne bušotine (BT-12 do BT-14). Dubina bušotina se kreće od 19 do 63 m (108 m' bušenja). Pri kartiranju jezgra su utvrđene granice litogenetskih kompleksa, a puna pažnja je posvećena svakom litološkom članu.

Na lokaciji saobraćajnog tunela Bradina, ukupno je snimljeno četiri seizmometrijska refraktivna profila (P5, P6, P7 i P8), ukupne dužine 831,75 m. Uporedo sa profiliranjem, duž trasa profila je vršeno i etaloniranje V_s talasa.

Položaj seizmometrijskih refraktivnih profila je odabran tako da se dobije što veća količina relevantnih podataka. Veći dio profila je postavljen duž ose tunela, dok su ostali kraći profili, locirani u zoni ulazno -izlaznih portala.

Laboratorijska ispitivanja su izvedena su prema važećim normama i zahtjevima savremene nauke i prakse. Svi uzorci koji su ispitivani u laboratoriji su propisno upakovani odmah po vađenju iz bušačkog pribora, fotografisani i poslani u laboratoriju.

Za potrebe analize uslova iskopa, kako predusjeka, tako i tunela, izvršene su klasifikacije stijenskih masa po GN-200 i po uputama Bieniawskog (1989) (*Babajić i dr., 2012*).

1. Metode istraživanja i ispitivanja

Tokom istraživanja sporovedene su sljedeće metode:

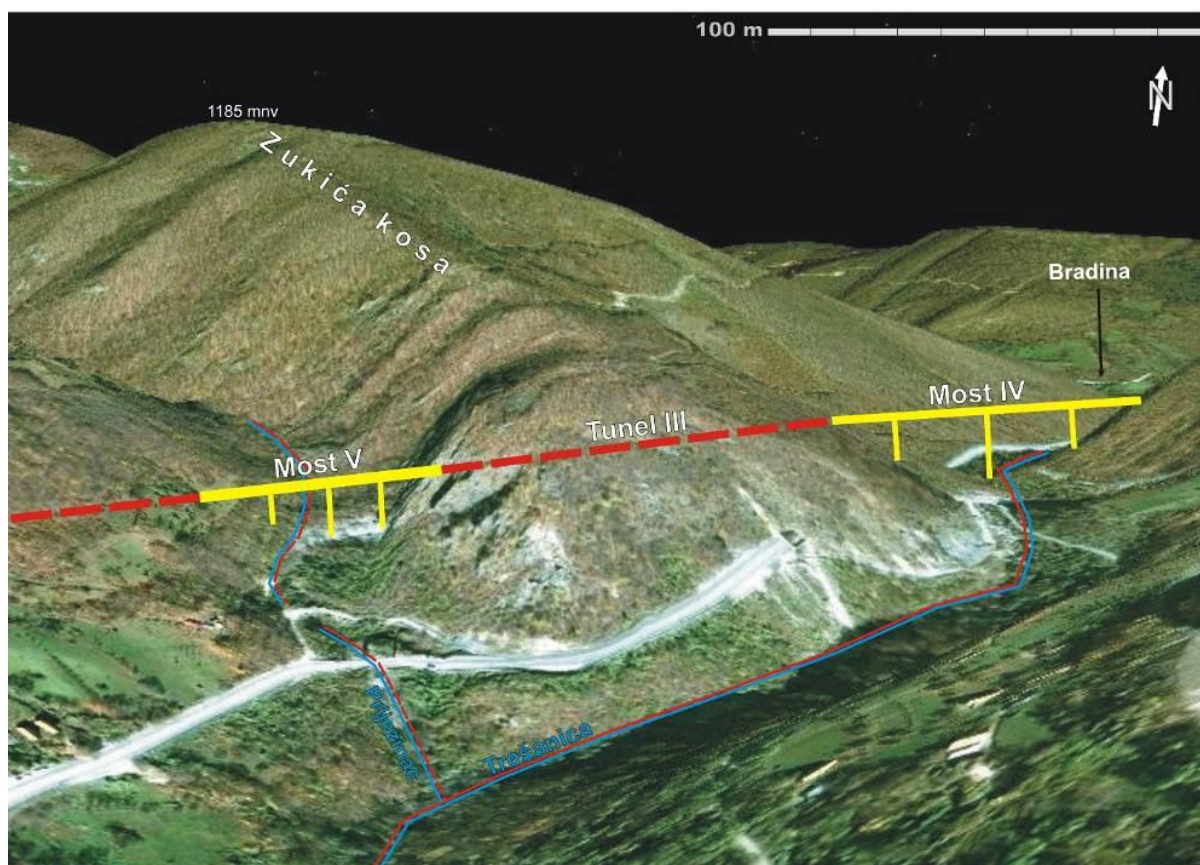
- terenske: geofizičko ispitivanje terena, inženjerskogeološko kartiranje i izrada inženjersko geološke karte u razmjeri 1:1000, istražno bušenje sa kontinuiranim jezgrovanjem (3 bušotine ukupne dubine 108 m), izvođenje SPT opita u boštinama (prosječno svaka 3 metra), uzimanje uzoraka za laboratorijska ispitivanja (prosječno 3 uzorka po bušotini), geološko snimanje jezgra sa fotografisanjem i izradom stub profila bušotina, ugradnja piježometarske konstrukcije u istražne bušotine.
- laboratorijske: određivanje zapreminske gustoće, monoaksijalne čvrstoće, modula elastičnosti i Poisonovog koeficijenta.

2. Geomorfološko-tektonski odnosi

Prema genetskim tipovima izdvojena je kategorije eroziono - denudacionog reljefa. Morfologija terena je u direktnoj vezi sa litološkim-tektonskim odlikama terena pa se na istraživanom području mogu uočiti strmi odsjeci kao i padine blažeg nagiba. Istražni prostor pripada brdsko-planinskom reljefu, sa nadmorskim visinama u rasponu od 641 m (korito potoka Trešanica) do 1.185 m. Najizraženiji morfološki oblik na ovom dijelu terena je Zukića kosa (1185 mnv), slika 1.

Padina je zatravljena i obrasla gustim niskim rastinjem, lokalno i visokom vegetacijom.

Hidrografska mreža je umjereno razvijena, a duž tokova je razvijena linijska, dubinska i bočna erozija, kao i karakteristično izraženo meandriranje (naročito rijeke Trešanice). Potok Prijezinac, kao desna pritoka Trešanice, nema izraženo meandriranje, teče ka JI, i protiče ispod izlaznog portala tunela. Za ovaj potok su karakteristične oscilacije količina vode: u zimu, proljeće i jesen poprima karakter bujičnog potoka, dok u ljetnjem periodu skoro presuši.



Slika 1 – Tektonski i morfološki uslovi tunela T-3 (Google Earth)

3. Geološka građa šire okoline

U litostratigrafskom smislu na širem području tunela T-3, prema OGK listu Sarajevo te Tumača istoimene karte, izvedenih terenskih radova, prethodno izvedenih istražnih radova iz Projektne dokumentacije, izdvojeni su: paleozojski kristalasti škriljci i heterogeni kompleks kvartarnih naslaga (Jovanović i dr. 1962 - 1967; Jovanović i dr. 1978).

Paleozojski kompleks je izgrađen od kristalastih škriljaca niskog kristaliniteta, koji predstavljaju regionalno metamorfisane sedimente glinovito – pjeskovitog sastava.

U okviru ovog paleozojskog kompleksa kristalastih škriljaca niskog stepena kristaliniteta izdvojena su dva superpoziciona paketa:

1. Hloritski škriljci u smjeni sa muskovitskim škriljcima. Pojavljuju se kao manja sočivasta tijela duž kontakta sa probojima porfiritских stijena. U zavisnosti od procentualnog učešća pojedinih minerala, izdvojeni su muskovitski i hloritski škriljci.
2. Porfiriti su masivne tekture dok su prema periferiji prvo grubo škriljavi, a zatim tanko pločasti i listasti sa izraženim sekundarnim naborima milimetarskih i centimetarskih dimenzija.

Kvartarne tvorevine su predstavljene pokrivačima eluvijalno-deluvijalog tipa, a izgrađene su od humusa i smeđih pjeskovitih glina.

Eroziono-denudacioni procesi su doveli da formiranja površinskog pokrivača umjerene debljine (do 5 m) na dijelu trase od ulaznog portala tunela pa do maksimalne debljine nadsloja. Na inženjersko geološkoj karti i podužnim profilima izdvojene su naslage debljine i ispod 2 m.

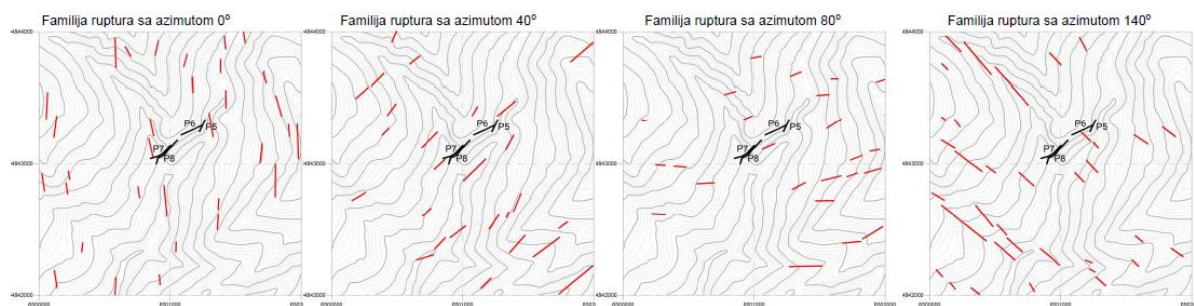
3.1. Tektonika

Analizom tektonskih odnosa sa osnovne geološke karte uočavaju se glavne tektonske strukture: pretpostavljeni rasjed duž korita rijeke Trešanica, orjentisan pravcem SI-JZ. Terenskim istraživanjima i analizom morfofloških oblika, pretpostavljen je rasjed duž depresione morfološke forme, odnosno korita potoka Prijezinac. Orjentacija pretpostavljenog rasjeda je SZ-JI, i skoro je upravan na rasjed duž korita Trešanice (slika 1).

Tektonski pokreti se manifestuju kroz intenzivnu ubranost (diferencijalno plastično tečenje i deformisanje škriljaca i porifirita) i pojavu rasjeda.

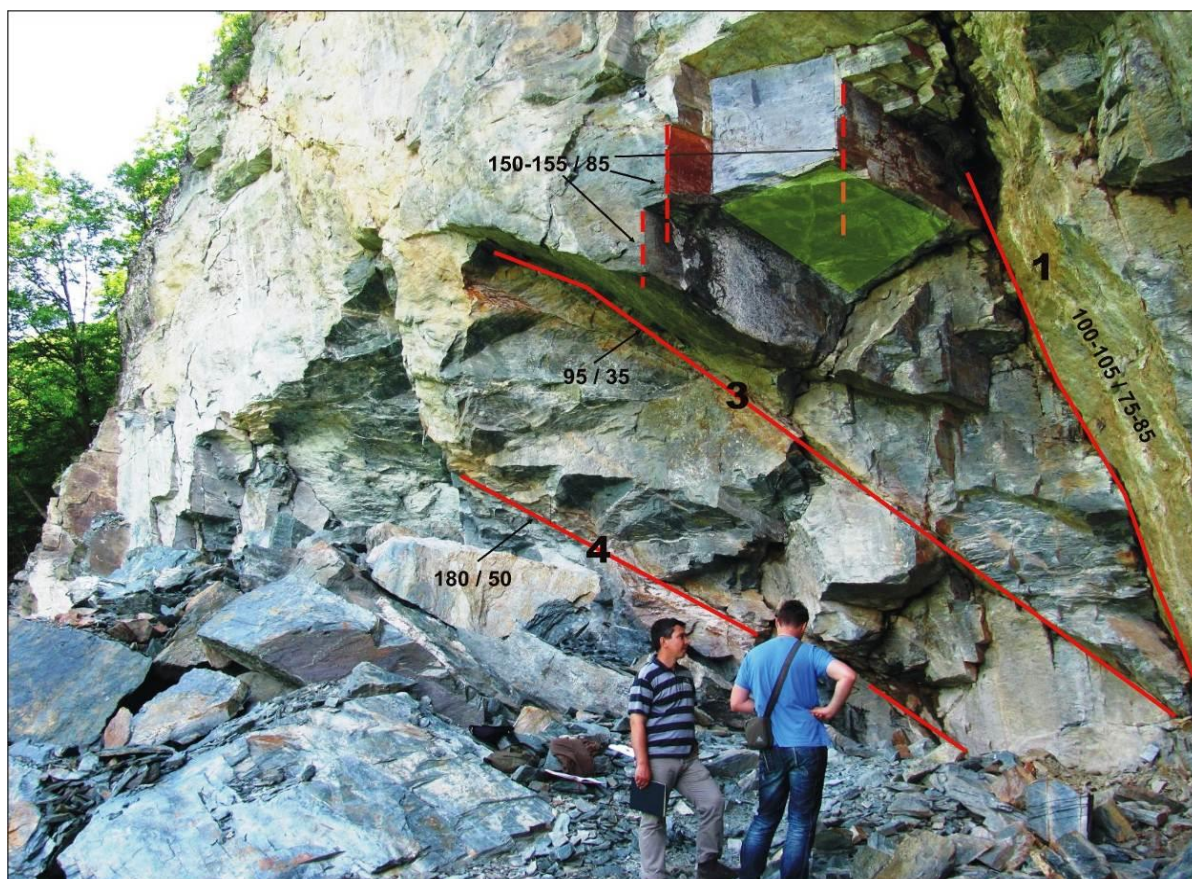
Na istraživanom dijelu terena preovladava rupturna tektonika. Na skoro cijeloj dužini trase tunela, tektonski uslovi su definisani na osnovi geofizičkih istraživanja, iz razloga pokrivenosti terena.

Trasa tunela T-3 presijeca četiri rasjeda koji se definisani na osnovi geofizičkih istraživanja, odnosno naglih promjena brzina Vp talasa. Geofizičkim-morfotektonskim analizama utvrđeno je prisustvo četiri sistema diskontinuiteta, generalne orjentacije 0° , 40° , 80° i 140° (azimut pada). Prema ovim istraživanjima prisustvo familije diskontinuiteta generalne orjentacije 0° i 140° je i najznačajnije, slika 2 (Vučković i dr., 2012).



Slika 2 – Geofizičke-morfotektonske analize (Vučković i dr., 2012)

U zasjeku izlaznog portala tunela evidentirano je više rasjeda, od kojih se ističu četiri, koji dominiraju u odnosu na ostale tektonske pojave. Prostorna orjentacija rasjeda je prikazana na slici 3.



Slika 3 – Rupturna tektonika izlaznog portala

Izlazni portal tunela je dostupan osmatranju (dobro otkriven zasjek, generalnog nagiba $60-65^{\circ}$) i na njemu su izvršena mjerenja elemenata prostorne orijentacije diskontinuiteta (rasjeda i pukotina). Statističkom obradom mjerenih elemenata utvrđene su tri (preovlađavajuće) familije pukotina:

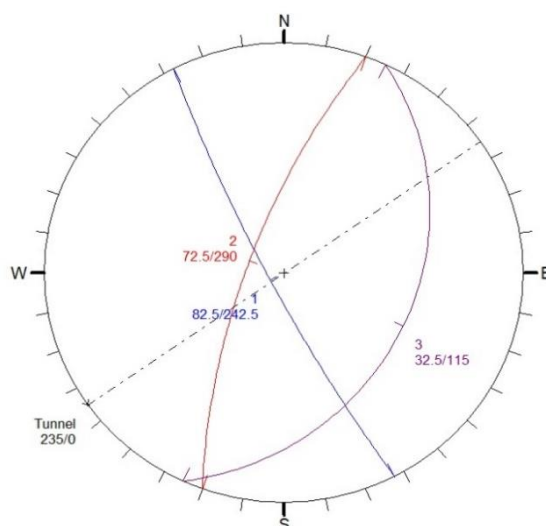
- I familija subvertikalnih i subparalelnih pukotina u dm području, sa elementima 150-155 / 80-85.
- II familija pukotina u dm–m području sa elementima 195-205 / 70-75.
- III familija pukotina sa blažim padnim uglom, elementi: 22-28 / 30-35.

Evidentirane su i slučajne pukotine, koje se obično javljaju u zoni rasjeda. Zbog njihove slabe učestalosti u stijenskom masivu, nisu razmatrane.

Ove tri familije pukotina u presjecištu trasa pružanja tvore blokove dm-m dimenzija, za koje postoji realna mogućnost da se obrušavaju prilikom izgradnje iz kalote tunela.

U odnosu na os tunela, evidentirane familije pukotina će imati različit uticaj. Azimu osi tunela je 235° (JI-SZ). Familija I: pravac pružanja iznosi $240-245^{\circ}$ (JZ-SI) i skoro je paralelan osi tunela, padni ugao je $80-85^{\circ}$, što se može ocijeniti kao vrlo nepovoljan uticaj.

Familija II: pravac pružanja iznosi $285-295^{\circ}$ (ZSZ-IJI) pod uglom je u odnosu na os tunela, padni ugao je $70-75^{\circ}$ u pravcu napredovanja tunela, što se može ocijeniti kao vrlo povoljan uticaj. Familija III: pravac pružanja iznosi $112-118^{\circ}$ (ZSZ-IJI) pod uglom je u odnosu na os tunela, padni ugao je $30-35^{\circ}$ suprotan pravcu napredovanja tunela, što se može ocijeniti kao nepovoljan uticaj, slika 4.



Slika 4 – Uticaj prostorne orijentacije diskontinuiteta na trasu tunela

Izvršena je i inženjersko-geološka ocjena stijenskog masiva, kao i opis pukotina familije **I**, kao najučestalije. Razmak pukotina su kreće u vrlo širokom intervalu, od ekstremno široko razmaknutih (SP1) do vrlo malo razmaknutih (SP5).

Prema postojanosti, pukotine spadaju u grupu visoko (C4) postojanih (10 - 30 m). Zijev pukotina se kreće u rasponu 3 - 10 mm (O3), kao i debljina ispune (T3). U pukotinama nije evidentirana voda, ali pokazuju tragove vodenog toka u vidu tankih oksidacionih prevlaka na zidovima (limonitne skrame).

Na istraživanom lokalitetu se vrši eksploatacija škriljaca od starne lokalnog stanovništva, upotrebom eksploziva. Miniranjem se stijenski masiv dodatno rastresa i vrši se njegova destabilizacija. Evidentirano je nekoliko ostataka „minskih“ rupa u čijoj blizini je formiran veći broj „minskih“ pukotina nepravilne orijentacije, čiji parametri nisu mjereni. Ukoliko se nastavi sa ovim aktivnostima („eksploatacija“ se obavlja u dijelu koji je odvojen rasjednom plohom rasjeda 1) ugrozit će se stabilnost kompletnog stijenskog masiva izlaznog portala, a naročito u zoni desne tunelske cijevi (Babajić i dr., 2012).

4. Inženjerskogeološke karakteristike terena

Na osnovi inženjerskogeološkog kartiranja terena i nabušenog jezgra iz istražnih bušotina, u inženjerskogeološkom smislu, izdvojeni su pokrivači, zona raslabljenog supstrata i supstrat.

U pokrivače su svrstani sipara i eluvijalno-deluvijalne tvorevine.

Sipar je nastao vještačkim putem, antropogenim djelovanjem na stijenski masiv - miniranjem, a u manjoj mjeri kao posljedica alteracije matične stijene. Stijenski materijal se kontinuirano minira, te se od strane lokalnog stanovništva prodaje kao ukrasni kamen. Miniranja se izvode u podnožju strmog zasjeka, 8 - 10 m ispod izlaznog portala tunela III i početnih dionica mosta V, čime se ugrožava stabilnost stijenskog masiva (slika 5).



Slika 5 – Tehnogene tvorevine - sipar, supstrat, te orjentacioni položaj izlaznog portala tunela III.

Siparišni materijal je slabosortiran, odlomci stijena nastali miniranjem su vrlo neujednačeni i slabo složeni. Vezivo je glinovito-pjeskovitog tipa. Idući od dna sipara (neposredna blizina korita potoka Prijezinac) ka vrhu, smanjuje se i udio vezivnog materijala. Prostorni parametri sipara su utvrđeni „in-situ“, ručnim raskopavanjem. U neposrednoj blizini potoka Prijezinac debljina sipara je oko 2 m, dok u vršnom dijelu debljina se kreće oko 0,3 – 0,4 m. Ovakav materijal spada u grupu nepovoljnih materijala za temeljenje, a u pogledu stabilnosti, pripada klasi nestabilnih terena, slika 5.

Eluvijalno - deluvijalne tvorevine su izgrađene od gline, sive do smeđe boje pomiješane sa sitnozrnim fragmentima hloritsko - muskovitkih škriljaca i porfirita.

U površinskim zonama padine preovladavaju glinoviti sedimenti, a sa porastom dubine postepeno se povećava zastupljenost drobinskih frakcija različitog promjera.

Eluvijalno - deluvijalni pokrivač ima vrlo promjenljiva i neujednačena vodno - fizička i fizičko - mehanička svojstva, što prvenstveno zavisi od procentualnog sadržaja glinovite i drobinske frakcije, te prirodne vlažnosti. Navedeni pokrivači su pelitske, pelitolitske i psefiske strukture, a djelimično uslojene tekture.

Glinovita komponenta, u vazdušno suhom stanju ima relativno povoljna geomehnička svojstva. Međutim, u slučaju povećane vlažnosti može da ima nepovoljno konzistentno stanje i samim tim loše fizičko - mehaničke karakteristike. Prema GN 200 spadaju u III kategoriju iskopa.

Zonu raslabljenog geološkog supstrata /kora trošenja/ izgrađuju škriljci i porfiriti, koji su podložni svim vrstama erozionih procesa (fluvijalna, linijska, površinska). Zavisno od stepena površinske raspadnutosti, zona raslabljenog geološkog supstrata ima promjenjiva i neujednačena fizičko - mehanička svojstva. Prema GN 200 spadaju u III - IV kategoriju iskopa.

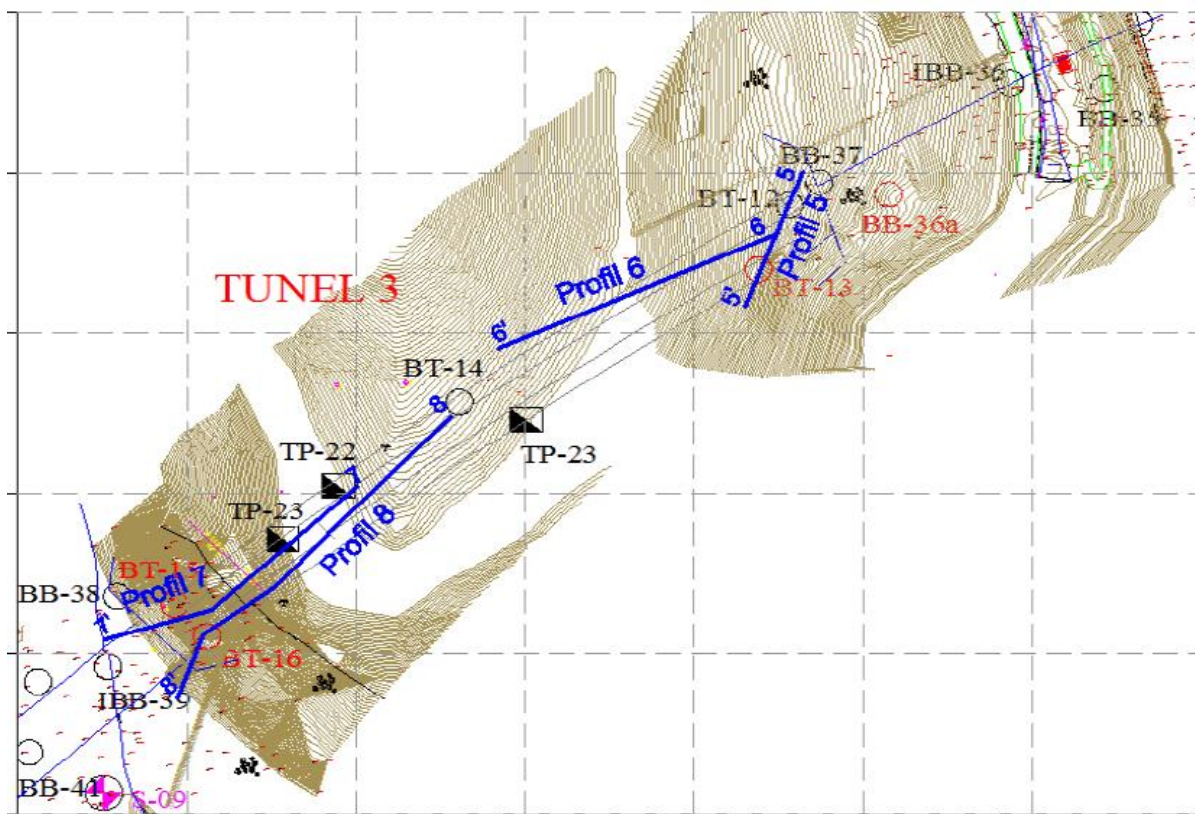
Geološki supstrat je izgrađen od hloritsko-muskovitski škriljci u alternaciji sa porfiritima. Prema GN 200 pripada V kategoriji iskopa (Babajić i dr., 2012).

5. Hidrogeološke karakteristike terena

Prema materijalnom sastavu stijenskih masa, strukturi poroznosti, međusobnom prostornom položaju izdvojenih geoloških jedinica i opštoj vodopropusnosti, izdvojene su dvije hidrogeološke kategorije stijena:

- *slabovodopropusne* stijene izgrađene od tvorevina eluvijalno – deluvijalnog genetskog tipa, kao i tvorevina zone raslabljenog geološkog supstrata. Ovo su uglavnom sedimenti i fragmenti matične stijene u kojima je povećano učešće glinovite komponente i
- *vodonepropusne* stijene izgrađene od tvorevina geološkog supstrata, (hloritsko-muskovitski škriljci u alternaciji sa profiritima, koji predstavljaju podinski hidrogeološki izolator /barijeru/) (Babajić i dr., 2012) ..

Geofizička istraživanja u zoni tunela T-3 su izvedena od strane CNTG iz Beograda u martu 2012. Ukupno je snimljeno četiri seizmometrijska refraktivna profila (P5, P6, P7 i P8), ukupne dužine 831,75 m. Profili su orjentisani približno duž trase tunela, osim profila P5 koji je situiran na ulaznom portalu sa azimutom od oko 200⁰. Na osnovi seizmometrijskih mjerenja definisani su rupturni i litološki modeli, a takođe su definisani i parametri za izračunavanje dinamičkih modula elastičnosti. Granice između litološki različitih sredina i orijentacija diskontinuiteta su prikazane na poprečnim inženjersko-geološkim profilima i inženjersko-geološkoj karti, slika 6 (Vučković i dr., 2012).



Slika 6 - Pozicije seizmometrijskih refraktivnih profila na trasi tunela

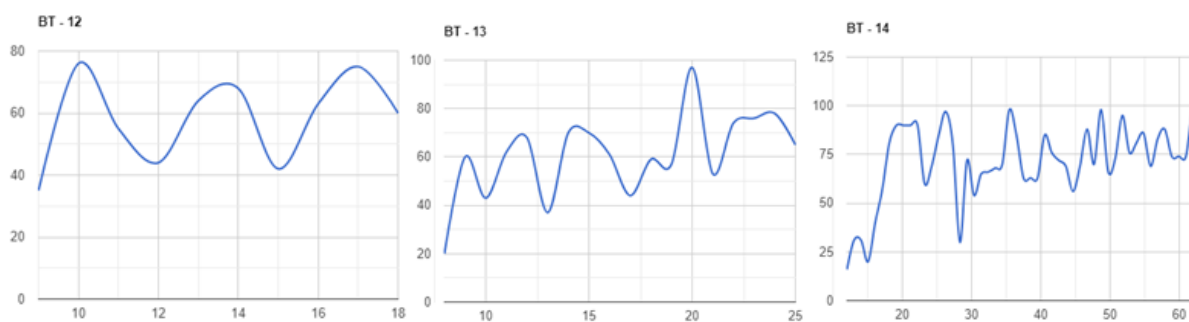
6. RQD, RMR i GSI klasifikacija stijenskog masiva

Kvalitet nabušene stijenske mase je određivan na osnovu RQD vrijednosti i to po Deer, (1989) te po standardima Velike Britanije (BS 5930). RQD vrijednosti su određivane na nabušenom materijalu, tabela 1.

Tabela 1.

interval oprobavanja	vrijednost RQD		
	BT-12	BT-13	BT-14
srednja vrijednost	58,20	60,94	71,34
kategorija po Deeru	III	III	III
kategorija po BS 5930	III	III	III

Promjene vrijednosti RQD parametara po dubini su prikazane na slici 7.



Slika 7 – Varijacije RQD parametara po dubini

Na osnovi laboratorijskih ispitivanja fizičko-mehaničkih karakteristika stijena, vrijednosti RQD-a, uticaja podzemnih voda i stanja i orijentacije diskontinuiteta izvršena je geomehanička RMR klasifikacija po *Bieniawsko-m (1989)*. RMR klasifikacija je rađena za svaki interval bušotine za koji su postojali rezultati geomehaničkih ispitivanja. U tabeli 2 su prikazane srednje vrijednosti RMR klasifikacije za ulazni portal.

Tabela 2

Parametar	BT-12	BT-13	BT-14
Čvrstoća	6	5,5	7
RQD	13	12,25	15,4
razmak diskontinuiteta	8	8	8
stanje diskontinuiteta	7	7	7
podzemna voda	15	15	15
prostorna orijentacija diskontinuieta	0	0	-4
RMR	49	47,75	48,4
GSI	44	42,75	43,4

Obzirom da na izlaznom portalu nisu izvedene bušotine, geomehanička ispitivanja su rađena na uzorcima uzetim iz zasjeka, a vrijednosti RQD-a su računane na izdanku tako što su zbrajani komadi duži od 10 cm na dužini od 3 m (simulirajući bušači manevar od 3 m).

Vrijednosti RQD su promjenjive. Lijevi dio profila (izlazni portal desne cijevi) je antropogenim dejstvom (miniranjem) u dobroj mjeri dezintegriran, što je uslovalo i niže vrijednosti RQD-a, te se ovi rezultati smatraju manje validnim u odnosu na desni dio profila koji je u „prirodnom“ stanju (izlazni portal lijeve cijevi), te su vrijednosti RQD-a za ovaj dio profila uzete kao validne (Vrkljan, 2003a; Vrkljan 2003b). U tabeli 3 su prikazane srednje vrijednosti RMR klasifikacije za izlazni portal (lijeva i desna cijev).

Tabela 3.

parametar	vrijednost	RMR, desna cijeva	RMR, lijeva cijev
čvrstoća	55; 55	7	7
RQD	72; 87	13	17
razmak diskontinuiteta		10	8
stanje diskontinuiteta		4	7
podzemna voda		15	15
pravac pružanja i zaližeganja diskontinuiteta	familija I– vrlo nepovoljno	-12	-12
	familija II- vrlo povoljno	0	0
	familija III- nepovoljno	-10	-10
		37	42
		49	54
		39	44

Za potrebe geotehničke kategorizacije stijene izvršena je i GSI klasifikacija (Geological Strength Index - *Hoek & Brown, 1997*). GSI klasifikacija se može raditi na osnovi vrijednostima RMR klasifikacije iz 1989, prema odnosu $GSI = RMR_{89-5}$, kao što je urađeno za ulazni portal tunela.

GSI za izlazni portal tunela baziran na RMR_{89-5} se kreće u rasponu 37 - 42, što je obzirom na blokovitost i poremećenost boranjem ovih stijena relativno visoka vrijednost. Validnije vrijednosti (iskustveno) se mogu dobiti na osnovi dijagrama za GSI koji uzima u odnos ocjenu strukture stijenske mase (SR) i ocjenu stanja površinskih uslova na plohama diskontinuiteta (SCR). Na osnovi vrijednosti SR, stijenski masiv je kategorisan kao B/D što znači da je u pitanju blokovska/poremećena-borana i/ili rajedana stijena sa uglastim blokovima koje oblikuju brojni setovi diskontinuiteta (*Hoek, 2007; Pantelidis, 2009*).

Vrijednosti SCR su dobijene na osnovi zbrajanja vrijednosti hrapavosti (Rr: 1 - 3), trošnosti (Rw: 1 - 3) i ispune (Rf: 2 - 6) diskontinuiteta, te konačnom vrijednost SCR ($Rr + Rw + Rf$) se kreće u rasponu 4 - 12. Na osnovu ovih pokazatelja GSI vrijednosti izlaznog portala tunela se kreću u rasponu 27 - 35.

Zaključak

Geomorfološka svojstva terena duž kojeg je situirana trasa tunela Bradina su raznovrsna i morfometrijski neujednačena. Istražni prostor pripada brdsko-planinskom reljefu. Morfologija terena je u direktnoj vezi sa litološkim-tektonskim karakteristikama terena pa se na istraživanom području mogu uočiti strmi odsjeci kao i padine blažeg nagiba. Hidrografska mreža je umjereno razvijena, a duž tokova je razvijena linijska, dubinska i bočna erozija. Zbog pokrivenosti terena, tektonski uslovi su, na skoro cijeloj dužini trase tunela, definisani na osnovu geofizičkih istraživanja.

Na istraživanom dijelu terena preovladava rupturna tektonika kroz pretpostavljene rasjedi duž rijeke Trešanice tipotoka Prijezinac, a naknadno su ustanovljena 4 rasjeda koja presijecaju trasu tunela. Geofizičkim-morfometrijskim analizama utvrđeno je prisustvo četiri sistema diskontinuiteta, generalne orijentacije 0° , 40° , 80° i 140° . Definisane su 3 familije uticajnih diskontinuiteta: familija I ($240-245^\circ / 80-85^\circ$), što se može ocijeniti kao vrlo nepovoljan uticaj; familija II ($285-295^\circ / 70-75^\circ$) u pravcu napredovanja tunela, što se može ocijeniti kao vrlo povoljan uticaj i familija III ($112-118^\circ / 30-35^\circ$) suprotan pravcu napredovanja tunela, što se može ocijeniti kao nepovoljan uticaj.

Tektonski pokreti kao karakter litološkog kompleksa stijenskog masiva rezultirali su stvrštavanjem u kategoriju III (po Deer i po BS 5930) na osnovu RQD-a.

Na osnovi laboratorijskih ispitivanja, fizičko - mehaničkih karakteristika stijena, pomenute vrijednosti RQD-a, uticaja podzemnih voda te stanja i orijentacije diskontinuiteta izvršena je geomehanička klasifikacija po Bieniawski-m (1989). Najduži dio trasa tunela po RMR klasifikaciji pripada kategoriji III, osim izlaznog portala desne tunelske cijevi koji pripada kategoriji II te će biti potrebno dodatno osiguranje.

Za potrebe geotehničke kategorizacije izvršena je i GSI klasifikacija na osnovu vrijednosti ocjene strukture stijenske mase (SR) i ocjene stanja površinskih uslova na plohama diskontinuiteta (SCR). Na osnovu ovih pokazatelja GSI vrijednosti izlaznog portala tunela se kreću u rasponu 27 - 35.

Ocjena stabilnosti terena izvršena je na osnovu pojava savremenih inženjerskogeoloških procesa i pojava, i podložnosti terena njihovom razvoju u uslovima izgradnje objekta.

Teren duž kojeg je situirana trasa tunela je svrstan u kategoriju stabilnih terena, a zone ulaznog i izlaznog portala tunela u kategoriju uslovno stabilnih terena.

Reference

1. Babajić, E., Selimović, E., Musić, A., Šehbajraktarević, M. (2012): Elaborat o inženjersko-geološkim i geotehničkim istražnim radovima za tunele Zukići T3. Glavni projekat autoputa Vc, dionica Tarčin – Zukići, stacionaža 0+000 – 10+0,050 km. Geotehnos d.o.o., Sarajevo.
2. Bieniawski, Z. T., (1989): Engineering rock mass classifications: a complete manual for engineers and geologists in mining, civil, and petroleum engineering, John Wiley & Sons.
3. Hoek E. (2007): "Practical Rock Engineering". Chapter 11, pp. 50. Hoek's Corner (Rock Science)
4. Hoek, E. & Brown, E.T., (1997): **Practical estimates of rock mass strength**. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstracts, 34 (8), pp. 1165 - 1186.
5. Jovanović, R., Mojičević, M., Tokić, S. i Rokić, Lj. (1962-67): Osnovna geološka karta, list Sarajevo, Zavod za inženjersku geologiju i hidrogeologiju građevinskog fakulteta u Sarajevu.

6. Jovanović, R., Mojičević, M., Tokić, S. i Rokić, Lj. (1978): Tumač za osnovnu geološku kartu, list Sarajevo, Zavod za inženjersku geologiju i hidrogeologiju građevinskog fakulteta u Sarajevu i Institut za geološka istraživanja Sarajevo.
7. Pantelidis L. (2009): "Rock slope stability assessment through rock mass classification systems" International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, 46(2): 315 - 325.
8. Vrkljan, I. (2003a): Inženjerska mehanika stijena. Građevinski fakultet u Rijeci. Rijeka.
9. Vrkljan, I. (2003b): Podzemne građevine i tuneli. Građevinski fakultet u Rijeci. Rijeka.
10. Vučković, D., Miloševski, D. i Sretković, B. (2012): Izveštaj o izvedenim kompleksnim geofizičkim ispitivanjima u zoni tunela T3, deonica Tarčin-Zukići, Koridor 5C. Centar za nedestruktivna testiranja i geofiziku. Beograd.
11. Deere, D. U. (1989): Rock quality designation (RQD) after 20 years, U.S. Army Corps Engrs. Contract Report GL-89-1. Vicksburg, MS: Waterways Experimental Station.

PHASE TRANSITIONS OF SILICA IN DIATOMITE FROM BESISTE (NORTH MACEDONIA) DURING THERMAL TREATMENT

Arianit Reka¹, Blagoj Pavlovski², Blazo Boev³, Ivan Boev³, Petre Makreski⁴

¹Faculty of Natural Sciences and Mathematics, University of Tetovo, Ilinden n.n., 1200 Tetovo, Republic of North Macedonia

²Faculty of Technology and Metallurgy, Ss. Cyril and Methodius University, Ruger Boskovic bb, 1000 Skopje, Republic of North Macedonia

³Faculty of Natural and Technical Sciences, Goce Delčev University, Blvd. Krste Misirkov 10-A, 2000 Štip, Republic of North Macedonia

⁴Institute of Chemistry, Faculty of Natural Sciences and Mathematics, Ss. Cyril and Methodius University, Arhimedova 5, 1000 Skopje, Republic of North Macedonia

Key words: diatomite, scanning electron microscopy, XRDP, phase transition

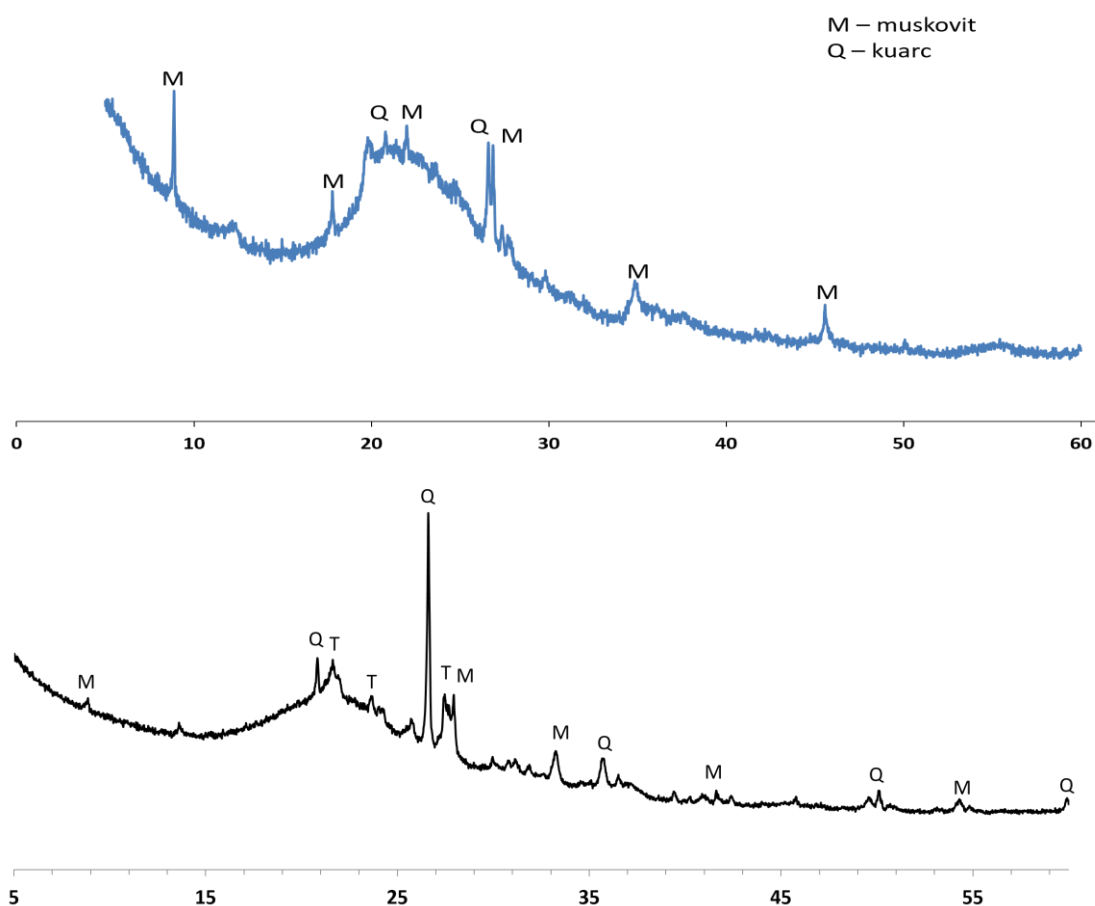
Introduction

Diatomaceous earth (DE) is one of the raw materials that is very intensively examined. This is mainly to its application in ceramic, pharmaceutical, chemical, food industries, in the drinking and waste water treatments, as well as in the development of new technologies i.e fabrication of semiconductors, optical fibers, solar cells etc. The diatomaceous earth presented in this work is collected from Besiste region. For the characterization of the DE physical-mechanical, chemical, XRPD, SEM and IR analysis were performed. From the physical-mechanical characterization, the materials represents a white to grayish rock with homogenous texture and shell-like fragility. The diatomaceous earth is very light, soft, and weakly bound, while in dry state exhibits compressive strength from 2.20–3.20 MPa. The total porosity ranges 68–72%, whereas the density is 2.01–2.06 g/cm³. Results obtained from ICP-MS show the following chemical composition: SiO₂ (86.338%), Al₂O₃ (3%), Fe₂O₃ (2.8 %), CaO (0.76%), TiO₂ (0.139%), K₂O (0.687%), Na₂O (0.191%), MnO (0.0006%), MgO (0.28%), and P₂O₅ (0.139%). The results from the X-ray powder diffraction of the raw diatomaceous earth indicate amorphous SiO₂ phase with the established presence of muscovite and quartz. The XRPD of the thermally treated diatomaceous earth at 950 C for a period of 1 hour, shows increase of the quartz peak while the peak for muscovite is significantly reduced. Evident is presence is the formation of tridymite in the sample. The results of the SEM analysis of the DE provide valuable information for the morphology, surface characteristics as well as the nanometric pores present in the raw material.

Table 1. Chemical composition of diatomaceous earth from Besiste

Oksidi	%
Al ₂ O ₃	3
Fe ₂ O ₃	2.8
TiO ₂	0.139

CaO	0.76
MgO	0.28
K ₂ O	0.687
Na ₂ O	0.191
MnO	0.006
P ₂ O ₅	0.139
SiO ₂	86.338
LOI	5.66
Total	100%



References

1. Ralph K. Iler, *The Chemistry of Silica*, p. 15-16, A Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons (1978)
2. William D. Callister, Jr, David G. Rethwisch, *Material Science and Engineering*, John Wiley & Sons Inc., p 464-465, 2010
3. Holleman, A.F., Wiberg, E., *Lehrbuch der Anorganischen Chemie*, Walter de Gruyter, Berlin, New York, pg 975, 2007
4. W.D. Kingery, *Introduction to Ceramics*, John Willey & Sons, Inc., New York, London, 1960

5. Pavlovski, B., Jančev, S., Petreski, Lj., Reka, A., Bogoevski, S., Boškovski, B.: Trepel – a peculiar sedimentary rock of biogenetic origin from the Suvodol village, Bitola, R. Macedonia, *Geologica Macedonica* Vol. 25, No.1, pp. 67-72 (2011).
6. Bogoevski, S., Jančev, S., Boškovski, B, Characterization of diatomaceous earth from the slavishko pole locality in the Republic of Macedonia, *Geologica Macedonica* Vo. 28, No.1, pp 39-43 (2014).
7. Inglethorpe, S. D. J.: *Diatomite - Industrial Minerals Laboratory Manual*, NERC 1993, Keyworth, Nottingham, British Geological Survey, 1993.
8. Wu, J., Yang, Y. S., Lin, J.: Advanced tertiary treatment of municipal wastewater using raw and modified diatomite, *Journal of hazardous materials.*, 127: 196-203, 2005.
9. Hassan, M. S., Ibrahim, I.A., Ismael, S.I.: Diatomaceous deposits of Fayium, Egypt; characterization and evaluation for industrial application, *Chinese Journal of Geochemistry*, July 1999, Volume 18, Issue 3, pp 233-241.

KORELACIJA GORNJOMIOCENSKIH LITOSTRATIGRAFSKIH JEDINICA JUŽNOG DELA PANONSKOG BASENA

THE CORRELATION OF UPPER MIOCENE LITHOSTRATIGRAPHIC UNITS OF THE SOUTHERN PART OF THE PANNONIAN BASIN

Filip Anđelković¹, Dejan Radivojević²

¹Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu, master student (email: filip.andjelkovic@rgf.rs)

²Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu, Departman za regionalnu geologiju

Ključne reči: gornji miocen, litostratigrafske jedinice, formacije, Panonski basen
Key words: Upper Miocene, lithostratigraphic units, formations, Pannonian Basin

Sažetak

Panonski basen je klasičan izalučni basen, formiran tokom miocena. Riftogeneza se odvijala po modelu asimetričnog jednostavnog smicanja. Analiza sinkinematiskih seizmičkih refleksija pokazuje da je normalno rasedanje migriralo vremenski i prostorno i da se odvijalo u toku velikog vremenskog intervala (otprilike 20 – 5.5 Ma).

Sistem panonskog basena obuhvata veći broj subdepresija, pa mogu se izdvojiti regioni različite starosti, razvijeni na podlozi raznih afiniteta, sa različitim debljinama sedimenata. Ovaj rad u fokus stavlja južni deo Panonskog basena, i to one delove koji su dobro proučeni i gde su izdvajane litostratigrafske jedinice u okviru gornjeg miocena. Konkretni prostor obuhvata severni Banat u Srbiji, jugoistočne delove Mađarske, kao i delove Hrvatske (Slavonske gore i Hrvatsko zagorje).

Opisane litostratigrafske jedinice su u nivou formacije i člana, a izdvojene su na osnovu litološkog sastava, depozicione sredine, korišćenjem podataka sa terena i iz bušotina, i geofizičkih metoda (reflektivna seizmika i geofizički karotaž).

Ovakva korelacija ima veliki značaj za poznavanje kompletnog Sistema Panonskog basena. Pored toga, poseduje i ekonomski značaj: bolje razumevanje vremena i karaktera depozicije dovodi i do boljeg razumevanja naftnogeološkog sistema.

U nastavku su navedene sve litostratigrafske jedinice na nivou formacije. Geolozi koji se bave proučavanjem Panonskog basena za iste formacije koriste drugačije nazive, što otežava korelaciju. Stoga, prvo su navedeni mađarski, srpski i zatim hrvatski nazivi. Pored toga, navedena je depoziciona sredina kojoj formacija pripada.

1. Endrőd – Hetin – Medvedski Breg: jezerska dubokovodna sredina
2. Szolnok – Majdan – Andraševac (donji deo): dubokovodni turbiditi
3. Algyő – Mokrin – Andraševac (gornji deo): sedimenti padine
4. Újfalu – Kikinda – Nova Gradiška: plitkovodni deltni sedimenti

Gruba naftnogeološka klasifikacija ovih sedimenata bi bila: Formacija 1 – matične stene; Formacija 2 – rezervoar stene; Formacija 3 – zaštitne stene; Formacija 4 – rezervoar stene.

Abstract

The Pannonian basin is a classical back-arc basin formed during Miocene times. The rifting took place along asymmetric simple shear extensional mechanism. The analysis of syn-kinematic reflectors demonstrates that normal faulting migrates in time and space and took place on a wide Miocene time interval (roughly 20 – 5.5 Ma).

The Pannonian Basin System encompasses a number of subdepressions, regions with varying age, deposited over different basement rocks and with different sediment thickness. The focus of this paper is the southern part of the Pannonian Basin, and more specifically, the parts which have been well-documented and where the formational analysis has been carried out. The concrete areas are: North Banat (Serbia), southeastern parts of Hungary (Great Hungarian Plain), as well as some parts of Croatia (Slavonian mountains and Hrvatsko zagorje area).

The described lithostratigraphic units are on the level of formations and members and are characterized by their lithological content, depositional environments, using field and borehole data, and geophysical methods (reflection seismics and geophysical well-logging).

Such correlation has great significance for the knowledge of the Pannonian Basin System. Besides that, it also has a practical role: a better understanding of the time and character of deposition leads to a better understanding of petroleum geology.

Further in the text, those units with formation rank are listed. Geologists who study the Pannonian basin use different names for the same formations, thus making correlation more difficult. According to this, the first name is the Hungarian one, then the Serbian one, and after that the Croatian one. Furthermore, the depositional environment is indicated after the name.

1. Endrőd – Hetin – Medvedski Breg: hemipelagic lacustrine environment
2. Szolnok – Majdan – Andraševac (lower part): basinal turbidites
3. Algyő – Mokrin – Andraševac (upper part): slope sediments
4. Újfalu – Kikinda – Nova Gradiška: shallow-water deltaic sediments

A rough petroleum geological classification of these formations would be like this: Formation 1 – source rocks; Formation 2 – reservoir rocks; Formation 3 – seal rocks; Formation 4 – reservoir rocks.

References:

1. Balázs, A., Maženco, L., Magyar, I., Horváth, F., Cloething, S., (2016). The link between tectonics and sedimentation in back-arc basins: New genetic constraints from the analysis of the Pannonian Basin. *Tectonics*. 35, pp.1526-1559
2. Balázs, A., Burov, E., Maženco, L., Vogt, K., Francois, T., Cloething, S., (2017). Symmetry during the syn- and post-rift evolution of extensional back-arc basins: The role of inherited orogenic structures. *Earth and Planetary Science Letters*. 462, pp 86-98
3. Ivanišević, S., & Radivojević, D., (2018). Upper Miocene depositional environments of Kikinda-Mokrin High (Serbia). *Interpretation*. 6, pp 1-40
4. Juhász, G., Pogácsás, G., Magyar, I., Vakarc, G., (2007). Tectonic versus climatic control on the evolution of fluvio-deltaic systems in a lake basin, Eastern Pannonian Basin. *Sedimentary Geology*. 202, pp 72-95
5. Kovačić, M., (2018). Upper Miocene lithostratigraphic units of the southwestern part of the Pannonian Basin. 17th Serbian Geological Congress, Vrnjačka Banja, pp 55-59
6. Magyar, I., Fogarasi, A., Vakarc, G., Bukó, L. & Tari, G., (2006). The largest hydrocarbon field discovered to date in Hungary: Algyő. In Golonka, J., & Picha, F.J., (Eds) : *The*

Carpathians and their foreland: geology and hydrocarbon resources. AAPG Memoir. 84, pp 619-632

7. Maženco, L., & Radivojević, D., (2012). On the formation and evolution of the Pannonian Basin: constraints derived from the structure of the junction area between the Carpathians and the Dinarides. *Tectonics*. 31, TC6007
8. Radivojević, D., (2019). Pannonian Basin, Pannonian Basin System and Pannonian realm – three different concepts. *GeomorForum 2019 Book of abstracts*, pp 14-15

STRATIGRAFSKI I PALEOEOKOLOŠKI ZNAČAJ ŠKOLJAKA RODA CORBICULA U KVARTARNIM NASLAGAMA SRBIJE

STRATIGRAPHIC AND PALAEOECOLOGICAL SIGNIFICANCE OF CORBICULA CLAMS IN QUATERNARY DEPOSITS OF SERBIA

Dr. Draženko Nenadić¹, Dr. Slobodan Knežević¹, Dr. Katarina Bogičević², Dr. Barbara Radulović²

¹University of Belgrade – Faculty of Mining and Geology, Department of Regional Geology, Kamenička 6, 11000 Belgrade, Serbia, e-mail: drazenko.nenadic@rgf.bg.ac.rs

²University of Belgrade – Faculty of Mining and Geology, Department of Palaeontology, Kamenička 6, 11000 Belgrade, Serbia

Key words: Quaternary, Serbia, *Corbicula*, stratigraphy, palaeoecology, alluvial deposits.

Summary:

Freshwater clams of the genus *Corbicula* have considerable distribution and great climato-stratigraphic significance in the alluvial Quaternary deposits of the northern parts of Serbia. The two morphotypes of these clams are connected to river courses that lie in the Pannonian Plain s.str. Remains of the species *Corbicula fluminalis* are connected to palaeo-flows of the “pre-Danube” and “pre-Sava”, migrating during Pleistocene and leaving behind them characteristic alluvial deposits in the wider area of Vojvodina, while remains of *Corbicula fluminea* (Fig. 1) are spatially limited to the recent courses of the Danube, Sava and Tisza (Paunović et al., 2007).

Pleistocene *Corbicula* is a very successful invasive species which colonized European rivers, so it is now present in almost all of the parts of continental Europe. It can be found in more than 15 localities in Serbia, with best localities in the vicinity of Belgrade (Gaudenyi et al., 2015; Nenadić et al., 2010).

Pleistocene *Corbicula* is used in biostratigraphic-palaeontological research as characteristic, i.e. “leading” fossil, for the age determination and correlation of Pleistocene sediments. This term was first used for a stratigraphic unit by Laskarev (1922, 1938, 1951) when studying Quaternary deposits in the Sava valley near Belgrade, and after him, they got a name “beds with *Corbicula fluminalis*”. Based on this species, the mentioned author considered them as the oldest Quaternary deposits in this area. They contain in their lower part *Viviparus boeckhi* (Gunz-Mindel after Alpine geochronological scheme), and in the upper *Corbicula fluminalis* (Mindel and Mindel-Riss). The same viewpoint on stratigraphic position of these deposits had Rakić (1975) and Stevanović (1977). Based on the recent research it has been established that species *Corbicula fluminalis* characterizes warm temperature intervals (equivalents of interglacials) of younger parts of Lower and a part of Middle Pleistocene (Gaudenyi et al., 2015; Nenadić et al., 2010).

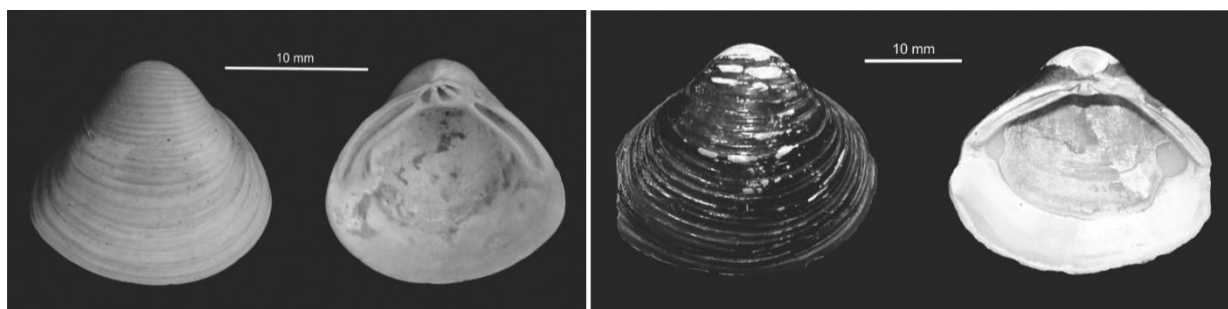


Fig. 1. Left: *Corbicula fluminalis*; right: *Corbicula fluminea*.

Lithologically, “beds with *Corbicula fluminalis*” are clastic fluvial sediments, among which prevail sandy gravels and gravelly sands (riverbed deposits), which alternate with fine-grained deposits – silts and clays (floodplain deposits).

These sediments are mainly deposited over Upper Miocene deposits (of Pannonian and Pontian age), different lithological units of Paludina beds (equivalents of lower part of Lower Pliocene), or palustrine-lacustrine deposits of Plio-Pleistocene age. Over them, in normal succession lie loess deposits or recent alluvial deposits of the Danube and Sava.

The dimensions of *Corbicula* shells diminish during Pleistocene. Juvenile forms are wider and more rounded, while adult ones are more elongated. Wide, rounded and thinner forms are also connected to finer sediments (silts and clays), with small hydraulic energy, while elongated and thicker shells define high energy of the habitat in which individuals grew (Gulyás et al., 2013). Judging from analogy with recent *Corbicula*, this species lived in rivers in which summer temperatures varied between 22^o and 23^oC. Accordingly, deposits with Pleistocene *Corbicula* can be defined as climato-stratigraphical unit of warm fluvial phases (Gaudenyi et al., 2015).

As a warm-loving species, with arrival of cold climatic phases in Middle Pleistocene, *Corbicula* withdrew from the Pannonian Basin to warmer areas, settling, in younger Pleistocene and Holocene southern parts of the Caspian Basin, central Asia, India and warmer regions of the American continent.

Over the last few decades it has been established that clams of the genus *Corbicula* inhabit again the vicinity of the Danube in northern Serbia and in neighbouring countries (Csanyi, 1999, 2002). These clams have first been recorded in Europe between 1980. and 1995, so this period could be considered as the beginning of settling of this region. The first data on their presence come from the Rhine area (Kinzelbach, 1991), while Csányi (1999) reports on their presence in the Hungarian part of the Danube valley near the nuclear power plant at Paks.

The fact is that the species *Corbicula fluminea*, related to the fossil Pleistocene species *Corbicula fluminalis*, already thrives in the Danube and its largest tributaries - Sava and Tisza (Paunović, 2004; Paunović et al., 2005, 2007, 2012; Knežević et al., 2005). Its presence has not been confirmed in colder and faster tributaries, such as the Great Morava and Drina. The causes of the "return" of *Corbicula* into this area, after a break of hundreds of thousands of years, are not yet well known. It is possible that larvae of modern *Corbicula* were transported from the warmer areas of the Caspian Basin by birds, or combined: birds to the Black Sea coast, and by the ships further along the Danube (Bernet et al., 2002). It is assumed that the anthropogenic factor has greatly influenced their migration: in transporting ballast water, by draining water from the aquarium, using them as fish baits and, in particular, by changing the water environment by building the hydroelectric power plant Đerdap on the Danube.

Modern *Corbicula* are noticeably larger and significantly more numerous in alluvial deposits than Pleistocene ones. They are one of the most invasive species in fresh waters of Europe, with a markedly negative impact on the existing river ecosystem and its biodiversity. These clams have spread beyond the river systems, and their presence in the wider area of Europe has been observed in irrigation channels and irrigation pipes for agricultural land, as well as in drinking water supply systems for the city's water supply, thus bringing danger to human health (Radulović et al., 2016).

The above-mentioned data point to the fact that the Danube today represents one of the most important invasion corridors from the Palaearctic to the south, which was confirmed by the mass and speed of settlement of the *Corbicula* shells in the area of the Danube basin.

Their migration to the Danube region is significant, not only as a zoogeographical phenomenon, but also from a geologic-stratigraphic aspect, giving a significant contribution to the knowledge of regional geology of Quaternary in Europe (Knežević et al., 2005).

References:

1. Berneth, H., Tobias, W., Stein, S. & Turowski, S., (2002): Ekological staus characteristion-macrozoobenthos in literathy, P. Koller-Kreime, V. Liska, I. Joint Danube survey, Final report, International Commission for the protection of the Danube river, pp 33-64.
2. Csanyi, B., (1999): Spreading invaders along the Danubian highway: first record of *Corbicula fluminea* (O.F.Müller 1774) and *C. fluminalis* (O.F.Müller1774) in Hungary (Mollusca, Bivalvia). Folia Historico Naturalia Musei Matraensis, 23, pp 343-345.
3. Csanyi, B., (2002): Joint Danube Survey: Investigation of the Tisza River. International Commission for the Protection of the Danube River, pp 1-135.
4. Gaudenyi, T., Nenadić, D., Stejić, P., Jovanović, M., Bogićević, K., (2015): The stratigraphy of the Serbian *Corbicula* beds. Quaternary International, pp 357: 4-21.
5. Gulyas, S., Sumegi, P., Szaloki, Z. & Nenadić, D., (2013): Assessing the morphological variability of the invasive thermophylous Asian clam (*Corbicula fluminalis* Muller 1774) from the Pleistocene fluvial deposits of the Carpathian basin using geometric morphometric techniques. In: Geiger, J., Pál-Molnár, E., Malvić, T. (Eds.). *Theories and applications in geomathematics*, Geolitera Publishers, Szeged, pp 37-48.
6. Kinzelbach, R., (1991): Die Körbchenmuscheln *Corbicula fluminalis*, *Corbicula fluminea* und *Corbicula fluviatilis* in Europa (Bivalvia: Corbiculidae). Mainzer Naturwissenschaftliches Archiv, 29, pp 215-228.
7. Knežević, S., Nenadić, D. i Paunović M., (2005): Pojave školjaka roda *Corbicula* u kvartarnim naslagama podunavlja u Srbiji. XIV Kongres geologa Srbije i Crne Gore, Novi Sad, pp100-108.
8. Laskarev, V., (1938): Troisieme note le Quaternaire des Environs de Belgrade. Ann. Geol. Penins. Balk., 15, pp 1-35, Belgrade. (in Serbian, French summary).
9. Laskarev, V., (1951): O stratigrafiji kvartarnih naslaga Vojvodine. Geološki anali Balkanskoga poluostrva, 19, pp 1-19.
10. Nenadić, D., Gaudenyi, T., Bogićević, K. & Jovanović M., (2010): The occurrence of the *Corbicula* in the Pleistocene of Serbia. Conference of the European Quaternary Malacologists: EQMal 2010 - Molluscs and Quaternary Environment of Central Europe - Book of Abstracts and Conference Guide, Serbian Geological Society-Quaternary Commission and Department of Geology and Paleontology, University of Szeged-Belgrade, Szeged, p 26.
11. Paunović, M., (2004): Qualitative composition of the macroinvertebrate communities in the Serbian sector of the Sava River. Inter. Assoc. Danube Res. 35, pp 349-354

12. Paunović, M., Simić, V., Jakovčev-Todorović, D. & Stojanović, B., (2005): Results on macroinvertebrate community investigation in the Danube River in the sector upstream the Iron Gate (1083-1071 km). *Archiv of Biological Sciences* (in press).
13. Paunović, M., Csanyi, B., Knežević, S., Simić, V., Nenadić, D., Jakočev-Todorović, D, Stojanović, B. & Cakić, P., (2007): Distribution of Asian clams *Corbicula fluminea* (Muller, 1774) and *C. fluminalis* (Muller, 1774) in Serbia.- *Aquatic Invasions* (2007), 2, 2, pp 105-112
14. Radulović, B., Nenadić, D., Knežević, S., Paunović, M. & Bogičević, K., (2016): Paleocological Character of Asian clams in estimates of the Anthropogenous effect on recent ecosystems. *Tret Kongres na Geolozite na Republika Makedonija*, 1, pp 347-351, Struga.
15. Rakić, M., (1975): Slojevi sa *Corbicula fluminalis* (*Corbicula fluminalis* beds). In: Petković, K. (Ed.), *Terminologie et nomenclature geologiques I - Stratigraphie et paleographie*. Institut de Geologie et de Paleontologie, Faculte des Mines et de Geologie, Universite de Belgrade, pp 250-251.
16. Stevanović, P., (1977): Kvaratar (antropogen). Opšti pregled facija i njihovo rasprostranjene s posebnim osvrtom na prelesne, lesne i antropogene naslage severne Srbiji. *Geologija Srbije II-3, Stratigrafija (Kenozoik)*, Univerzitet u Beogradu, pp 357-417, Beograd

GRANATI U ALUVIONU LEŠNICE, PLANINA CER

GARNETS FROM RIVER LEŠNICA ALLUVION, MOUNTAIN CER

Dr Milošević Maja¹, MSc Kostić Bojan¹, Dr Vulić Predrag¹, MSc Jelić Ivana²

¹Univerzitet u Beogradu, Rudarsko - geološki fakultet, Srbija; ²Prirodnjački Muzej, Beograd, Srbija

Ključne reči: Granati, Mineraloška karakterizacija, Lešnica, Cer

Key words: Garnets, Mineralogical characterization, Lešnica, Cer

Sažetak

Pojava minerala iz grupe granata u aluvionu reke Lešnice (Cer) i njihova mineraloška karakterizacija, do sada nisu detaljnije obrađene, i prikazane su u ovom radu. Granulometrijska metoda, spektrofotometrija, infracrvena spektroskopija, rendgenska difrakciona analiza (XRD) i SEM-EDS metoda primenjene su na prethodno izdvojenim pojedinačnim zrnima. Optičke osobine, SEM-EDS, XRD, gustina (4.20 g/cm^3), boja (603 nm) kao i vibracione trake u regionu između $400\text{-}1200 \text{ cm}^{-1}$ ukazuju da je reč o mineralima iz grupe granata. Ispitivani granati bogatiji su manganom u centralnim delovima zrna, dok na obodu zrna koncentracija mangana opada a koncentracije gvožđa rastu. Na osnovu dobijenih rezultata, ispitivanih granata iz aluviona reke Lešnice, može se zaključiti da je reč o spesartinsko-almandinskom tipu.

Uvod

Minerali iz grupe granata predstavljaju nezosilikate složenog hemijskog sastava sa opštom hemijskom formulom $X^{2+}_3Y^{3+}_2Si_3O_{12}$, gde je $X = \text{Ca, Fe}^{2+}, \text{Mn}$, ili Mg ; $Y = \text{Al, Cr}$, ili Fe^{3+} (Novak and Gibbs, 1971). Kao stabilni minerali u procesima hemijskog i mehaničkog raspadanja javljaju se u klastičnim sedimentima, peskovima i peščarima. Minerali iz grupe granata ispitivani zbog mogućnosti njihove primene kao geotermobarometra, što je od velikog značaja u oblasti petrologije, kao i njihove sposobnosti da mogu posedovati različite izomorfne substitucije (Ballaran and Woodland, 2006). Cilj ovog rada bila je preliminarna mineraloška karakterizacija minerala iz grupe granata u aluvionu reke Lešnice.

Lokacija i geološka struktura

Cer je planinski venac koji se nalazi u zapadnom delu Srbije i pruža se pravcem JI - SZ, između sela Rumske i varošice Lešnice, kome sa severne strane leže Pocerina i Mačva a sa južne Jadar. Prema Knežević (1960), utvrđeno je da u geološkoj građi planine Cer učestvuju sledeći članovi: kvarcmonconiti, aplitoidni graniti i granodioriti sa žičnim pratiocima i efuzivnim ekvivalentima; argilošisti, peščari i krečnjaci donjeg i gornjeg karbona; bituminozni tamno sivi krečnjaci gornjeg perma; masivni trijaski krečnjaci; mediteranski marinski sedimenti Iverka i desne obale Jadra; pliocenski (pontijski) peskovi, peščari, šljunkovi i aglomerati i mladi kvartarni sedimenti (nanosi) Jadra i Lešnice. Reka Lešnica pripada grupi nanosnih ležišta čija se širina kreće do 150 m (Jelenković, 1999). Od sporednih minerala, osim grupe granata mogu se zapaziti povišene koncentracije sfena, rutila, apatita, magnetita, epidota, hlorita, cirkona i drugih minerala.

Uzorci i metode

Kristali granata izdvojeni iz peskovite frakcije aluviona reke Lešnice, selo Milina, analizirani su granulometrijski (metodom piknometra), metodom teških tečnosti (Bromoform (2.89 g/cm^3) i Metilen jodid (3.325 g/cm^3)) i magnetnom separacijom (Franz (0.35A i nagibom od 20°)). Primenom ovih metoda postigla se čistoća mineralne frakcije od preko 90%. Gustina minerala izmerena je metodom piknometra. Hromatične koordinate i dominantna talasna dužina $d_c(\text{nm})$ određene su spektrofotometrijski na instrumentu Spekol, opremljenim uređajem za refleksiju (R45/0), pri čemu je MgO korišćen kao standard za belinu (CIE 1931). Rendgenskim ispitivanjima (XRD) izvršenim na sprasanim uzorcima primenom Rigaku SmartLab difraktometra, prikupljeni su podaci za primenu Ritveldove metode. Tačkasta hemijska analiza obavljena je primenom SEM-EDS metode (JEOL 6610 LV). Analize su urađene pod uslovima jačine struje 10nA i naponom ubrzanja 20kV . Furije Infracrveni spektri (FT-IR) prikupljeni su na Nicolet™ iS™ spektrometru (Thermo Fisher SCIENTIFIC) sa Smart iTR™ ATR u opsegu od 400 do 4000 cm^{-1} i 32 skana po spektru.

Rezultati i diskusija

Kristali su prozirni do providni, staklaste do poludijamantske sjajnosti. Pojedinačna zrna blago su zaobljena, polomljena i neretko sa očuvanim kristalnim formama. Često se javljaju u kristalnim oblicima gde preovlađuju forme rombododekaedra ili ikositetraedra, kao i njihove kombinacije. Na pojedinim zrnima zapažaju se crtaste pljosni. Veličina zrna, dobijena granulometrijski, iznosi između 0.5mm i 1.0mm pri čemu se kod krupnije frakcije uglavnom zapažaju prelomne površine. Kod kristala često su primetne i inkluzije drugih minerala koje u daljem tekstu nisu obrađene. Gustina ispitivanog minerala jednaka je 4.20 g/cm^3 , što je u dobroj saglasnosti sa gustinom spesartina (4.19g/cm^3). Intenzitet boje koja se manifestuje zavisi od vrste agregata i površine minerala. U krupnim kristalima i krupnozrnim agregatima boja je obično tamnija, u odnosu na sitne ili disperzne agregate. Hromatski parametri za uzorak granata koje smo izdvojili, dobijeni proračunom preko odgovarajućih izraza, iznose: $X=0,398$, $Y=0,329$. Dominantna talasna dužina $d_c(\text{nm})$, koja je očitana sa dijagrama hromatičnosti ukazuje da je reč o narandžastoj boji (603nm). Sadržaj mangana, kao hromofore, ukazuje da je on dominantan element koji određuje boju u uzorcima. Mangan u granatima rezultuje sa pink i narandžastim nijansama dok gvožđe dovodi do pojave crvene nijanse. Na osnovu boje, uzorci se mogu karakterizovati kao minerali spesartinskog i/ili almandinskog sastava. Rezultujući spektar absorpcionih frekvencija (ATR) u regionu od $400\text{-}1200 \text{ cm}^{-1}$ je karakterističan za minerale iz grupe granata (Moenke 1961). Region od $1200\text{-}3000 \text{ cm}^{-1}$ nije razmatran u ovom radu. Trake u regionu između 800 i 1000 cm^{-1} (952 , 889 , 860 cm^{-1}) mogu se pripisati asimetričnim istežućim vibracijama SiO_4 tetraedara u strukturi. Traka koja se nalazi na 631 cm^{-1} pripada ili savijajućim vibracijama SiO_4 tetraedra ili vibracijama oktaedarske grupe, dok se trake ispod 400 cm^{-1} mogu pripisati prisustvu dvovalentnih katjona (Tarte and Deliens, 1973). Prisustvo Fe_2O_3 , tačnije FeO_6 oktaedra, može se osmotriti u regionu između 400 i 500 cm^{-1} gde se nalaze karakteristične istežuće vibracije. Hemijska analiza granata metodom SEM-EDS prikazuje razlike u hemizmu u centru i obodu granata. Granati su u centralnim delovima zrna bogatiji manganom, dok na obodu zrna koncentracija mangana opada a koncentracije gvožđa rastu. Rezultati hemijskih analiza u oksidima su dati u tabeli 1.

Tabela 1. Hemijskih analiza ispitivanih granata, u oksidima

Tabela 1.	Mg	Al	Si	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe	Total
Centar	0.61	20.29	34.72	0.92	0.16	0.00	25.09	17.85	99.64
Obod	0.97	20.27	34.79	1.35	0.00	0.00	21.93	19.50	98.81

Sastav uzoraka dobijen je preračunom kristalohemijske formule pri čemu rezultati ukazuju da se radi o mešavini spesartinske (50%) i almandinske komponente (43%). Ostatak, 7%, je piropska komponenta. Utačnjavanjem Ritveldovom metodom potvrđena je raspodela katjona dobijena SEM-EDS ispitivanjem kao i da je reč o mineralima iz grupe granata spesartinsko-almandinskog tipa.

Zaključak

Aluvion reke Lešnice sastoji se od velikog broja minerala iz kojeg su izdvojeni kristali granata za mineralošku analizu. Izdvojeni granati analizirani su različitim metodama. Na osnovu dobre saglasnosti među primenjenim metodama i upoređivanjem rezultata sa literaturnim podacima došlo se do zaključka da je reč o granatima spesartinsko-almandinskog tipa kod kojih se sadržaj Mn i Fe smenjuju od centra ka obodu zrna.

Abstract

The occurrence of minerals from the garnet group in the alluvion of Lešnica river (Cer) and their mineralogical characterization have not been investigated in detail and have been reported in this paper. Granulometry methods, spectrophotometry, infrared (FT-IR) spectroscopy, X-ray diffraction (XRD) and SEM-EDS method have been applied on previously separated grains. Results of optical properties, SEM-EDS, XRD, specific density (4.20 g/cm^3), color (603nm) and vibration bands in the region between 400 and 1200 cm^{-1} have shown that the investigated minerals are from the garnet group. It has been noted that they are richer with manganese in the central parts of their grains while on the periphery areas the concentration of Mn is decreasing and Fe concentration is increasing. Based on the results of the investigated garnets from the alluvion of Lešnica River, it can be concluded that they are spessartine-almandine type.

Introduction

Minerals from the garnet group represent nesosilicates with a complex chemical composition $X^{2+}_3Y^{3+}_2Si_3O_{12}$, where $X = \text{Ca, Fe}^{2+}, \text{Mn, or Mg}$; $Y = \text{Al, Cr, or Fe}^{3+}$ (Novak and Gibbs, 1971). As a stable mineral in the process of chemical and mechanical weathering, they are often found in clastic sediments, sands, and sandstones. Minerals in the garnet group have been investigated for their petrological value in thermobarometric measurements as well as for their ability to have different isomorphic substitutions (Ballaran and Woodland, 2006). The main goal of this paper is the mineralogical characterization of minerals from the garnet group from the river Lešnica alluvion.

Location and geological structure

Cer is a mountain range which is located in the western part of Serbia between villages Rumska and Lešnica, spread in the direction of SE-NW with Pocerina and Mačva on its north and Jadar

on its left side. According to Knežević (1960), it has been determined that the geological structure of mountain Cer is comprised of several members: quartzmonzonite, aplitoide granites and granodiorites with veins and effusives; argilochists, sandstones and limestones from upper and lower carbon; bituminous dark gray limestones from upper perm; massive trias limestones; mediteranian marine sediments of Iverak and right bank of Jadar; pliocen (pontic) sands, sandstones, gravel, agglomerates and young quarter sediments (alluvial) of rivers Jadar and Lešnica. Lešnica is a river that belongs to the group of alluvial deposits with 150m in width (Jelenković, 1999). Besides minerals from the garnet group, it can be noted that larger concentrations of sphene, rutile, apatite, magnetite, epidote, chlorites, zircons have been observed.

Samples and methods

Crystals, that have been investigated, have been extracted from the sandy fraction with granulometry (pycnometer method), heavy liquids method (Bromoform ($2,89\text{g/cm}^{-3}$) and Methylene iodine ($3,325\text{ g/cm}^{-3}$) and magnetic separation (Franz (0,35A and 20° inclination) methods. Purity above 90% has been achieved by the application of these collective methods. Specific density has been measured by pycnometer method. Chromatic coordinates and dominant wavenumber $d_c(\text{nm})$ have been determined with Specol spectrophotometer equipped with a device for reflection (R45/0) and MgO standard for whiteness (CIE 1931). XRD measurements on a powder sample were acquired with Rigaku SmartLab diffractometer with the application of the Rietveld method. SEM-EDS (JEOL 6610 LV) method (10nA electricity and charge acceleration of 20kV) have been applied for the chemical analyses of the individual grains. Fourier transform infrared spectroscopy (FT-IR) spectra is acquired using a NicoletTM iSTM 10 FT-IR Spectrometer (Thermo Fisher SCIENTIFIC) with Smart iTRTM Attenuated Total Reflectance (ATR). Sampling was conducted in the range from 400 to 4000 cm^{-1} with 32 scans per spectrum.

Results

The crystals are translucent to transparent, glassy to semi-diamond gloss. Individual grains are mildly rounded, broken and often with preserved crystalline forms. Often they occur in crystalline forms where there are prevalent forms of rombododekahedra or icositrahedra, as well as their combinations. On the individual grains, the striated faces have been noticed. The grain size obtained by granulometry is between 0.5mm and 1.0mm, where it can be noted that in the larger fraction fractured surfaces are generally observed. Inclusions of other minerals are often noticed in the crystals but are not investigated further. The density of the tested minerals is 4.20 g/cm^3 , which is in good agreement with the density of spessartine (4.19 g/cm^3). The intensity of the color depends on the type of aggregate and the surface of the mineral. In large crystals and large-scale aggregates, colors are usually darker than in tiny or disperse aggregates. The chromatic parameters for the samples we have selected, obtained by calculation over the corresponding expressions, are: $X = 0.398$, $Y = 0.329$. The dominant wavelength d_c (nm), which is read from the chromaticity diagram, indicates that the color of the sample is orange (603nm). The content of manganese, as a chromophore, indicates that it is the dominant element that determines color in samples. Manganese, in garnets, results in pink and orange nuances at the presence of iron leads to the appearance of a red shade. Based on color, the samples can be

characterized as minerals of the spessartine and/or almandine composition. The resulting spectrum of absorption frequencies (ATR) in the region of 400-1200 cm^{-1} is characteristic for minerals from the group of garnets (Moenke 1961). The region of 1200-3000 cm^{-1} has not been considered in this paper. The bands in the region between 800 and 1000 cm^{-1} (952, 889, 860 cm^{-1}) can be attributed to the asymmetric vibration of the SiO_4 tetrahedra in the structure. The band at 631 cm^{-1} belongs to either the vibrating vibrations of the SiO_4 tetrahedron or vibration of the octahedral group, while the band below 400 cm^{-1} can be attributed to the presence of divalent cations (Tarte and Deliens, 1973). The presence of Fe_2O_3 , more precisely FeO_6 octahedron, can be seen in the region between 400 and 500 cm^{-1} where characteristic stretching vibrations are found. Chemical analysis of the garnets by the SEM-EDS method shows the differences in the center and the periphery of the investigated grains. The garnets are richer with manganese in the central parts of the grain, while on the periphery of the grain the concentration of manganese decreases and the iron concentrations increase. The results of chemical analyses, represented as oxides, are given in Table 1.

Table 1. Chemical analyses of the investigated garnets represented as oxides

Table 1.	Mg	Al	Si	Ca	Ti	Cr	Mn	Fe	Total
Center	0.61	20.29	34.72	0.92	0.16	0.00	25.09	17.85	99.64
Periphery	0.97	20.27	34.79	1.35	0.00	0.00	21.93	19.50	98.81

The composition of the samples was obtained by calculating the crystallochemical formula, with the results indicating that it was a mixture of spessartine (50%) and almandine component (43%). The rest, 7%, is a pyrope component. The distribution of cations obtained by SEM-EDS testing was confirmed by the Rietveld method, as well that investigated garnets are minerals from the group of spessartine-almandine type.

Conclusion

Aluvion of the Lešnica River consists of a large number of minerals from which crystals of garnets have been extracted for the mineralogical analysis. Separated garnets were analyzed by different methods. Based on the good agreement between the applied methods and comparing the results with the literature data, it was concluded that these are spessartine-almandine garnets in which the Mn and Fe content is shifted from the center to the grain boundary.

Literature

1. Novak, G.A. and Gibbs, G.V., 1971. The crystal chemistry of the silicate garnets. *Am. Mineral.* 56, 791–825.
2. Knežević, V. 1960. Postanak i petrohemijski karkter magmatskih i kontaktno metamorfnih stena Cera. Beograd
3. Jelenković, R. 1999. Ležišta mineralnih sirovina. Beograd
4. CIE (1932), 1931. Commission Internationale de l'Eclairage Proceedings. Huitième session. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 19–29.
5. Ballaran, T.B and Woodland A.B., 2006. Local structure of ferric iron-bearing garnets deduced by IR-spectroscopy. *Chemical Geology* 225, 360– 372.

6. Moenke, H., 1961. Ultrarotspektralphotometrische Differenzierung von Mineralien tier Granatgruppe im Spektralbereich 400-650 cm⁻¹. Iena Nachrichten 9, 82.
7. Tarte, P. and Deliens, M., 1973. Correlations between the Infrared Spectrum and the Composition of Garnets in the Pyrope-Almandine-Spessartine Series. Contr. Mineral. and Petrol. 40, 25-37.

PERMANENTNO GNSS OSMATRANJE U MULTIDISCIPLINARNIM ISTRAŽIVANJIMA

Prof. dr Biljana Stamatović¹, Prof. dr Vladimir Bulatović², Doc. dr Zoran Sušić², Prof. dr Ivan Aleksić³, Prof. dr Gojko Nikolić^{3*}, Doc. dr Kruna Ratković¹, Doc. dr Marko Simeunović¹, Doc. dr Tomo Popović¹, Prof. dr Milica Vukotić¹, Prof. dr Veselin Vukotić¹

¹Univerzitet Donja Gorica, Fakultet za informacione sisteme i tehnologije

²Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka

³Univerzitet u Beogradu, Građevinski fakultet

^{3*}Univerzitet Crne Gore, Institut za geografiju, Filozofski fakultet

*korespondentni autor: Prof. dr Gojko Nikolić, gojkorn@t-com.me

Ključne riječi: GNSS, permanentna stanica, monitoring, EUREF, EPN

Sažetak

Permanentno osmatranje terena primjenom tehnologije satelitskog pozicioniranja pored dugobazisne interferometrije (eng. *Very Long Baseline Interferometry*), predstavlja važan osnov kada je u pitanju istraživanje tektonske aktivnosti i drugih prirodnih fenomena (promjena zemljine rotacije, dužine dana, praćenje plime i osjeke i dr.). Kontinualna GNSS mjerenja su prisutna i u postupcima lokalnog monitoringa građevinskih i infrastrukturnih objekata koji su pod uticajem lokalnih fenomena, odnosno geohazarda, kao što su klizišta i promjena nivoa podzemnih voda.

Početkom 2019. godine U Crnoj Gori je pokrenut inovativni projekat pod nazivom „Joining to EUREF permanent network with Multi GNSS CORS stations in Montenegro”, finansiran od strane Ministarstva nauke Crne Gore, čiji je nosilac Univezitet Donja Gorica. Jedan od ciljeva projekta jeste uspostavljanje ETRS89 koordinatnog sistema na teritoriji Crne Gore, kao preduslov uvođenja Crne Gore u EUREF mrežu permanentnih stanica (EPN) sa bar jednom svojom stanicom, koja ima mogućnost prijema signala GPS, GLONASS, Galileo i Beidou sistema za satelitsko pozicioniranje.

Pristupanjem EPN mreži otvara se prostor regionalnim geodinamičkim istraživanjima koja podrazumjevaju praćenje kinematičkih karateristika Zemljine kore, na kojoj su locirane stanice, a što se može dovesti u korelaciju sa aktivnim lokalnim tektonskim procesima, imajući u vidu identifikovane obrasce poniranja Jadranske tektonske ploče ispod Dinarida sa jedne i Apenina sa druge strane. Postojeća mreža permanentnih stanica na teritoriji Crne Gore, koja se koristi prvenstveno za potrebe premjera, nije uključena ni sa jednom svojom stanicom u Centralnoevropsku geodinamičku referentnu mrežu (CEGRN), što bi bilo značajno iz razloga interesantnog geotektonskog sklopa koji obuhvata i Crnu Goru.

U radu će biti prezentirano tehničko rješenje GNSS permanentne stanice, koja je instalirana na krovu Univerziteta Donja Gorica u Podgorici i koja prima signale od svih raspoloživih GNSS provajdera. U okviru rada biće prikazani detalji procesiranja baznih vektora u odnosu na okolne IGS stanice u cilju određivanja prostornih koordinata u ITRF 2014 koordinatnom sistemu. Prikazaće se kratka analiza mogućih primjena integracije satelitskog pozicioniranja sa drugim sensorima u okviru multidisciplinarnih istraživanja, koja imaju prirodne relacije sa dinamičkom geologijom, inženjerskom seizmologijom, neotektonikom, strukturnom i dinamičkom geomorfologijom i brojnim drugim disciplinama u okviru geonauka.

Reference

1. AUSPOS GPS Processing Report , 07.05.2019., AUSPOS OnlineGPS Processing Service, Geoscience Australia.
2. Bruyninx, C., Altamimi, Z., Caporali, A., Kenyeres, A., Legrand, J, Lidberg, M. (2018): Guidelines for EUREF Densifications, IAG sub-commission for the European Reference Frame – EUREF.
3. Kenyeres, A. (2010): Categorization of permanent GNSS reference stations, EUREF Permanent GNSS Network
4. Millis, S.W., Ho, A.N.L., Chan, E.K.K., Lau, K.W.K., Sun, H.W., (2008): Instrumentation and Real Time Monitoring of Slope Movement in Hong Kong, International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics (IACMAG), Goa, India.
5. Stamatović, B., Bulatović, V., Sušić, Z., Nikolić, G., Maksimović, J., Aleksić, I., Ratković, K., Simeunović, M., Popović, T., Vukotić, M., Vukotić, V. (2019): Joining to EUREF permanent network with Multi GNSS CORS stations in Montenegro, EUREF 2019 Symposium, Tallinn, Estonia, 21-24.05.2019.

GREŠKA INKLINACIJE KOD DEPOZICIONE REMANENTNE MAGNETIZACIJE

INCLINATION ERROR IN DEPOSITIONAL REMANENT MAGNETIZATION

Mast. inž. geol. Mirko Petković, Prof. dr Vesna Cvetkov

Mast. inž. geol. Mirko Petković, Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu
(mirkopetkovic.90@gmail.com)

Prof. dr Vesna Cvetkov, Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu
(vesna.cvetkov@rgf.bg.ac.rs)

Ključne riječi: depoziciona remanentna magnetizacija, oplicavanje inklinacije, faktor elipticiteta

Key words: depositional remanent magnetization, inclination error, flattening factor

Apstrakt

Paleomagnetna istraživanja se bave proučavanjem remanentne magnetizacije nastale djelovanjem magnetskog polja Zemlje u geološkoj prošlosti, sa ciljem definisanja prostornog i vremenskog položaja ispitivanih stijenskih kompleksa. Položaj vektora remanentne magnetizacije u prostoru određen je paleo deklinacijom i inklinacijom. Međutim, procesi redeponovanja, kompakcija i cementacija sedimenata dovode do, odstupanja vrijednosti inklinacije od one koju je stijena stekla prilikom svog nastanka tzv. greška inklinacije. Nekada je ta greška zanemarljiva, a nekada značajna i može izazvati pogrešno određene paleoširine deponovanja, vrijednosti translacionog i rotacionog kretanja blokova, kao i ne podudaranje magetostatigrafskih skala.

Eksperimentalna ispitivanja procesa redepozicije, na modelima, pokazala su da dolazi do promjene u inklinaciji depozicione remanentne magnetizacije, odnosno da se vrijednost inklinacije prije i nakon eksperimenta ne poklapa. Laboratorijska ispitivanja prirodnih sedimenata potvrdila su pojavu greške inklinacije, tj. pojavu oplicavanja inklinacije depozicione remanentne magnetizacije, najčešće usled gravitacione torzije u trenutku depozicije, porasta pritiska ili usled smanjenja poroznosti sedimenta.

Greška inklinacije depozicione remanentne magnetizacije može se odrediti mjerenjem anizotropije remanentne magnetizacije pojedinačnih minerala u uzorku. S obzirom da ovaj proces zahtjeva višesedmična laboratorijska ispitivanja i veliki broj instrumenata razvijene su znatno brže, numeričke, tehnike. Jedna od njih je određivanje inklinacije depozicione remanentne magnetizacije na osnovu mjerene anizotropije anhisterezisne remanentne magnetizacije uzorka. Proporcionalnost između dveh osa anizotropije remanentne magnetizacije pojedinačnih minerala može da bude bilo koja vrijednost u skupu pozitivnih realnih brojeva. Na osnovu ove pretpostavke računa se vrijednost faktora elipticiteta zrna, f , zavisnog od mjerenih vrijednosti anizotropije anhisterezisne remanentne magnetizacije uzorka.

Presječna tačka y -ose i prave koja najbolje aproksimira dobijene vrijednosti predstavlja traženi faktor elipticiteta, na osnovu kog se, zatim, računa inklinacija u trenutku depozicije sedimenta. Mjerenje anizotropije pojedinačnih minerala nosioca magnetizacije pokazalo je da je faktor elipticiteta za magnetit u domenu $0,54 \leq f \leq 1$, a za hematit $0,4 \leq f \leq 1$.

Druga numerička aproksimacija, prikazana u ovom radu, zasniva se na pretpostavljenoj starosti sloja iz kog su uzeti uzorci. Koeficijent pravca prave koja najbolje aproksimira tangens mjerene inklinacije i tangens pretpostavljene inklinacije obrnuto je proporcionalan faktoru elipticiteta.

Ovaj postupak daje dobre rezultate ako je nosioc remanentne magnetizacije magnetit, što je i najčešći slučaj kod sedimentnih stijena. Ukoliko je nosioc remanentne magnetizacije hematit, getit ili pirotin, prikazana aproksimacija se ne može primjeniti zbog specifičnosti njihove kristalne rešetke koja dozvoljava lako magnećenje duž jednog preferiranog pravca. U tom slučaju, magnetizacija duž jednog pravca može se smatrati numerički beskonačnom, odnosno anizotropija pojedinačnog minerala je beskonačna, pa je za računanje faktora elipticiteta neophodno samo poznavanje depozicione remanentne magnetizacije uzorka.

Abstract

Paleomagnetic investigations deal with the study of remanent magnetization caused by the influence of the Earth's magnetic field in the geological past, with the aim of defining the spatial and temporal position of the investigated rock complexes. The spatial position of the remanent magnetization vector is determined by the paleo declination and inclination. However, the processes of re-deposition, compaction and cementation of sediments lead to the deviation of the inclinations value from one that the sediments acquired during their formation, the so-called inclination error. Sometimes this error is negligible, sometimes it is significant and can cause wrongly defined paleolatitude of deposition, the magnitude of translational and rotational movement of blocks, as well as non-matching of magnetostratigraphic scales.

Experimental investigations of the re-deposition process, on mathematical models, showed that there was a change in the inclination of the depositional remanent magnetization, that is, that the inclination value before and after the experiment did not coincide. Laboratory testing on natural sediments confirmed the occurrence of an inclination error, i.e. shallowing of the inclinations of the depositional remanent magnetization, the most often due to gravity torsion at the moment of deposition, pressure increase or due to decreased porosity of the sediment.

The inclination error of depositional remanent magnetization can be determined by measuring the anisotropy of the remanent magnetization of the individual minerals in the sample. Since this process requires weeks of laboratory testing and the use of a large number of instruments, much faster, numerical, techniques are developed. One of them is the determination of the inclination of depositional remanent magnetization based on the measured anisotropy of the anhysteretic remanent magnetization of the sample. The ratio between the two axes of the anhysteretic remanent magnetization of individual minerals can be any value in a set of positive real numbers. Based on this assumption, the value of the grain flattening factor, f , which is dependent on the measured values of the anisotropy of anhysteretic remanent magnetization is

calculated. The intersection point of the y-axis and the line that best approximates the obtained values represents the required flattening factor, on the basis of which, then, the inclination is calculated at the moment of the deposition of the sediment. Measurement of the anisotropy of individual minerals which carry the magnetization showed that the flattening factor for magnetite is in the domain $0.54 \leq f \leq 1$, and for hematite $0.4 \leq f \leq 1$.

The second numerical approximation, shown in this study, is based on the presumed geological age of the strata from which the samples were taken. The coefficient of the straight line that best approximates the tangent of the measured inclinations and the tangent of the assumed inclinations is inversely proportional to the flattening factor.

This procedure gives reliable results if the carrier of the remanent magnetization is magnetite, which is most common in sedimentary rocks. If the carrier of remanent magnetization is hematite, goethite or pyrrhotite, the shown approximation cannot be applied due to the specificity of their crystal lattice, which allows easy magnetization along a preferred direction. In this case, the magnetization along one direction can be considered numerically infinite, i.e. the anisotropy of the individual mineral is infinite, so it is only necessary to know the depositional remanent magnetization of the sample to calculate the flattening factor.

1. Uvod

Paleomagnetska istraživanja se bave proučavanjem remanentne magnetizacije nastale djelovanjem magnetskog polja Zemlje u geološkoj prošlosti, sa ciljem definisanja prostornog i vremenskog položaja ispitivanih stijenskih kompleksa. Položaj vektora remanentne magnetizacije u prostoru određen je paleo deklinacijom i inklinacijom. Međutim, procesi redeponovanja, kompakcija i cementacija sedimenata dovode do, odstupanja vrijednosti inklinacije od one koju je stijena stekla prilikom svog nastanka, tzv. greške inklinacije. Nekada je ta greška zanemarljiva, a nekada značajna i može izazvati pogrešno određene paleoširine deponovanja, vrijednosti translacionog i rotacionog kretanja blokova, kao i ne podudaranje magnetostratigrafskih skala.

Eksperimentalna ispitivanja procesa redepozicije, na modelima, pokazala su da dolazi do promjene u inklinaciji depozicione remanentne magnetizacije, odnosno da se vrijednost inklinacije prije i nakon eksperimenta ne poklapa. Laboratorijska ispitivanja prirodnih sedimenata potvrdila su pojavu greške inklinacije, tj. pojavu oplicavanja inklinacije depozicione remanentne magnetizacije, najčešće usled gravitacione torzije u trenutku depozicije, porasta pritiska ili usled smanjenja poroznosti sedimenta [1].

2. Remanentna magnetizacija

Bitan dio svakog paleomagnetskog istraživanja je određivanje minerala nosioca magnetizacije kao i poznavanje njegovih svojstava. Gvožđe je daleko najrasprostranjeniji prelazni element u solarnom sistemu pa i veliki broj palomagnetskih studija zavisi od minerala koji sadrže gvožđe. Najčešći minerali koji su nosioci magnetizacije (tzv. magnetični minerali) u sedimentima i sedimentnim stijinama su iz grupe gvožđe-oksida, magnetit i hematit. Magnetit (Fe_3O_4) je mineral iz grupe složenih oksida (spinela) najčešće teseralnog oblika kristalne rešetke. Sastav magnetita varira i rijetko se približava idealnoj empirijskoj formuli. Često sadrži primjese poput

Mg, Mn, Al, V i Ti koje mu mijenjaju svojstva (Kirijevu temperaturu, magnetsku susceptibilnost, vrednost sturacione magnetizacijem, itd.).

Hematit (Fe_2O_3) pripada grupi prostih oksida sa subslojevitom strukturom romboedarske kristalne rešetke. U prirodi obično sadrži 98 – 99% Fe_2O_3 , a u sastavu su moguće manje količine Fe^{2+} , Al i Ti.

Stepen orijentisanosti magnetskih momenata magnetičnih minerala uslovljen je magnetostatičnom energijom. Bez prisustva magnetostatične energije, magnetski momenti pojedinačnih feromagnetskih zrna bi oscilovali slobodno i ne bi zadržali "zapis" magnetskog polja u trenutku nastanka.

Magnetizacija stijena *in situ* je suma vektora dveju komponenata:

$$M = M_i + M_r, \quad (1)$$

odnosno suma vektora indukovane (M_i) i remanentne magnetizacije (M_r). Prisustvo lokalnog geomagnetskog polja indukovaće magnetizaciju koja je obično paralelna geomagnetskom polju i uglavnom je dominantna komponenta u širokom spektru stijena.

Prirodna remanentna magnetizacija (*Natural Remanent Magnetization* - NRM) je remanentna magnetizacija prisutna u stijenama prije demagnetizacije u laboratoriji. Prirodna remanentna magnetizacija zavisi od idukujućeg geomagnetskog polja i od geoloških procesa tokom i nakon nastanka stijene. Obično se sastoji od više od jedne komponente. Komponenta NRM nastala tokom stvaranja stijene označava se kao primarna NRM jer je stijena stiče u toku formiranja (hlađenja, depozicije i dr.), njeno određivanje često predstavlja cilj paleomagnetskih ispitivanja. Nasuprot prirodnoj, sekundarna NRM najčešće biva stečena nakon formiranja stijene i pri čemu može djelimično ili potpuno da maskira primarnu komponentu NRM. Sekundarna komponenta se vektorski dodaje na primarnu, pa bi ukupni vektor NRM bio suma primarne i sekundarne NRM.

Dva najznačajnija oblika primarne NRM su: termoremanentna (TRM) i depoziciona (sedimentna) remanentna magnetizacija.

Sekundarna NRM može biti rezultat uticaja: povišene temperature, pritiska, promjene oksido-redukcionih uslova, udar groma ili usled dugotrajnog izlaganja stijene geomagnetskom polju koje je različito od polja tokom nastanka stijene.

3. Depoziciona remanentna magnetizacija

Depoziciona remanentna magnetizacija (*Depositional Detrital Remanent Magnetization* - DRM) nastaje tokom depozicije klastičnih i karbonatnih sedimentnih stijena. U mnogim sedimentnim okruženjima najčešći depozicioni magnetični mineral je magnetit mada se nerijetko sreću i ostali magnetični minerali kao što su titanomagnetit, hematit, maghemit, pirotin, gregit, getit i dr. Formiranje DRM teorijski izgleda veoma jednostavno, međutim, različiti geološki procesi uključeni tokom formiranja sedimentne stijene mogu značajno da utiču na karakter DRM. Postdepozicioni fizički procesi poput bioturbacije npr, mogu značajno da izmjene primarnu magnetizaciju. Hemijski procesi unutar same stijene takođe, mogu izmjeniti prvobitne feromagnetske minerale što svakako utiče na paleomagnetski zapis.

Laboratorijski eksperimenti daju uvid u procese unutar DRM. Prirodni sedimenti, rastvorljivi u vodi, korišćeni su za laboratorijsku redepoziciju u kontrolisanim uslovima. Rezultati ovih eksperimenata su značajno drugačiji od pretpostavljenog klasičnog modela DRM.

Jedan od najranijih laboratorijskih eksperimenata vršen je na redeponovanim glacijalnim sedimentima holocenske starosti. Step en orijentisanosti magnetskih momenata određen na osnovu rezultata DRM pokazao se daleko manjim od stepena dobijenog klasičnim modelom DRM iz čega je očigledno da neki od faktora sprječava visok step en orijentisanosti.

Redepozicioni eksperimenti, vršeni su i na uzorcima uzetim sa različitih geografskim širina. Dobijeni rezultati pokazali su da je inklinacija DRM sistematski plića od očekivane inklinacije indukujućeg geomagnetnog polja.

Magnetski momenti usloveljeni magnetostatičnom energijom teže da zauzmu stanje najmanje energije, međutim gravitaciona torzija rotira čestice kako bi se deponovale horizontalno. Uzrok greške u inklinaciji najvjerovatnije leži u postdepozicionoj remanentnoj magnetizaciji (*Postdepositional Detrital Remanent Magnetization* - pDRM) stečenoj nakon depozicije.

Kod mnogih sedimenata, među njima bioturbiti, pDRM je jedini prihvatljiv mehanizam sticanja DRM dok ostali sedimenti imaju rezultujuću magnetizaciju koja je vjerovatno kombinacija depozicione i postdepozicione orijentacije.

4. Palemagnetski tenzor

Višedimenzionalni magnetski tenzor karakteriše parametar magnetske anizotropiju. Najčešće korišćeni magnetski tenzori su anizotropija magnetske susceptibilnosti (AMS) i anizotropija remanentne magnetizacije (ARM). Ove dvije vrste anizotropije od velikog značaja su u geološkim istraživanjima. Na osnovu anizotropije magnetske susceptibilnosti može se odrediti pravac stresa duktilnih deformacija, pravac paleotransporta kod sedimenata, stepena zrelosti stijena, orijentacija tokova lava, turbididska kretanja, i tektonskog naprezanja. Anizotropija remanentne magnetizacije korisni se za korekciju orijentacije i intenziteta paleomagnetnog vektora.

4.1 Anizotropija magnetske susceptibilnosti

Vektor slabog magnetskog polja \mathbf{H} primjenjenog nad uzorkom i indukovanog vektora magnetizacije \mathbf{M} u uzorku povezani su skalarnom veličinom koja je nezavisna od pravca polja i vektora magnetizacije, magnetskom susceptibilnošću (χ). Ukoliko magnetičnost uzorka zavisi od orijentacije primjenjenog polja (anizotropija) odziv je najprikladnije aproksimiran nizom linearnih jednačina koje se sigma (suma) notacijom mogu napisati kao:

$$\mathbf{M}_i = \chi_{ij} \mathbf{H}_j, \quad (2)$$

gdje su: χ_{ij} - koeficijent tenzora magnetske susceptibilnosti, \mathbf{M}_i - komponente indukovane magnetizacije i \mathbf{H}_j - komponenta primjenjenog polja duž određene ose uzorka.

Koeficijenti χ_{ij} su elementi drugog reda, simetrični tenzori, odnosno tenzor anizotropije magnetske susceptibilnosti (*Anisotropy of Magnetic Susceptibility* - AMS).

4.2 Anizotropija remanentne magnetizacije

Magnetska susceptibilnost zavisi od svih konstituenata u ispitivanom uzorku zbog čega je ponekad teška za razmatranje i može dovesti do komplikacija prilikom interpretacije. Nasuprot AMS, anizotropija remanentne magnetizacije (*Anisotropy of magnetic remanence* – ARM) vezana je samo za karakteristike minerala nosioca RM. Mjerenja paleointenziteta, određivanja paleoppravca ili korekcija greške za inklinaciju, zahtjevaju obavezno razmatranje anizotropije TRM i DRM. Za ispitivanje ARM razvijeni su posebni instrumenti i tehnike, kao npr. mjerenje anizotropije indukovane anhisteretisne remanentne magnetizacije (*Anisotropy of anhysteretic remanent magnetization* – AARM).

Anizotropije remanentne magnetizacije računa se po sličnom algoritmu kao i anizotropija magnetske susceptibilnosti,

$$\mathbf{M}_i = \chi_{ij}^R \mathbf{H}_j, \quad (3)$$

gdje je χ_{ij}^R - koeficijent anizotropije RM.

Izazivanjem ARM u laboratorijskim uslovima analizira se sastav nosioca RM zbog čega je mjerenje magnetskog sklopa veoma poželjno da bi se odredilo da li je magnetizacija izotropna ili ne.

4.3 Anizotropija depozicione remanentne magnetizacije

Laboratorijskim ispitivanjima DRM pokazalo se da je inklinacija depozicione remanentne magnetizacije (I_0) sistematski plića u odnosu na inklinaciju u trenutku depozicije sedimentne stijene (I_f). Usled smanjenja paleomagnetske inklinacije dolazi i do smanjenja paleoširine što izaziva veliku grešku prilikom određivanja primarnog položaja depozicione sredine ispitivanog stenskog materijala.

Zavisnost između pomenutih inklinacija empirijski je izvedena na osnovu velikog broja eksperimenata rađenih nad sintetičkom (laboratorijskom) depozicijom i može biti napisana na sledeći način:

$$\tan I_0 = f \tan I_f. \quad (4)$$

Promjenljiva f u (4) predstavlja faktor elipticiteta (*flattening factor*), a ista jednakost u paleomagnetskoj literaturi poznata je i kao greška ili oplićenje inklinacije.

Mjerenje depozicione remanentne magnetizacije u većini slučajaja smatra se anizotropnim procesom odnosno mjerenja za rezultat daju tenzor DRM.

Intenzitet i inklinacija eksperimentalnog DRM često može biti opisano kao proizvod tenzora depozicione remanentne magnetizacije i vektora depozicionog magnetnog polja

$$\mathbf{M}_d = k_d \mathbf{H}. \quad (5)$$

Tenzor DRM (k_d) dobija se na sledeći način:

$$k_d = \begin{pmatrix} k_d \max & 0 & 0 \\ 0 & k_d \text{int} & 0 \\ 0 & 0 & k_d \min \end{pmatrix}, \quad (6)$$

gdje je: $k_d \min$ – anizotropija duž z (vertikalne) ose, a $k_d \max$ duž x , odnosno paralelno horizontalnoj komponenti polja \mathbf{H} . Komponente DRM dobijaju se na sledeći način:

$$DRM_x = k_d \max H_x, DRM_y = k_d \text{int} H_y = 0, DRM_z = k_d \min H_z. \quad (7)$$

Odavde, inklinacija DRM je povezana sa poljem na sledeći način:

$$f = \frac{\tan I_0}{\tan I_f} = \frac{\frac{DRM_z}{H_x}}{\frac{H_z}{H_x}} = \frac{k_d \min}{k_d \max}. \quad (8)$$

Kako bi se kvantifikovala veza između anizotropije remanentne magnetizacije i greške inklinacije nastale kao postdepozicioni proces, potrebno je definisati normalizovane tenzore ARM:

$$q_x \approx \frac{ARM_x}{ARM_u}, q_y \approx \frac{ARM_y}{ARM_u}, q_z \approx \frac{ARM_z}{ARM_u}, \quad (9)$$

gdje je: $ARM_u = ARM_x + ARM_y + ARM_z$.

Sledeća veličina koja igra vodeću ulogu u određivanju greške inklinacije je anizotropija pojedinačnih zrna (a) i predstavlja proporcionalnost između ARM mjerene duž x - ose i upravno:

$$a = \frac{ARM_x}{ARM_{\perp}}. \quad (10)$$

Takođe se mogu izraziti k_x , k_y i k_z u kontekstu normalizovanih tenzora ARM na sledeći način:

$$k_x = \frac{q_x(a+2)-1}{a-1}, k_y = \frac{q_y(a+2)-1}{a-1}, k_z = \frac{q_z(a+2)-1}{a-1}. \quad (11)$$

Zamjenom (11) u (8) dobija se:

$$f = \frac{q_z(a+2)-1}{q_x(a+2)-1}. \quad (12)$$

5. Faktor elipticiteta i anizotropija pojedinačnih minerala

Analizom jednakosti (4) i (11) jasno se uočava da je za određivanje inklinacije u trenutku depozicije stene potrebno poznavati f - faktor (faktor elipticiteta) ili a - faktor (anizotropija pojedinačnih minerala).

Anizotropija pojedinačnih minerala mjeri se na sledeći način. Prvo je potrebno iz ispitivanog uzorka izdvojiti monominerale nosioce remanentne magnetizacije, a zatim se na njima mjeri anizotropija anhisterezisne remanentne magnetizacije duž x i z pravca. Izdvajanje pojedinačnih minerala, međutim, nije lak posao i obično traje nekoliko sedmica, a nerijetko i do mjesec dana. Veliki broj radova je objavljen na temu kako pojednostaviti proces izdvajanja pojedinačnih minerala. Svaki od ovih postupaka, međutim, zahtjeva sofisticirane laboratorijske instrumente koji u većini slučajeva nisu deo standardne opreme paleomagnetske laboratorije.

Tabela 1. Sintetički podaci korišćeni za numeričko dobijanje f i a – faktora

Redni broj	$I_0 [^\circ]$	$k_d \text{ max}$	$k_d \text{ min}$
1	42,6	1,0225	0,9658
2	55,9	1,0296	0,9585
3	42,8	1,0297	0,9569
4	29,3	1,0313	0,9494
5	44,3	1,0343	0,9509
6	43,4	1,0380	0,9527
7	38,4	1,0328	0,9501
8	23,5	1,0283	0,9586

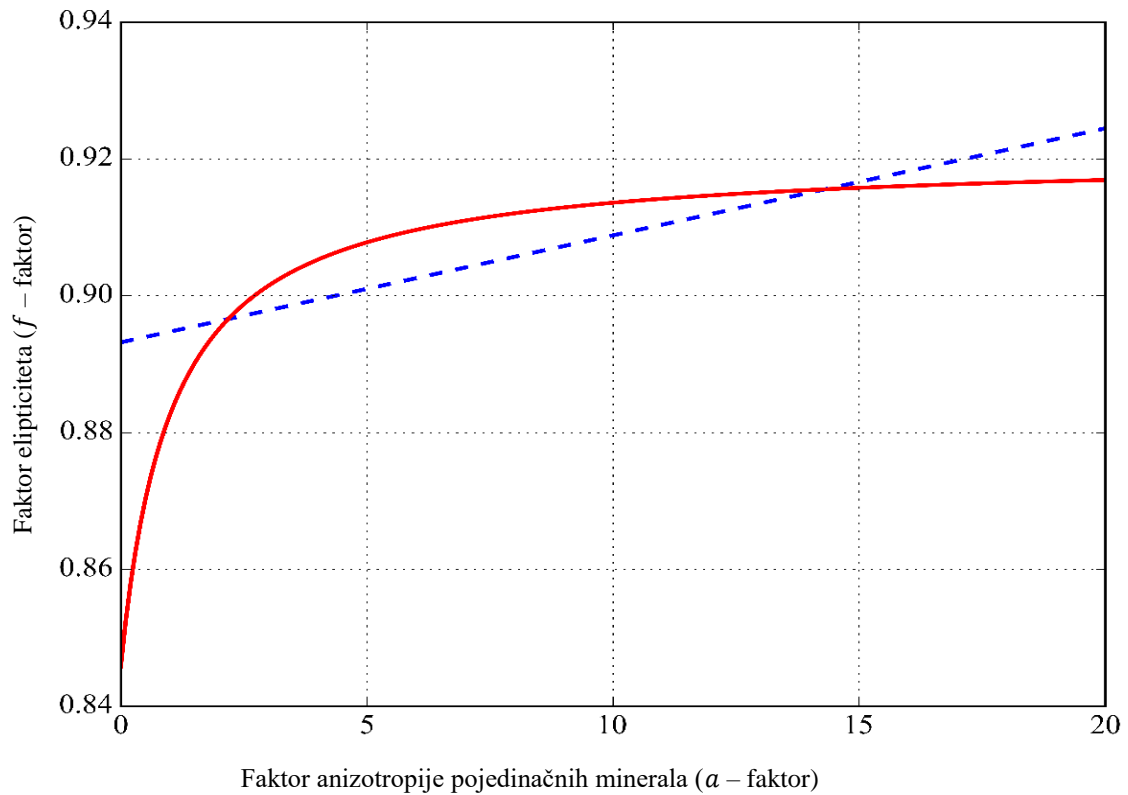
Kako bi se izbjeglo višesedmično mjerenje, a - faktor se može dobiti i numerički sa vrlo malom greškom. Pod pretpostavkom da proporcionalnost anizotropije ARM duž dva upravna pravca može biti u domenu $a \in (0, \infty)$, za sintetički podatak pod rednim brojem 4 u Tabeli 1. izračunate su vrijednosti a - faktora. Podatak je uzet nasumično, a granična vrijednost a - faktora je 20 iz razloga što nakon ove vrijednosti funkcija asimpotski konvergira. Funkcija je računata sa iskorakom $h = 0,1$, odnosno $h_n = a_{n-1} + 0,1$. Dobijena funkcija prikazana je crvenom bojom na Slici 1.

Anizotropija pojedinačnih minerala će imati vrijednost $a = 1$ kada su minerali izotropni nezavisno od orijentacije. Drugi ekstremni slučaj, $a = \infty$, opisuje vrijednost kada je anizotropija duž jednog pravca neznatna u odnosu na drugu ($k_d \text{ max} \gg k_d \text{ min}$) i treći slučaj kada je $a = 0$ govori da minerali nemaju remanentnu magnetizaciju.

Funkcija zavisnosti $f(a)$ linearno je aproksimirana metodom najmanjih kvadrata i prikazana plavom isprekidanom linijom na Slici 1. Presječna tačka prave i y - ose, odnosno vrijednost n u jednačini prave, predstavlja faktor elipticiteta iz kog se dalje vrlo lako može izračunati vrijednost a - faktora. Isti postupak ponovljen je za sve podatke iz Tabele 1. Srednja kvadratna

vrijednost (RMS) dobijenih f - faktora uzeta je kao relevantna za dalje računanje promjene inklinacije ($f = 0,9017$).

Dobijene inklinacije u trenutku depozicije i razlike između inklinacija prikazane su u Tabeli 2.



Slika 1. Funkcija $f(a)$, $a \in (0,20)$ za podatak pod rednim brojem 4 u Tabeli 1 (crvena puna linija) i linearna aproksimacija $f(a)$ funkcije (plava isprekidana linija)

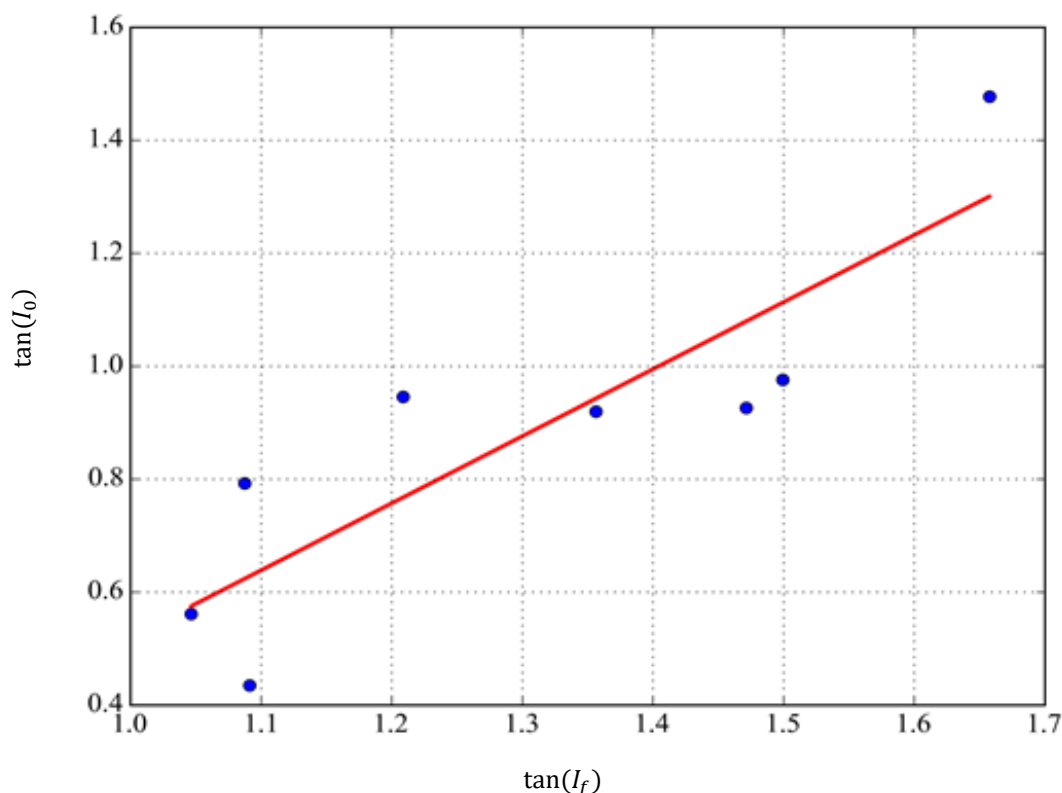
Tabela 2. Vrijednosti inklinacije u trenutku depozicije na osnovju dobijenog f – faktora linearnom aproksimacijom

Redni broj	f - faktor	$I_0 [^\circ]$	$I_f [^\circ]$	$\Delta I [^\circ]$
1	0,9252	42,6	45,56	2,96
2	0,9071	55,9	58,60	2,70
3	0,9049	42,8	45,76	2,96
4	0,8932	29,3	31,90	2,60
5	0,8917	44,3	47,26	2,96
6	0,8897	43,4	46,36	2,96
7	0,8924	38,4	41,32	2,92
8	0,9087	23,5	25,74	2,24
<i>RMS</i>	0,9017			

Razni autori su se bavili laboratorijskim dobijanjem vrijednosti a - faktora koji za magnetit ima karakteristične vrijednosti, $1 \leq a \ll 3$. Ukoliko se ne poznaje laboratorijska vrijednost, preporučena vrijednost je $a = 2$, odnosno srednja vrijednost domena a - faktora za magnetit [4]. Poređenjem numeričkog sa laboratorijskim pristupom pokazuje vrlo mala odstupanja. Numerički pristup pokazuje grešku pri računanju inklinacije DRM do $\pm 0,2^\circ$ što se može zanemariti ukoliko se uporedi sa standardnim odstupanjem ručnog kompasa od $\pm 0,5^\circ$.

Treći način određivanja jednog od konstitutivnih činilaca u popravci inklinacije je aproksimacija na osnovu pretpostavljene starosti ispitivanih sedimenata. Isti sintetički podaci kao i prethodno korišćeni su za ovaj vid aproksimacije. Pretpostavljeno je da je inklinacija sedimenta $45-60^\circ$, nakon čega su dodate vrijednost nasumično na mjerenu inklinaciju iz Tabele 2. Dobijeni tangensi inklinacija prikazani su u vidu plavih tačaka na grafiku prikazanom Slikom 2.

Podaci dobijeni u prethodnom koraku linearno su aproksimirani metodom najmanjih kvadrata. Dobijena prava prikazana je crvenom bojom na grafiku (Slika 2.). Koeficijent pravca prave dobijene linearnom aproksimacijom predstavlja f – faktor.



Slika 2. Tangens inklinacije u trenutku depozicije i u trenutku mjerenja (plave tačkice), linearno aproksimirani podaci (crvena puna linija)

Treba voditi računa da li je inklinacija u trenutku depozicije veća, odnosno manja u odnosu na mjerenu inklinaciju. Kako je inklinacija u toku depozicije sistematski veća, u tom slučaju koeficijent pravca prave je obrnuto proporcionalan f - faktoru, odnosno $k = \frac{1}{f}$.

Prethodno linaerno aproksimirani podaci imaju sledeću jednačinu prave:

$$y = 1,187 \cdot x - 0,667, \quad (13)$$

pa je $f = 0,843$.

Empirijsko određivanje anizotropije pojedinačnih minerala nosioca magnetizacije pokazalo je da je faktor elipticiteta za magneti u domenu $0,54 \leq f \leq 1$, dok je $0,4 \leq f \leq 1$ opseg karakterističan za hematit [12].

Prethodno opisani procesi vezani su isključivo za magnetit kao najčešći mineral kod sedimentnih stijena i na primjeru podataka koji su prikazani u radu. Ukoliko je riječ o hematitu, getitu ili pirotinu prethodni pristupi su mnogo jednostavniji. Kod ovih minerala karakteristična je pojava lakog magnećenja duž jednog pravca (jedne kristalografske ose), odnosno kako je već napisano a - faktor se numerički može smatrati beskonačnim. U tom slučaju, ponovnom analizom grafika sa Slike 1. može se primjetiti da funkcija nakon određene vrijednosti uniformno konvergira gotovo paralelno x - osi pa je vrijednost f - faktora maksimalna vrijednost za bilo koje a .

6. Zaključak

Redepozicioni eksperimenti pokazali su promjene u inklinaciji kod sedimenata i sedimentnih stijene, odnosno da se inklinacija prije i nakon eksperimenta ne poklapa. Dugo se ova pojava zanemarivala i pripisivala promjeni zapremine usled istiskanja vode iz sedimenata. Kasniji eksperimenti pokazali su da se ova greška javlja i kod sedimenata uzetih *in situ* (na terenu). Inklinacija depozicione remanentne magnetizacije sistematski je manja u odnosu na inklinaciju u trenutku depozicije sedimentne stijene, međutim, nekada je ta greška značajna, a nekada potpuno zanemarljiva. Promjene inklinacije najčešće su posledica gravitacione torzije u samom trenutku depozicije. Pored gravitacione torzije, do ove pojave može doći usled porasta pritiska i usled smanjenja poroznosti sedimenta.

Greška inklinacije depozicione remanentne magnetizacije može se odrediti na više načina. Jedan od načina je laboratorijsko mjerenje anizotropije remanentne magnetizacije pojedinačnih minerala, međutim, kako ovaj proces za sobom vuče višesedmično laboratorijsko mjerenje i iziskuje dodatne instrumente razvijene su znatno brže tehnike kao što je određivanje inklinacije DRM numerički na osnovu mjerene anizotropije anhisterezisne remanentne magnetizacije uzorka.

Proporcionalnost između dveju osa anizotropije pojedinačnih minerala može da bude bilo koja vrijednost u skupu pozitivnih realnih brojeva. Na osnovu ove pretpostavke računa se vrijednost faktora elipticiteta zavisnog od mjerenih vrijednosti anizotropije ARM uzorka. Presječna tačka y - ose i prave koja najbolje aproksimira dobijene vrijednosti predstavljaće traženi faktor elipticiteta na osnovu kog se dalje računa inklinacija u trenutku depozicije sedimenta.

Drugi pristup numeričkoj aproksimaciji je na osnovu pretpostavljene strosti sloja iz kog su uzimani uzorci. Koeficijent pravca prave koja najbolje aproksimira tangens mjerene inklinacije i tangens pretpostavljene inklinacije obrnuto je proporcionalan faktoru elipticiteta.

Dosadašnje mjerenje anizotropije pojedinačnih minerala nosioca magnetizacije pokazalo je da je faktor elipticiteta za magneti u domenu $0,54 \leq f \leq 1$, a za hematit $0,4 \leq f \leq 1$.

Najčešći nosioc magnetizacije kod sedimentnih stijena je magnetit, međutim ako je riječ o hematitu, getitu ili pirotinu aproksimacije prikazane u radu mogu biti preskočene iz razloga što specifičnost kristalne rešetke ovih minerala dozvoljava lako magnećenje duž jednog preferiranog pravca. U tom slučaju, magnetizacija duž jednog pravca može se smatrati numerički beskonačnom, odnosno anizotropija pojedinačnog minerala je beskonačna pa je za računanje faktora elipticiteta neophodna samo depoziciona remanentna magnetizacija uzorka.

Reference

1. Anson, G., & Kodama, K., (1987): Compaction-induced inclination shallowing of the postdepositional remanent magnetization in a synthetic sediment *Geophysical Journal International* 88, 673-692.
2. Bilardello, D., Jezek, J., & Kodama, K., (2011): Propagation and incorporation the error in anisotropy-based inclination corrections, *Geophysical Journal International* 187, 75-84
3. Butler, R., (2014): Paleomagnetism: Magnetic Domains to Geologic Terranes (Electronic Edition).
4. Hodych, J., & Bijaksana, S., (2002): Plastically deforming clay-rich sediment to help measure the average remanence anisotropy of its individual magnetic particles, and correct for paleomagnetic inclination shallowing, *Physics and Chemistry of the Earth* 27, 1273 – 1279.
5. Jackson, M., Banerjee, S., Marvin, J., Lu, R., & Gruber, W., (1991) Detrital remanence, inclination errors, and anhysteretic remanence anisotropy: quantitative model and experimental results *Geophysical Journal International* 104, 95-103.
6. Kodama, K., & Sun, W., (1992): Magnetic anisotropy as a correction for compaction-caused palaeomagnetic inclination shallowing *Geophysical Journal International* 111, 465-469.
7. Kodama, K., (2009): Simplification of the anisotropy-based inclination correction technique for magnetite and hematite-bearing rocks: a case study for the Carboniferous Glenshaw and Mauch Chunk Formations, North America, *Geophysical Journal International* 176, 467–477.
8. Miličić, M., Miličić, N., & Stankov, D., (2003) Elementi numeričke analize – teorija, algoritmi, programi, zadaci (Beograd: Rudarsko-geološki fakultet);
9. Tauxe, L., Banerjee, K., Butler, F., & van der Voo, R., (2015): Essentials of Paleomagnetism (*Web Edition*).

ОПЕРАЦИОНА ГЕОЛОШКА ИСТРАЖИВАЊА КВАЛИТАТА БОКСИТА НА ПОДРУЧЈУ МИЛИЋИ-СРЕБРЕНИЦА

OPERATIONAL GEOLOGICAL RESEARCH OF QUALITY OF BAUXITE AT LOCATION OF MILICI – SREBRENICA

М.Тодоровић¹, Р.Бјелановић², Г.Симић³, Б.Голић⁴

АД,,БОКСИТ,,^{1,2,3,4} - Милићи, Република Српска БиХ

Кључне ријечи : операциона истраживања, бокситоносно лежиште, минералозна испитивања

Key words: operational research, deposit of bauxite, bauxite, research of minerals, module

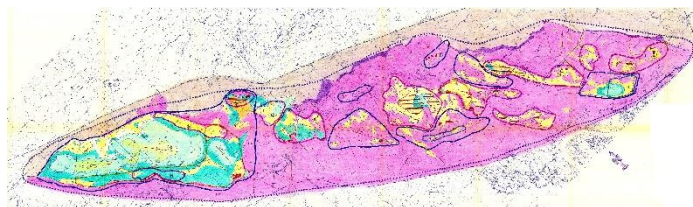
Rezime:

На основу резултата геолошких истраживања овог подручја добили смо различите параметре квалитета минералне сировине боксита који нам говоре о различитим економским ефектима.

Повод писања овог рада је да прикаже даљи смјер, проспекцију и оцјену истраживања бокситне минералне сировине.

Кроз овај рад је доказан процес понашања квалитета минералне сировине и оцјена истраживања, како су сјеверозападна лежишта ванбилансна у односу на југоисточна лежишта.

Добијеним подацима смјер истраживања боксита треба усмјерити на југоисточна лежишта минералне сировине.



Слика 1. Локација скупине лежишта БОКСИТА

Abstract

According to results of geological research of this location, we have obtained different parameters of quality of mineral source of bauxite which indicate various economic effects.

The reason of this project is to show farther direction, recognition and evaluation of research of bauxite's mineral sources.

Throughout of this project is proved that location of quality of mineral source, and evaluation of the research, in which northwest deposits are negative versus southwest deposits.

According to obtained data, direction of the research of bauxite should be directed to southwest deposits of mineral sources.

MINERAL POTENTIAL OF MINING AND PROCESING TAILINGS IN THE ESEE REGION

Robert Šajn, Ph.D., Aleksandra Trenchovska, M.Sc.

Robert Šajn, Ph.D., Geological Survey of Slovenia, robert.sajn@geo-zs.si

Aleksandra Trenchovska, M.Sc., Geological Survey of Slovenia, aleksandra.trenchovska@geo-zs.si

Key words: raw materials, ESEE region, zero waste, mining and processing tailings, innovation

Abstract:

RESEERVE project is a RIS project, related to the EC/EIT objectives for regional innovation development that targets the following 6 countries of the West Balkan: Albania, Bosnia and Herzegovina, Croatia, North Macedonia, Montenegro and Serbia. All aforementioned countries are located in the Eastern and South-Eastern European (ESEE) region, which is identified as one of the priority outreach regions by the Strategic Innovation Agenda of the EIT and as such of particular strategic interest for the European raw materials sector. The West Balkan region is considered to be one of the future potential mineral supply areas of Europe. The large trans-national concerns, as well as SMEs, are aiming to expand their business to the region, but access to relevant data interesting for investors are still hindered in the region. Most EU countries (including Slovenia) are already part of the pan-European Minerals Intelligence Network, in which the West Balkan region represents a gap. The RESEERVE project will be extending the geographical reach of EIT RawMaterials to the ESEE region, help disseminate the knowledge and know-how of the EIT Community, facilitate developing new markets for new technologies, create opportunities for start-ups and SMEs and contribute to new job opportunities. This is directly fitting into the specific KIC's point of view interest in this region. It will be the first step of the integrating process for these 6 task partner countries into the pan-European Mineral Intelligence Network and European minerals market. The main outcome of the project will be a register of available primary and secondary mineral resources data of the West Balkan region, which will be provided by official national data providers (geological surveys). Both; primary and secondary data, will be unified during the project. In the years following the project, the results will represent a platform for ESEE region integration into the pan-European Mineral Intelligence Network and into the common European mineral market.

Although mining and processing tailings can present a substantial risk to the environment, on the other hand they represent valuable sources of secondary and in particular critical raw materials. Serbia and North Macedonia have an abundance of Cu mines which have been exploited since ancient times. These activities generated about 920 M tones of different types of mining, floatation and metallurgical tailings, containing approximately 1.3 M tones of Cu, 128 tones of Ag and 23 tones of Au, which could be a valuable resource for the European raw materials market sector.

The activities of the RIS-CuRE project are based on an innovation model merging all relevant stakeholders within the knowledge triangle in the field of industry, research, and education in

order to increase regional competitiveness based on a regional scale, taking into account the latest know-how of the RIS-CuRE consortium. This innovative approach is based on the zero waste paradigm, which means that, once valuable raw materials such as CRM and other metals are extracted, the residues can be recycled for the construction sector. Such a holistic eco-innovative approach to the extraction of valuable metals and the beneficial use of residues after the extraction of metals provides a guarantee for the successful development of a regional innovation scheme based on the exploitation of tailings, and is, from the economic, organizational, technological, environmental and social points of view, the most viable option. This will lead to the development of an encouraging environment for the boosting entrepreneurship and intrapreneurship in the region, based on the exploration of secondary deposits. The final output of the project will be a strong sustained regional network, based on validated and fact-based data, including a study of the potential economic, technological, organizational (legislative), environmental and social impacts of applying the innovative methodology of the zero waste extraction of valuable materials in Serbia and North Macedonia. Once this has been developed it will be easy to transfer the validated approach to other parts of the ESEE region with similar geological, social, and economic backgrounds, as well as to other parts of Europe, which will create a ripple effect in the further development of more sustainable mining and the processing of primary and secondary raw materials in Europe, and worldwide.

Due to their quantity and composition, mining tailings and metallurgical heaps can pose a substantial risk to environment, while on the other hand representing valuable sources of secondary raw materials, including critical raw materials. South East Europe, including North Macedonia, is rich in deposits of secondary raw materials in the form of mining tailings of polymetallic ores and heaps from the metallurgical industry (e.g. landfills of metallurgical slags) and as such represent a relatively undiscovered potential for the European raw materials market sector. The RIS-RECOVER project activities are based on a quintuple innovation helix approach merging industry, research/education, government, the general public and environment sectors in order to increase regional competitiveness based on a regional background and the latest know-how of the RIS-RECOVER consortium. The innovative approach is based on the zero waste paradigm, which means that, once valuable raw materials like CRM and metals are extracted, the residues can be recycled for the construction sector. Such holistic eco-innovative approach of the extraction of critical raw materials and other metals and the beneficial use of residues from old environmental burdens provide a guarantee for the development of regional innovation scheme which is based on the optimal positioning of the management of old landfills and is the most viable from the economic, organizational, technological, environmental and social point of view. This will lead to development of encouraging environment for boosting entrepreneurship and entrepreneurship in the region based on exploration of secondary deposits. The final output of the project will be a regional innovation scheme based on validated and fact-based data including a study of the potential economic, technological, organizational (legislative), environmental and social impacts of applying the innovative methodology of zero waste extraction of valuable materials in North Macedonia. Once this will be developed it will be easy to transfer the validated approach to other parts of SEE with similar geological, social, and economic background, as well as to other parts of Europe which will create a ripple effect of creating more sustainable mining and processing of primary and secondary raw materials in Europe and globally.

DOLOMITI PLJEŠEVCA (KISELJAK, BiH): KVALITATIVNO-KVANTITATIVNE ODLIKE I DOMEN PRIMJENE

DOLOMITES OF PLJEŠEVAC (KISELJAK, BiH): QUANTITATIVELY-QUALITATIVE FEATURES AND DOMAIN OF APPLICATION

Viktorija Musa¹, Adi Redžić², Armin Hasić³, Elvir Babajić⁴

¹Viktorija Musa, BA. ing. geol., viktorija.musa@hotmail.com

²Adi Redžić, apsolvant, RGGF Univerziteta u Tuzli, adi.rggf@hotmail.com

³Armin Hasić, apsolvant, RGGF Univerziteta u Tuzli, hasic455@gmail.com

⁴Dr. sc. Elvir Babajić, docent, RGGF Univerziteta u Tuzli, elvir.babajic@untz.ba

Korespondent: viktorija.musa@hotmail.com

Ključne riječi: Plješevac, Kiseljak, dolomiti, kvalitativno-kvantitativne odlike, primjena.

Keywords: Plješevac, Kiseljak, dolomites, quantitatively-qualitative features, application.

Sažetak

Trijaski dolomiti Plješevca kod Kiseljaka se, skoro u kontinuitetu, istražuju od 1980-e godine i koriste kao tehnički građevinski kamen. Sintezom rezultata istraživanja i ispitivanja u zadnjih 40-ak godina definisane su kvalitativno-kvantitativne odlike i domen primjene dolomita.

Detaljnim geološkim kartiranjem etaža i istražnih radova, na prostoru od oko 20 ha, definisan je prostorni položaj mineralne sirovine.

Laboratorijska ispitivanja su obuhvatila ispitivanja fizičko-mehaničkih parametara, tehničko-tehnoloških parametara, hemijskog sastava i mineraloško-petrografskog sastava.

Rezultati mineraloško-petrografskih (optička ispitivanja u propuštenom polarizovanom svjetlu) i hemijskih ispitivanja su potvrdili dolomite/dolosparite sa prosječnim vrijednostima $MgO = 19,36\%$ ($MgCO_3 = 40,36\%$), $CaO = 30,55\%$ ($CaCO_3 = 59,63\%$) i gubitak žarenjem = 46,66 %.

Ispitani su i fizičko-mehanički parametri (pritisna čvrstoća u vodozasićenom stanju = 144,7 MPa; upijanje vode 0,71%; poroznost 1,93; test na mraz i dr.) koji zadovoljavaju propisane standarde.

Zaključno sa 2014. godinom, Elaborirane su eksploatacione rezerve (A+B+C₁) od oko 7,5 miliona m³. Geološko-ekonomskom ocjenom je utvrđena rentabilnost (R) od 1.5 KM po jedinici proizvoda, vijek trajanja ležišta od 75 godina (na osnovu godišnje proizvodnje od 100.000 m³) i ukupna vrijednost ležišta od oko 11,2 miliona KM.

Evaluacijom prethodnih rezultata i rezultata tehnoloških ispitivanja (frakcije agregata 0 - 4 - 8 - 11 - 16 - 32 - 63 mm) definisan je domen primjene predmetne mineralne sirovine:

- kameni agregat za proizvodnju armiranog i prednapregnutog betona,
- kameni agregat za izradu donjih nosivih (tampon) slojeva u putogradnji,
- kao punilo (uz dopunska ispitivanja) u drugim industrijskim granama.
- za izradu maltera sa uobičajenim vezivima kao što su kreč, cement i gips.

Abstract

Triassic dolomites of Plješevac, near Kiseljak, have been investigated almost continuously since 1980s and used as a technical building stone. The synthesis of the research results and testing in the last 40 years has defined quantitatively-qualitative characteristics and the domain of dolomite application.

Detailed geological mapping of benches and exploration works in the area of about 20 ha, have defined the position of mineral raw material.

Laboratory tests were included examination of physical – mechanical parameters, technical – technological parameters, chemical composition and mineralogical – petrographic composition. The results of mineralogical - petrographic (optical examination in transmitted polarized light) and chemical tests were confirmed by dolomite/dolosparite with average values of MgO = 19,36 % (MgCO₃ = 40,36 %), CaO = 30,55 % (CaCO₃ = 59,63 %) and LOI = 46,66 %.

Physical - mechanical parameters (compression strength in water-tight condition = 144,7 MPa, water absorption 0,71%, porosity 1,93, frost test etc.) were also investigated, which satisfies the prescribed standards.

Concluded with 2014.y., exploratory reserves have been elaborated (A + B + C1) of about 7,5 million m³. The geo-economic evaluation has determined the profitability (R) of 1,5 KM per unit of product, lifetime of ledge 75 years (based of annual production of 100 000 m³) and the total value of the deposit of about 11,2 million BAM.

By evaluating the previous results and the results technological tests (aggregate fractions 0 - 4 - 8 - 11 - 16 - 32 - 63 mm) application of the mineral raw material is defined:

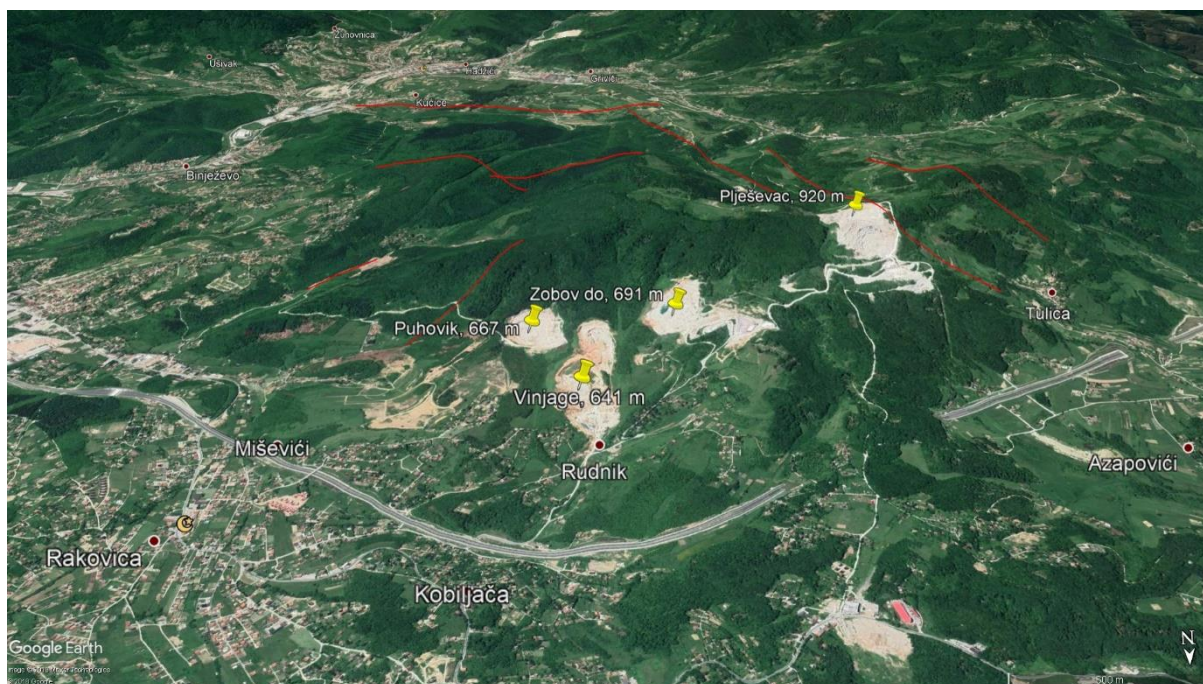
- stone aggregate for the production of reinforced and prestressed concrete,
- stone aggregate for the production of lower supporting (tampon) layers in road construction,
- as a filler (with supplementary tests) in other industrial branches and
- for making mortars with conventional binders such as limestone, cement and gypsum.

1. Uvod

Dolomiti pripadaju grupi sedimentnih karbonatnih stijena, koje u većini slučajeva imaju vrlo malo primjesa, pa se mogu smatrati skoro monomineralnim (*Tišljar, 1994*).

Ležište dolomita „Plješevac“ je situirano na oko 15 km od Sarajeva, odnosno oko 3 km JZ od naselja Rakovica, u neposrednoj blizini koridora Vc. U neposrednoj blizini aktivni su i kamenolomi Zobov do, Vinjage i Puhovik u kojima se takođe proizvodi tehnički građevinski kamen (slika 1). Eksploatacija dolomitnih stijena na lokalitetu Plješevac, kao tehničkog građevinskog kamena, vrši se u prekidima skoro pola vijeka.

Prva geološka istraživanja su započeta 1962. godine u cilju izrade osnovne geološke karte (*Jovanović et al., 1962 - 1967*), a prve rezerve su elaborirane dvadestak godina kasnije (*Veljković, 1981*).



Slika 1 – Pozicija kamenoloma na kojima se vrši eksploatacija dolomita

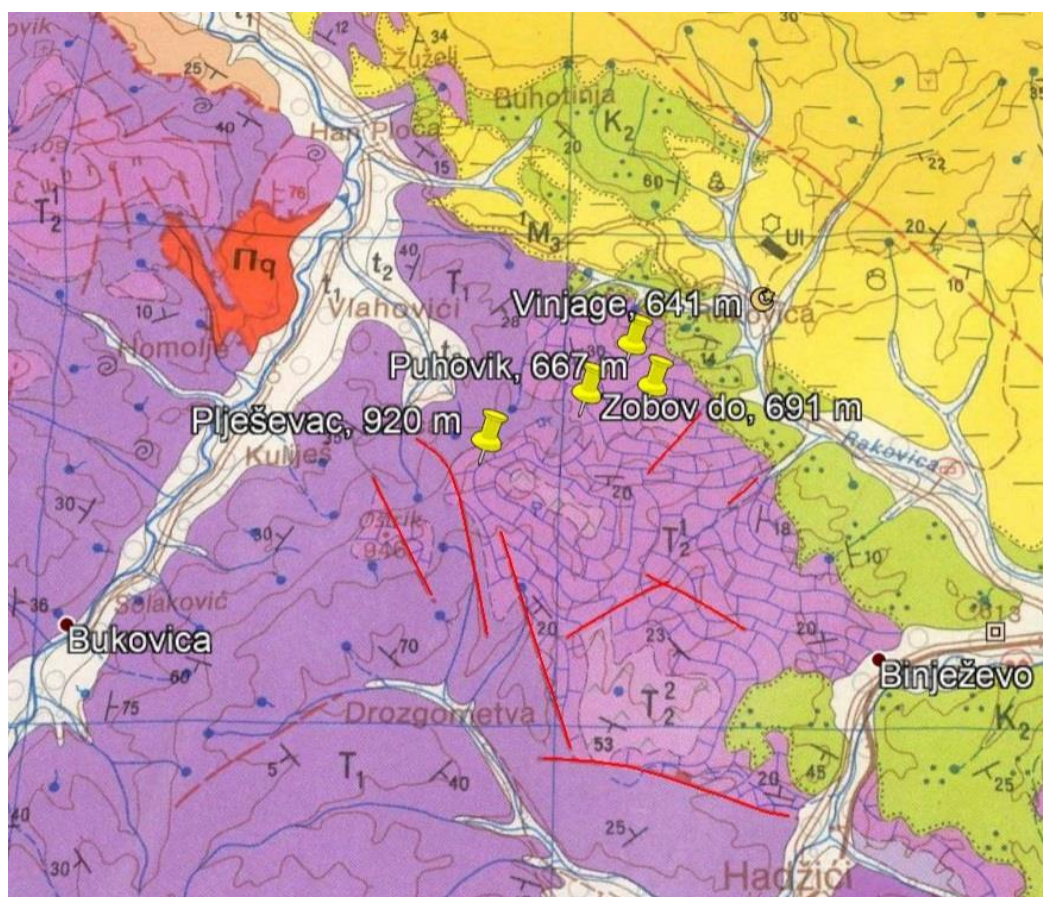
2. Geološka građa šire okoline

U geološkoj građi šire okoline najstariji su paleozojski kvarcporfiriti, SZ od ležišta (slika 2). Podređene permske tvorevine su predstavljene konglomeratima, pješčarima i glincima, koji su u transgresivnom odnosu ka stijenama paleozoika.

Najzastupljeniji su mezozojski sedimenti. Donjotrijaske tvorevine su na osnovu nalaska odgovarajuće faune i izvjesnih litoloških razlika u sastavu u pojedinim dijelovima ovih jedinica, raščlanjene na sajske i kampilske naslage. Sajske (T_1^1) naslage grade tankoslojeviti pješčari, glinci i glinovito - pjeskoviti krečnjaci koji leže kontinuirano preko permotrijaskih sedimenata, a kampilske (T_1^2) naslage se sastoje od pjeskovitih laporaca, laporovitih krečnjaka i krečnjaka sa interkalacijama glinovitih sedimenata. U najvišim horizontima zastupljeni su finokristalasti krečnjaci sa kalcitskim žicama i sa mjestimičnim interkalacijama glinaca.

Naslage donjeg dijela srednjeg trijasa - anizik (T_2^1) pripadaju dolomitno - krečnjačkom razvoju. To su uglavnom, bankoviti a rjeđe masivni, sivo bijeli dolomiti i svijetlosivi do crvenkasti krečnjaci. Ove naslage leže neposredno preko donjotrijaskih klastita. U strukturnom pogledu, krečnjaci i dolomiti anizika izgrađuju uglavnom sinklinalne forme ili se pojavljuju u vidu manjih, tektonski izolovanih masa, koje predstavljaju erozione ostatke ranijih krečnjačkih kompleksa. Odnos ovih anizičkih tvorevina je uglavnom normalan tj. predstavlja kontinuitet. Dakle, preko klastita donjeg trijasa kontinuirano slijede krečnjaci anizika, koji formiraju blage strukture ili u vidu krutih ploča smješteni u hipsometrijski najviše dijelove planinskog masiva. Rjeđe se konstatuju kretanja krečnjačke mase preko plastične donjotrijaske podloge u vidu dekolmana. Odnos anizičkih krečnjaka i dolomita prema mlađim, ladinničkim sedimentima također je normalan - kontinuiran, uz napomenu da u ladiniku dolazi do bitnih promjena zbog uticaja poznate srednjotrijaske, vulkanske aktivnosti.

Ladiničke tvorevine (T_2^2) su predstavljene krečnjacima sive ili crvenkaste boje, jedri, tanko uslojeni i obično sadrže nodule rožnaca. Po površini slojevitosti su naborani.



Slika 2 – Geološka karta šire okoline Plješevca (OGK list Sarajevo, R – 1 : 100 000)

Transgresivno preko ladiničkih tvorevina dolaze flišne tvorevine gonje krede (K_2) izgrađene od brečastih krečnjaka i kalkarenita, laporovitih krečnjaka, pješčara i glinaca te ostataka rožnaca i silifikovanih krečnjaka.

Koševski slojevi (M_3) su transgresivni preko paleozoika i mezozoika. Pretežno su izgrađeni od glina, slabo vezanih glinovitih pješčara i pijeska, lapora, alevrolita, a podređeno se pojavljuju i bankovi organogenih – kongerijskih krečnjaka.

Kvartarne riječne terase (t_1 i t_2) su izgrađene od slabo vezanih i sortiranih šljunkovito – pjeskovitih nanosa u kojima dominiraju valutice pješčara i škriljaca okolnih starijih stratigrafskih članova. U najstarijoj terasi su najčešće cementovani (Jovanović *et al.*, 1962 – 1967; Jovanović *et al.*, 1978).

U tektonskom pogledu, predmetni teren pripada strukturno-facijalnoj jedinici bosanske škriljave planine, odnosno tektonskoj jedinici Hadžići. U sastav tektonske jedinice Hadžići ulaze škriljavi laporoviti krečnjaci permo-trijasa, pješčari, laporci i krečnjaci sajskog i kampilskog potkata donjeg trijasa, zatim dolomiti i krečnjaci anizijskog kata i ladinska vulkanogeno-sedimentna formacija. Odnos sa tektonskom jedinicom Bradina - Tarčin jedinicom je dekolmanski. Upoređivanjem sinoptičkog dijagrama slojevitosti ovog prostora sa sinoptičkim dijagramom planarnih elemenata u tvorevinama paleozoika pokazuje velike razlike u sklopu. Ova nesaglasnost, takođe, potvrđuje dekolmanski odnos između tvorevina mezozoika i paleozoika (Jovanović *et al.*, 1978).

2.1. Geološke karakteristike ležišta

Ležište “Plješevac” je najvećim dijelom izgrađeno od dolomita. U centralnom i južnom dijelu ležišta konstatovani su dolomitični krečnjaci koji su dosadašnjim radovima izeksploatisani.

Dolomiti su u tektonskom odnosu sa starijim, donjotrijaskim sedimentima. Ovu litostratigrafsku jedinicu grade masivni, rjeđe bankoviti, tamnosivi i bijeli dolomiti u kojima fauna nije pronađena. Karakteristična je velika ispucalost stijenskog masiva u dva dominantna pukotinska sistema. Masivni dolomiti su najviše zastupljeni u ležištu, a predstavljeni su sivim i svijetlosivim, tvrdim i vrlo tvrdim dolomitima, crvenkasto i žućkasto obojenim od prisutnih hidroksida željeza (slika 3).



Slika 3 – Vršna etaža kamenoloma Plješevac

Ležište je u aktivnoj eksploataciji sa otvorenim etažama na kotama 796, 806, 850 900, 910 m. Na ležištu je u velikom obimu uklonjen humusni pokrivač, pa je cijelo ležište dostupno kontinuiranom istraživanju.

Sjevernu i zapadnu granicu ležišta određuje tektonski kontakt sa donjotrijaskim sedimentima. Istočna granica nije određena (izuzev konturom istražnog prostora), a dolomiti se kontinuirano nastavljaju prema jugu u pravcu Hadžića. Jugoistočna i južna granica, također, nije određena, jer se dolomiti u kontinuitetu dalje nalaze prema Batalovom brdu. Širina ležišta je promjenljiva i iznosi od 300 do 400 m, dužina iznosi oko 500 m, maksimalna debljina 300 m.

U dolomitnom tijelu se na osnovu intenziteta ispucalosti može pretpostaviti postojanje nekoliko lokalnih rasjeda. Na njihovo postojanje ukazuju uočene rasjedne zone sa ispunom od dolomitne drobine, dijelom slabo vezane breče i dolomitnog grusa, širine od 1 do 2 m. Boja rasjednih

drobina i breča je žućkasto-crvena, a grusa svijetlosmeđa.

Potrebno je istaknuti da su prisutne brojne pukotine - sistemi koji imaju pružanje prema sjeveru i sjeveroistoku pod uglom 60 do 80°, sjeverozapadu pod uglom 40 do 70°, jugu pod uglom 65 do 85°. Rastojanja između pukotina u ovim sistemima su centimetarsko-decimetarska. Pukotine su bez ispune. U dijelovima ležišta gdje su rastojanja između pukotina vrlo mala, najčešće centimetarska, došlo je do intenzivne grusifikacije, gdje je dolomit transformisan u dolomiti pijesak (grus) (slika 4 a i b).



Slika 4 – a) Transport grusifiranog dolomita; b) intenzivna ispucalost dolomita

2.1.2. Hidrogeološke i inženjerskogeološke karakteristike ležišta

U hidrogeološkim klasifikacijama ovako dezintegrirane stijene predstavljaju vodosabirnike sa izraženom pukotinskom poroznošću, ali zbog izražene grusifikacije i zapunjenosti pukotina njihovo je kretanje ograničeno na izraženije rasjedne zone. Veličina dolomitnog tijela ne dopušta mogućnost akumulacije većih količina vode u njemu. Relativna blizina nepropusnih verfenskih sedimenata ne uzrokuje akumuliranje vode iz razloga što je ležište locirano u višim dijelovima većeg dolomitnog tijela.

Dolomiti srednjeg trijasa se karakterišu intenzivnom ispucalošću i nešto debljom zonom površinskog raspadanja. Terenskim istraživanjima uočeni su dominantni sistemi pukotina koji imaju zalijeganje prema sjeveru i sjeveroistoku pod uglom 60 do 80°, sjeverozapadu 40 do 70°, jugu sa padom od 65 do 85°, sistem vertikalnih i subvertikalnih pukotina pravca pružanja sjever – jug i sjeverozapad-jugoistok. Na eksploatacionim etažama pukotine prvog i drugog sistema u kombinaciji sa vertikalnim pukotinama pravca pružanja sjever – jug i sjeverozapad-jugoistok mogu da imaju izrazito negativan uticaj na stabilnost kosina etaža. Negativan uticaj se ogleda u tome da može da dođe do odronjavanja većih dijelova stijenskog materijala i do rušenja etaža, ako su predimenzionirane.

Anizotropija je izražena po većini karakteristika, te je izdijeljenost stijenske mase određena slojevitošću i klivažom. U ovim stijenama je često razvijena relativno debela zona raspadanja, pa nije rijetka pojava konsekventnih kliženja raspadine po supstratu (Đulović, 2007; Šerifović i Salkić, 2015).

3. Metode istraživanja i ispitivanja

Kontinuitet terenskih istraživanja traje od 1980. godine. Detaljnim geološkim kartiranjem zasjeka, otvorenih etaža i geoloških istražnih radova prikupljen je obiman faktografski materijal koji je podvrgnut i laboratorijskim ispitivanjima.

Laboratorijska ispitivanja su sadržana u obimnim analizama fizičko-mehaničkih parametara, granulometrijskim analizama, analizama hemijskog sastava, mineralno-petrografskim ispitivanjima i tehnološkim ispitivanjima.

Svi vidovi istraživanja i ispitivanja su imali za cilj definisati kvalitativno-kvantitativne parametre i domen primjene ove mineralne sirovine. Metodologija istraživanja i ispitivanja se sastojala u faznom pristupu - od terenskih, geodetskih, rudarskih, geoloških, laboratorijskih i kabinetskih radova.

4. Rezultati istraživanja i ispitivanja

Ispitivanja hemijskog sastava dolomita

Prilikom ranijih istraživanja (1980 - 2007.) rađena su brojna ispitivanja hemijskog sastava uzoraka koja su nastavljena 2014 / 2015. godine na uzorcima iz istražnih bušotina (B-1, B-2, B-3 i B-4). Rezultati ispitivanja hemijskog sastava dolomita su prikazani u tabeli 1. U okviru ovih ispitivanja rađena je alkalno-dolomitna reaktivnost koja potvrđuje mogućnost dugotrajne otpornosti betonskih konstrukcija napravljenih od ovog materijala.

Tabela 1

period 1980. - 2007. godina						
Oznake probe	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	GŽ
Bp-1/80 (0,00 – 5,00)	0.54	0.07	0.18	33.85	18.90	46.27
Bp-1/80 (5,00 – 10,00)	0.53	0.22	0.25	32.53	20.00	46.73
Bp-1/80 (10,00 – 15,00)	0.45	0.20	0.26	32.17	20.90	46.58
Bp-1/80 (15,00 – 25,00)	0.42	0.25	0.26	32.56	20.06	46.70
Bp-2/80 (0,00 – 5,00)	0.22	0.21	0.26	36.64	16.78	46.32
Bp-2/80 (5,00 – 10,00)	0.14	0.23	0.29	32.66	20.05	47.19
Bp-2/80 (10,00 – 15,00)	0.39	0.11	0.14	32.47	19.48	47.45
Bp-2/80 (15,00 – 25,00)	0.05	0.08	0.06	32.30	19.87	47.60
Bp-3/80 (0,00 – 5,00)	0.16	0.19	0.17	31.52	20.64	47.23
Bp-3/80 (5,00 – 10,00)	0.54	0.33	0.30	32.12	20.00	47.08
Bp-3/80 (10,00 – 15,00)	0.51	0.20	0.71	33.27	19.22	46.69
Bp-3/80 (15,00 – 25,00)	0.38	0.32	0.09	33.56	18.85	46.76
Bp-4/80 (0,00 – 10,00)	0.02	0.17	0.31	32.02	20.36	47.23
Bp-4/80 (10,00 – 20,00)	0.06	0.14	0.26	31.88	20.91	47.08
Bp-5/80 (0,00 – 10,00)	0.08	0.08	0.07	31.40	20.60	47.08
Bp-5/80 (10,00 – 25,00)	0.22	0.17	0.08	32.12	20.28	47.74
GP-30/80(H)	0.11	0.17	0.06	31.94	20.20	47.08
VP-75/80(H)	0.10	0.12	0.06	32.88	20.78	45.93
GP-12/80(H)	0.10	0.15	0.06	30.86	21.97	47.10
VP-84/80-p9(H)	0.03	0.13	0.05	33.27	20.62	45.45
GP-8/80(H)	0.22	0.17	0.10	32.45	20.44	46.74

GP-8/80(H)	0.22	0.17	0.10	32.45	20.44	46.74
GP-9/80(H)	0.08	0.17	0.06	33.69	19.96	46.61
GP-1/80(H)	0.04	0.15	0.04	44.94	10.14	44.78
P ras.-7/80	0.52	0.55	0.30	39.24	14.93	43.98
P ras.-13/80	0.03	0.15	0.05	36.91	16.49	45.98
period 2014. - 2015. godina						
B1	0.26	0.02	0.09	30.90	21.48	47.41
B2	0.39	0.03	0.10	30.66	21.58	47.39
B3	0.30	0.03	0.11	31.15	21.39	47.32
B4	0.38	0.07	0.12	32.10	20.20	47.12

Mineraloško – petrografska ispitivanja

Mineraloško - petrografskim ispitivanjima su konstatovani dolomiti - dolospariti.

Sive su boje, mikrokavernozni, ravnih i hrapavih prelomnih površina. Prelomne ivice su oštre. Reakcija na razblaženu HCl kiselinu je neznatna. Optičkim ispitivanjima je utvrđeno da je glavni petrogeni mineral dolomit (preko 95%). Zrna dolomita se pojavljaju kao osnova, kada su sitnozrnija (0,04 - 0,06 mm) i kao klasti (0,3 - 0,4 mm). Krupnija zrna su gusto pakovana (zrno do zrna), često tvore nepravilne nakupine, mjestimično zadiru jedna u druge. Na krupnijim zrnima se uočavaju dva sistema prslina čije presjecište tvori forme romba. Fosilni ostaci nisu konstatovani. Od opakih minerala konstatovan je piroluzit i limonit u vidu skrame (Barić, 1964; Folk, 1969; Adams et al., 1997).

Fizičko – mehanička ispitivanja

U tabeli 2 su prikazani rezultati ispitivanja fizičko-mehaničkih parametara. Rezultati za period 1980 - 2007. godina, zbog obimnosti podataka, su prikazani kao srednja vrijednost. U zadnjoj koloni su prikazane srednje vrijednosti svih dosadašnjih ispitivanja (1980 / 2014).

Tabela 2

Ispitana svojstva, jedinica i standard	B-3/14			B-4/14			1980-2007	2014
	1	2	3	1	2	3	sr.vr.	sr.vr.
uzorak								
Pritisna čvrstoća u suhom stanju (MPa) JUS B.B8.012 max.	154	168	181	153	234	153	158.2	166.2
min.	108	121	120	112	192	143		
sr. vr.	127	146	144	129	213	198		
Pritisna čvrstoća u vodozasićenom stanju (MPa) JUS B.B8.012 max.	138	158	143	116	213	154	135.2	144.7
min.	96	116	91	87	191	117		
sr. vr.	125	139	123	98	204	139		
Pad pritisne čvrstoće (%) JUS B.B8.012	1.57	4.79	14.58	24.03	4.22	29.79		17.2
Upijanje vode (%), JUS B.B8.012	0.14	0.44	0.7	1.17	0.28	0.77		0.71

Zapreminska masa sa porama i šupljinama (g/cm ³) JUS B.B8.032	2.793	2.794	2.76	2.699	2.722	2.727		2.73
Zapreminska masa bez pora i šupljina (g/cm ³) JUS B.B8.032	2.825	2.829	2.814	2.787	2.743	2.785	2.8	2.8
Koeficijent zapreminske mase JUS B.B8.032	0.989	0.988	0.981	0.968	0.992	0.979		0.98
Poroznost (%) JUS B.B8.032	1.133	1.237	1.919	3.158	0.766	2.083		1.93
Otpornost na habanje struganjem (cm ³ /50 cm ²)							20.99	20.99
Postojanost na mraz							0.026	0.026

Tehnološka ispitivanja

U cilju potvrđivanja mogućnosti primjene dolomita za proizvodnju agregata za beton i asfalt izvršeno je ispitivanje uzoraka kamena i kamene mješavine frakcija drobljenog agregata (0 - 4 mm, 4 - 8 mm, 8 - 16 mm i 32 mm), sukladno normama BAS EN 12620+A1:2009.

Rezultati potvrđuju domen primjene:

- kameni agregat za proizvodnju betona i maltera,
- kameni agregat za izradu donjih nosivih (tampon) slojeva u putogradnji i
- kao punilo (uz dopunska ispitivanja) u drugim industrijskim granama.

5. Diskusija

Kvalitativne karakteristike dolomita su definisane kroz ispitivanje fizičko-mehaničkih parametara, ispitivanja hemijskog i mineraloško-petrografskog sastava. Prosječne vrijednosti fizičko-mehaničkih parametara (jednoosna čvrstoća 166,2 MPa; upijanje vode 0,72 %; poroznost 1,93 %, postojanost na mraz itd.) zadovoljavaju uslove definisane Pravilnicima a u cilju primjene u različite svrhe u građevinarstvu.

Hemijski i mineraloško-petrografski sastav ne predstavljaju smetnju da se dolomiti koriste u širokom dijapazonu u građevinarstvu. Hemijski sastav govori u prilog čistoći stijenske mase. Statistički su obrađeni rezultati ispitivanja hemijskog sastava dolomita, tabela 3.

Tabela 3

period 1980. - 2014. godina						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	GŽ
min.	0.02	0.02	0.04	30.66	10.14	41.55
max.	0.54	0.55	0.71	44.94	21.97	45.90
sr. vr.	0.25	0.18	0.18	33.50	19.36	43.83
medijana	0.12	0.19	0.18	32.11	20.24	46.92
st. dev.	0.18	0.10	0.14	2.84	2.30	0.92
koef. var.	32.91	18.67	19.19	6.31	10.46	1.99

Nizak sadržaj štetnih Si, Al i Fe (0,18 – 0,25 %) i karakterističan sadržaj CaO (32.11 %) i MgO

(20.24 %) ukazuje na čistoću mineralne sirovine po pitanju hemijskog sastava. Potvrda dolomitskog sastava se vidi i iz vrijednosti CaCO_3 (57.16 %) i MgCO_3 (42.30 %), gdje je u odnosu na stehiometrijski čist dolomit (54.23 : 45.77) povišen sadržaj Ca i snižen sadržaj Mg. Vrijednosti medijane svih parametara su bliske srednjim vrijednostima, što ukazuje da su nepravilne asimetrične distribucije podataka vrlo slabo izražene (Tadić, 2017). Niske vrijednosti standardne devijacije (0,10 - 2,84) ukazuju na vrlo malu rasijanost podataka (Bland & Altman, 1996). Na osnovu vrijednosti koeficijenta varijacije (1,99 - 19,19 %) varijabilitet podataka je vrlo slab (1 - 10 %) do relativno slab (10 - 30 %), osim kod SiO_2 gdje je umjeren (30 - 50 %) (Serdar i Šošić, 2000; Šošić, 2004).

U zadnjem Elaboratu (Šerifović & Salkić, 2015) izvršena je klasifikacija i kategorizacija rezervi dolomita (tabela 4).

Tabela 4

kategorija rezervi	Geološke rezerve (m ³)		Eksploatacione rezerve (m ³)
	osnovna metoda	kontrolna metoda	gubici 5%
A	2.425.682,94	2.368.530,00	2.304.398,79
B	2.789.018,49	2.979.242,00	2.649.567,56
C ₁	2.642.922,23	2.705.188,00	2.510.776,12
suma	7.857.623,66	8.052.960,00	7.464.742,47

Struktura rezervi zadovoljava zakonske akte iz oblasti rudarstva ($A+B > 60\%$; $A > 10\%$).

U cilju dokazivanja prostornog zalijeganja mineralne sirovine - dolomita, vršeno je dugogodišnje kontinuirano istraživanje. Odnos utrošenih sredstava za istražne radove (140.000 KM) i elaboriranih rezervi (oko 7.860.000 m³) potvrđuje visoku efektivnost izvršenih istraživanja i opravdava dosadašnja ulaganja u istražne radove (1m³ dolomita je opterećen sa 0,018 KM istražnih radnji).

Na osnovu podataka o učešću pojedinih frakcija u 1 m³ korisne mineralne sirovine, gdje je frakcija 0 - 4 mm zastupljena sa 35%, dok ostali proizvodi imaju podjednako učešće, dobijena je prosječna prodajna cijena dolomita - 16,0 KM/m³.

Rentabilnost proizvodnje u formi relativne stope iznosi 10,3 %, odnosno 1,5 KM po jedinici proizvoda. Na osnovu predviđene godišnje proizvodnje od 100.000 m³ i elaboriranih eksploatacionih rezervi od 7.464.742,5 m³, proizilazi da vijek eksploatacije iznosi 74.6 godina. Razlika prodajne (16 KM) i proizvodne cijene (14.5 KM) dolomita, u korelaciji sa ostalim ekonomskim parametrima, ukazuje na uslovnu vrijednost ležišta od 11,2 miliona KM.

Zaključak

Dolomiti kamenoloma „Plješevac“, spadaju u grupu karbonatnih stijena, a zbog vrlo malo primjesa, mogu se svrstati skoro u monomineralne. Istraživanja i eksploatacija dolomita se vrši skoro pola vijeka, sa kraćim prekidima.

Terenskim i laboratorijskim metodama istraživanja i ispitivanja su definisane kvantitativno-kvalitativne odlike i domen primjene ove mineralne sirovine.

U pogledu hemijskog sastava, nisu zabilježena variranja koncentracija bitnih oksida CaO - 32.11 %, MgO - 20.24 % i gubitak žarenja - 46.92 %, Sadržaj štetnih komponenti je nizak.

Mineraloško-petrografskim analizama su konstantovani dolospariti.

Prosječne vrijednosti fizičko-mehaničkih parametara (jednoosna čvrstoća 166.2 MPa, upijanje vode 0.72%, poroznost 1.93%, postojanost na mraz 0.026% itd) zadovoljavaju uslove definisane Pravilnicima, te se tako mogu primjenjivati u različite svrhe u građevinarstvu.

Prethodno navednim i tehnološkim ispitivanjima definisan je domen primjene dolomita:

- kameni agregat za proizvodnju betona i maltera,
- kameni agregat za izradu donjih, nosivih slojeva u putogradnji (tampon) i
- kao punilo u drugim industrijskim gradnjama.

Struktura rezervi zadovoljava zakonske akte iz oblasti rudarstva ($A+B > 60\%$; $A > 10\%$).

Istražnim radovima se potvrđuje visoka efektivnost izvršenih istraživanja i opravdavaju se dosadašnja ulaganja u istražne radove na što ukazuje i vijek trajanja od skoro 75 godina pri godišnjoj proizvodnji od 100 .000 m³.

Zahvala

Zahvaljujemo se firmi „Baumit Kamen“ d.o.o. Ilidža na ustupljenoj dokumentaciji i pomoći oko terenskih istraživanja kamenoloma dolomita „Plješevac“ – Rakovica.

Reference

1. Adams, E. A., MacKenzie W.S. & Guilford C., (1997): Atlas of sedimentary rocks under the microscope, London, UK.
2. Barić, Lj. (1964): Mikrofiziografija petrogenih minerala, Zagreb
3. Bland, J.M. & Altman, D.G. (1996): Statistics notes: measurement error.
4. Đulović I. (2007): Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i obračunu rezervi tehničkog građevinskog kamena u ležištu dolomita “Plješevac” kod Kiseljaka. FSD RGGF u Tuzli.
5. Folk, R. (1969): Klasifikacija karbonatnih i klastičnih stijena, Geološki glasnik br. 13, prevod: Pamić, J., & Sijerčić, Z., Sarajevo.
6. Janković S., (1968): Metode oprobavanja i obračuna rezervi mineralnih sirovina, Beograd.
7. Jovanović R., Mojićević M., Tokić S., Rokić LJ. (1962-67): OGK, list Sarajevo, 1:100.000, Zavod za inženjersku geologiju i hidrogeologiju građevinskog fakulteta Sarajevo.
8. Jovanović R., Mojićević M., Tokić S., Rokić LJ. (1978): Tumač za OGK, list Sarajevo, 1:100.000, Zavod za inženjersku geologiju i hidrogeologiju građevinskog fakulteta Sarajevo i Institut za geološka istraživanja Sarajevo.
kamena u ležištu dolomita “Plješevac” kod Kiseljaka. FSD “Dolomit” Kiseljak.
9. Serdar, V. i Šošić, I. (2000): Uvod u statistiku. Školska knjiga, Zagreb.
10. Šerifović E. i Salkić, E. (2015): Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i obračunu rezervi tehničkog građevinskog kamena na ležištu dolomita „Plješevac“ kod Kiseljaka (stanje na dan

- 31.12. 2014. god.). Cerberus d.o.o., Tuzla.
11. Šošić, I. (2004): Primijenjena statistika. Školska knjiga, Zagreb.
 12. Tadić, T. (2017): Artimetička sredina i standardna devijacija. Poučak 69.
 13. Tišljar, J. (1994): Sedimentne stijene, Zagreb.
 14. Tišljar, J. (2001): Sedimentologija karbonata i evaporita. Institut za geološka istraživanja. Zagreb.
 15. Veljković D. (1981): Elaborat o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi tehničkog građevinskog kamena u ležištu dolomita "Plješevac" kod Kiseljaka. FSD "Dolomit" Kiseljak.

UČEŠĆE SRBIJE NA PROJEKTU RESEERVE

SERBIAN PARTICIPATION IN THE RESEERVE PROJECT

Dr Vladimir Simić, Dr Ivica Ristović, Dr Rade Jelenković, Dr Dragana Životić, Mr Zoran Draško

Dr Vladimir Simić, redovni profesor, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet,
vladimir.simic@rgf.bg.ac.rs

Dr Ivica Ristović, redovni profesor, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet

Dr Rade Jelenković, redovni profesor, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet

Dr Dragana Životić, redovni profesor, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet

Mr Zoran Draško, samostalni stručni saradnik, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet

Ključne reči: primarna ležišta mineralnih sirovina, tehnogena ležišta mineralnih sirovina, baza podataka, projekat RESEERVE

Key words: primary mineral deposits, secondary mineral deposits, database, RESEERVE project

Uvod

Ležišta primarnih i sekundarnih mineralnih sirovina su od strateškog značaja za ekonomiju Evropske Unije, s obzirom na različitu, ali generalno malu pokrivenost njihovom proizvodnjom iz sopstvenih izvora. Stoga je većina zemalja Evrope već pokrivena sve-evropskom mrežom mineralnih podataka (pan-European Minerals Intelligence Network), osim zemalja jugoistočne Evrope. Stoga je pokrenut projekat RESEERVE, kao deo programa RIS KAVA, sa ciljem da se napravi baza podataka mineralnih sirovina u šest država JI Evrope: Albaniji, Bosni i Hercegovini, Crnoj Gori, Hrvatskoj, Severnoj Makedoniji i Srbiji, i uklopi u postojeće mreže podataka.

Projekat RESEERVE predstavlja prvi korak u primeni strategije EIT RawMaterials RIS sa ciljem uspostavljanja saradnje među državama koje još nisu partneri u EIT RawMaterials kroz predviđene osnovne rezultate:

- Stvaranje Registra mineralnih sirovina zapadnog Balkana za primarne i sekundarne mineralne sirovine;
- Formiranje zajednice za mineralne sirovine JI Evrope sa ciljem utvrđivanja postojećih dostupnih informacija i ubuduće potrebnih daljih podataka o ležištima mineralnih sirovina država zapadnog Balkana;
- Povećanje kapaciteta država zapadnog Balkana za održivo upravljanje mineralnim sirovinama na nacionalnom nivou;
- Osiguranje dovoljnog protoka informacija o mineralnim sirovinama za evropsku industriju sa ciljem razvoja poslovne saradnje i ulaganja u državama zapadnog Balkana;
- Prenos znanja od strane partnera EIT RawMaterials na područje zapadnog Balkana sa ciljem razvoja novih tržišta, stvaranje prilika za nove i postojeće male i srednje kompanije, otvaranje novih radnih mesta i stvaranje dodatne vrednosti u industriji mineralnih sirovina.

- Dodatni podaci o projektu mogu se naći na adresi:
<https://eitrawmaterials.eu/project/reseerve/>.

Realizacija projekta RESEERVE u Srbiji

- Tokom realizacije projekta u prvih 18 meseci, tim Rudarsko-geološkog fakulteta je definisao sledeće:
- Listu potencijalno zainteresovanih učesnika/korisnika rezultata, grupisanih u nekoliko kategorija kao što su: ministarstva i instituti, državne agencije, profesionalne i stručne agencije i udruženja, industriju, akademske institucije i istraživačke institucije;
- Ležišta primarnih mineralnih sirovina;
- Lokacije sekundarnih mineralnih sirovina.

Lista potencijalno zainteresovanih učesnika/korisnika rezultata obuhvata oko 60 institucija i kompanija vezanih direktno ili indirektno za industriju mineralnih sirovina, od kojih je najveći broj iz industrije.

Projektom se tražilo da se definiše minimum 50 ležišta primarnih mineralnih sirovina i to prema sledećem kriterijumu/redosledu: ležišta metalčnih mineralnih sirovina, ležište nemetalčnih mineralnih sirovina i ležište sirovina za agregate ukoliko prethodnih nema dovoljno. Na nivou Srbije mi smo do sada definisali 28 postojećih i potencijalnih ležišta metalčnih mineralnih sirovina i 25 postojećih i potencijalnih ležišta nemetalčnih mineralnih sirovina.

Od izdvojenih ležišta metalčnih mineralnih sirovina najveći broj se odnosi na ležišta bakra (obično praćenim zlatom i srebrom), zatim polimetalčna ležište olova i cinka praćenih srebrom i drugim pratećim metalima, kao i dva potencijalna ležišta zlata i jedno molibdena.

Od nemetalčnih mineralnih sirovina izdvojeno je jedno ležište barita, 4 ležišta zeolita, 2 ležišta bornih minerala, jedno ležište Li-B minerala, nekoliko ležišta magnezita i desetak ležišta industrijskih glina (bez opekarskih sirovina) i kvarcnog peska. Ove metalčne i nemetalčne mineralne sirovine trenutno predstavljaju realnu raspoloživu mineralno-sirovinsku bazu Srbije, ne računajući ležišta građevinskih materijala.

U državama EU problematika sekundarnih (tehnogenih) mineralnih resursa (sirovina) predstavlja veoma važan segment ekologije ali i ekonomije. Brojna flotacijska jalovišta, pepelišta termoelektrana i toplana, elektofilterski pepeo, razne vrste topiničkih i drugih šljaka, izazivaju brojne probleme u vezi sa njihovima skladištenjem, zauzimanjem (degradacijom) novih površina zemljišta, kao i sa određenim zagađenjem životne sredine, pa zbog toga i saniranjem posledica tog istog zagađenja. Najlakši i najekonomičniji način sprečavanja zagađenja je maksimalno korišćenje sekundarnih mineralnih sirovina u industriji, zbog čega im je u projektu RESEERVE posvećena velika pažnja.

Iako je u prvih 18 meseci realizacije projekta akcenat bio na primarnim ležištima, prikupljeni su podaci o najznačajnijim jalovištima u Srbiji, pre svega flotacijskim jalovištima rudnika olova i cinka, bakra, kao i napuštenih rudnika antimona. Takođe je izvršeno i preliminarno oprobavanje najvažnijih lokacija, sa ciljem preliminarne karakterizacije jalovišta.

Zahvalnost

Ovaj projekat finansira KIC EIT RawMaterials, na čemu se zahvaljujemo. Takođe se zahvaljujemo Ministarstvu rudarstva i energetike Republike Srbije na pomoći u realizaciji

projekta, kao i svim udruženjima i kompanijama koje su nam pomagale i pomažu tokom rada na projektu.

Introduction

RESEERVE is a RIS KAVA project, focussed on mapping the mineral sources of the six ESEE countries: Albania, Bosnia and Herzegovina, Croatia, Serbia, Montenegro and North Macedonia, currently not included in the existing pan-European data platforms. The main project result will be the creation of the West Balkan Mineral Register for primary and secondary mineral resources. The register will be a starting point to integrate the region into pan-European Minerals Intelligence Network and promote mineral industry in the region.

Further data on the project can be seen at: <https://eitrawmaterials.eu/project/reseerve/>.

Realisation of the RESEERVE project in Serbia

According to the project schedule during first 18 months of the project realisation, team from the Faculty of Mining and Geology in Belgrade prepared the following results:

- List of potentially interested stakeholders and users of results, grouped in several categories such as public institutions, state agencies, professional and other agencies and societies, industry, academic institutions and research institutions;
- List of primary mineral deposits;
- List of secondary mineral resources.

The list of potential stakeholders includes around 60 institutions and companies directly or indirectly related to mineral industry, the majority of them from industrial sector.

Regarding mineral deposits, project asked specifically for a minimum of 50 primary mineral deposits according to the following criteria: metallic mineral deposits, deposits of industrial minerals and, finally, aggregate deposits if there is not enough deposits from the first two groups. At the state level we have defined up to now in Serbia 28 existing and potential deposits of metallic ores and 25 existing and potential deposits of industrial minerals excluding materials for construction industry.

Majority of the selected metallic mineral deposits are copper deposits (usually with Au and Ag), then polymetallic lead and zinc deposits with silver and other metals, as well as two potential gold deposits and one molybdenum deposit.

Deposits of industrial minerals include one barite deposit, four zeolite deposits, two deposits of borates, one Li-B potential deposit, several magnesite deposits and dozen deposits of industrial clays (excluding common clays) and quartz sand. All those metallic mineral resources and industrial minerals represent a real mineral potential of Serbia, again excluding raw materials for construction industry.

In the EU countries, the problem of secondary mineral resources (raw materials) is a very important segment of both ecology and economics. Numerous tailings, bottom ash from coal-fired thermal power plants and heating plants, fly ash, various types of smelter and other slags cause numerous problems related to their storage, occupying (degrading) new fertile land surfaces, as well as with certain environmental pollution, and consequently by remediation of

consequences of that same pollution. The easiest and most economical means of preventing pollution is the maximum use of secondary mineral raw materials in the industry, which is why they have been given special attention in the RESEERVE project.

Although during the first 18 months of the project realization, main accent was on primary deposits, data were collected on the most important waste dumps in Serbia, primarily tailings of lead and zinc, copper, and abandoned antimony mines. Preliminary sampling of the most important locations was carried out, with the aim of preliminary characterization of the waste material.

Acknowledgement

This project is funded by KIC EIT RawMaterials, which is gratefully acknowledged. We are also obliged to Ministry of Mining and Energy of the Republic of Serbia for their help and support, as well as many associations and companies which do help us.

PLANIRANJE SNABDEVANJA AGREGATIMA – PRIMER SRBIJE

AGGREGATE SUPPLY PLANNING – EXAMPLE OF SERBIA

Dr Vladimir Simić, Dr Dragana Životić, Dr Zoran Miladinović, Nevena Andrić

Dr Vladimir Simić, redovni profesor, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet,
vladimir.simic@rgf.bg.ac.rs

Dr Dragana Životić, vanredni profesor, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet

Dr Zoran Miladinović, stručni saradnik, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet

Nevena Andrić, stručni saradnik, Univerzitet u Beogradu – Rudarsko-geološki fakultet

Ključne reči: primarni agregati, sekundarni agregati, planiranje, SNAPSEE, MINATURA2020

Key words: primary aggregates, secondary aggregates, planning, SNAPSEE, MINATURA2020

Abstrakt

Obezbeđivanje održivog snabdevanja resursima agregata predstavlja značajan izazov s obzirom na njihovu ograničenu dostupnost u pojedinim državama/regionima, a naročito kada se za cilj ima održiv regionalni razvoj. Zahvaljujući regionalnim razlikama i istorijskom razvoju, u zemljama Jugoistočne Evrope javljaju se različiti pristupi politici snabdevanja agregatima, planiranju i upravljanju, što umanjuje efikasnost resursa i ekonomski razvoj u ovom regionu. Cilj projekta SNAP-SEE bio je da omogući poboljšanja u planiranju snabdevanja agregatima u Jugoistočnoj Evropi na osnovu principa SARM (održivo planiranje kamenih agregata) i SSM (održivo kombinovano snabdevanje agregatima).

Jedna od osnovnih karakteristika postojećih mineralnih planova u EU jeste rascepanost pojedinih politika između različitih organa, različitih sektorskih planova i različitih nivoa razvijenosti. U većini država poseban Zakon o rudarstvu reguliše eksploataciju mineralnih sirovina koja su u vlasništvu države. Mnoge države Jugoistočne Evrope takođe imaju i mineralnu politiku. Sektorske politike predstavljaju ciljeve vlade, kojima se potpomaže ekonomski, socijalni i ekološki razvoj jedne zemlje. Pravljenje i sprovođenje planova predstavlja obavezu rukovodećih organa.

Nasuprot činjenici da zakoni o rudarstvu postoje, usvajanje posebnih politika i planova ne predstavlja tako široko rasprostranjenu praksu; međutim kreiranje ovakvih planova jeste proces koji je u toku i predstavlja dobru priliku za usvajanje održivih pristupa u regionu.

U Srbiji za sada ne postoji politika planiranja snabdevanja agregatima. Tokom realizacije projekta SNAP-SEE održana su dva kruga konsultacija sa zainteresovanim partnerima - predstavnicima proizvođača i korisnika agregata, državnih institucija, lokalne samouprave, instituta i fakulteta, konsultantskih kuća, NVO i medija.

Najznačajniji zaključci prvih konsultacija bili su da je za početak procesa planiranja snabdevanja agregatima u Srbiji potrebno uraditi sledeće: Definisati zakonsku regulativu po svim pitanjima; Formirati katastar svih proizvođača kamenih agregata u Srbiji; Striktno primeniti zakonsku regulativu po pitanju izdavanja sertifikata o kvalitetu agregata; Suzbiti

ilegalnu eksploataciju kamenih agregata; Vršiti strogi monitoring eksploatacije kamenih agregata od strane inspeksijskih službi i sprečiti ugradnju materijala iz ilegalne proizvodnje; Uvesti sistem subvencija za proizvođače recikliranih agregata i obavezu recikliranja; Sprečiti odlaganje građevinskog otpada na javne deponije.

Posle prvih konsultacija pripremljena su dodatna pitanja za dalju diskusiju – šta treba uraditi da se počne sa planiranjem snabdevanja agregatima. Na drugim konsultacijama zaključeno je da je potrebno da se u Srbiji usvoji Strategija održivog upravljanja mineralnim sirovinama, napravi Mineralni plan, Politika agregata i Plan snabdevanja agregatima. Planiranje je potrebno na Nacionalnom nivou i Regionalnom nivou (nivou okruga), dok za sada na Lokalnom (opštinskom nivou) nije potrebno niti za to ima raspoloživih kapaciteta.

Geološki zavod Srbije treba da obrađuje podatke o stanju sirovinske baze, proizvodnji (i instalisanim kapacitetima za proizvodnju) i potrošnji mineralnih sirovina uključujući i štampanje godišnjaka o mineralnim sirovinama, što treba definisati u Strategiji održivog upravljanja mineralnim sirovinama. Učesnici skupa podržali su inicijativu tima SNAPSEE projekta za izradu Studije mineralne potencijalnosti Srbije na nivou okruga, a po potrebi u daljem radu i na nivou pojedinih opština. Ministarstvo nadležno za mineralne sirovine i rudarstvo treba da bude odgovorno za planiranje snabdevanja agregatima.

Ključni problemi u budućem planiranju snabdevanja agregatima jesu: nepostojanje politike planiranja agregata; nedovoljno precizno i odgovorno planiranje infrastrukturnih projekata; neusklađenost planiranja na državnom nivou; neusklađenost standarda i ispitivanja kvaliteta agregata u različitim dokumentima. Reciklirane i sekundarne agregate treba uključiti u planiranje kroz uvođenje zelenih javnih nabavki i definisanje standarda za korišćenje recikliranih i sekundarnih agregata.

Planiranju snabdevanja agregatima u Srbiji pomoći će i novi EU projekat pod naslovom MINATURA2020 – Razvoj koncepta za Evropski okvir o ležištima mineralnih sirovina, finansiran u okviru programa Horizont 2020 Evropske Komisije, koji se realizuje od početka 2015 kao odgovor na društvene potrebe za čuvanjem ležišta mineralnih sirovina od javnog značaja za budućnost.

Projektom je predviđeno da se definišu ležišta mineralnih sirovina od panevropskog značaja (lista kritičnih mineralnih sirovina), kao i nacionalnog i regionalnog značaja. Ležišta agregata od javnog značaja najvećim delom će biti u kategoriji regionalnog značaja, a pojedina možda i u kategoriji nacionalnog značaja, što će se definisati tokom realizacije projekta.

Abstract

Securing sustainable supply of aggregates resources is an important challenge due to their limited availability in some countries/regions, particularly when aiming at sustainable regional development. Due to the regional differences and historical development, there are diverse approaches to aggregates policies, planning and management in South East Europe, which is affecting resource efficiency and economic development in the region. The aim of SNAP-SEE project was to facilitate improved aggregates planning in South East Europe based on SARM (Sustainable aggregates resource management) and SSM (Sustainable supply mix) principles. One of the most important features of existing mineral plans across EU is the disaggregation of some policies among different authorities, different sectorial plans and different development

levels. In most states a specific Mining Law covers the extraction of state-owned minerals. Many South East Europe countries have also a mineral policy. Whereas a mining law exists, the adoption of specific policies and plans are not so widespread, but the creation of these plans is an on-going process and provides a great opportunity to adopt sustainable approaches in the region.

Serbia at the moment does not have Aggregate planning policy. Thus, during realisation of the SNAP-SEE project two rounds of consultations with different stakeholders – representatives from Ministries, other Authorities, Universities, Concessionaires, Institutes, Companies, Consulting Companies, NGO and Media were held.

The most important messages from the first consultations were that for aggregate planning process in Serbia it is necessary to prepare the following: Define laws and regulations on all aspects; Create cadastre of aggregate producers in Serbia; Strict application of regulations regarding certificates of aggregate quality; Suppression of illegal aggregate exploitation; Perform strict monitoring of aggregate exploitation by inspection and prevent utilisation of aggregate from illegal quarries and pits; To introduce Subvention system for recycled aggregates producers and mandatory recycling; To prohibit C&DW dumping on public waste disposals.

After the first consultations additional topics for further discussion were prepared – what shall be done to start with aggregate planning. At the second consultations was concluded that it is necessary to update and adopt Sustainable mineral resources management strategy, prepare Mineral plan, Aggregate policy and Aggregate plan. Planning is necessary both on national and regional level, while at the local level is neither necessary nor possible at the moment.

Geological Survey of Serbia should process data on mineral resources base, their production and installed capacities in Serbia and consumption of mineral resources, including periodical publication of Mineral Yearbook, which should be defined in the Sustainable mineral resources management strategy. Participants supported the idea of SNAPSEE project team that Mineral potential studies should be prepared as basis for future planning at the regional level and, when necessary, on municipality level. Ministry in charge of mining and mineral resources should be responsible for aggregate supply planning.

Key problems in future aggregate supply planning are: There is neither aggregates planning policy in Serbia, nor legal document which can start it; No stable and reliable planning of infrastructural objects; Disharmonious planning at the state level (between different institutions); Authorities need better and more efficient organization. Recycled and secondary aggregates should be included in aggregate planning policy through green public procurement procedures and definition of standards for their utilization.

Aggregate supply planning in Serbia will also benefit from the new EU project entitled MINATURA2020 – Developing a concept for a European minerals deposit framework, funded within the European Commission's Horizon 2020 Programme, which was launched in the beginning of 2015 as a response to social needs to safeguard mineral deposits of public importance for the future.

Project proposes that mineral deposits of public importance should be classified in three categories, i.e. of pan-European importance (list of critical minerals), national and regional importance. Aggregate deposits of public importance will be mostly classified as regionally

important, and some maybe even in the regionally important ones, which will be defined through realization of the Project.

ДОКУМЕНТАЦИОНИ ГЕОЛОШКИ РЕЗУЛТАТИ – НИВО ПРЕЛИМИНАРНЕ ГЕОЛОШКЕ ПРОГНОЗЕ ПАРАМЕТАРА КВАЛИТЕТА УГЉА У ПРОЦЕСУ ХОМОГЕНИЗАЦИЈЕ

DOCUMENTATION OF GEOLOGICAL RESULTS – THE STAGE OF PRELIMINARY GEOLOGICAL PROGNOSIS OF COAL QUALITY PARAMETERS IN THE HOMOGENIZATION PROCESS

Гојак Зорица, дипл.инж.геол.,

Јавно предузеће „Електропривреда Србије“, www.eps.rs, zorica.gojak@eps.rs

Кључне речи: Геолошки подаци, софтверски пакет MINEX , хомогенизација угља
Key words: geological of data, software package MINEX , homogenization of coal

Апстракт

Доминантан, необновљиви енергетски ресурс и основно гориво за рад термоелектарана у процесу продукције електричне енергије јесу експлоатационе резерве угља, са површинских копова Колубарског и Костолачког рударског басена, са трендом задржавања своје улоге у следећим деценијама, што и јесте наша реалност.

Документациони геолошки подаци резултат су мерења структурно-текстурног склопа у истражним геолошким бушотинама и резултат су хемијских анализа појединачно опробаваних литолошких чланова из истражних геолошких бушотина-in situ. Геозаписи се обједињују израдом геолошких модела, а потом генеришу у основне елементе геометрије откопавања. Интеракцијом моделираних слојева, са својим нумеричким параметрима квалитета, и пројектованог технолошког модела блокова изворни записи исказују динамику у простору и омогућавају ниво *прелиминарне геолошке прогнозе основних параметара квалитета ресурса* и основна су подлога за процес аутоматског управљања квалитетом угља-процес *хомогенизације*.

Abstract

Coal reserves from the open-pit mines of the Kolubara and Kostolac mining basins are dominant, non-renewable energy resource and basic fuel for the operation of thermal power plants in the process of electricity generation, with the trend of maintaining their role in the next decades, which is our reality.

Documentation of geological data is the result of structural and texture measurements performed in exploratory geological wells and the chemical analyzes of individually tested lithological members from exploratory geological wells in situ. Geological records are assembled through the creation of geological models and then generated into the basic elements of excavation geometry. Through the interaction between modelled layers, with their numerical parameters of quality, and the projected technological model of blocks, original records display dynamics in the space and enable to conduct the preliminary geological prognosis of basic

parameters of the quality of resources, thus laying the groundwork for the process of automated coal quality management, i.e. the homogenization process.

Јавно предузеће „Електропривреда Србије“ (ЈП ЕПС) својим пословањем синхронизује: производњу сировине, производњу електричне енергије, дистрибуцију и снабдевање електричном енергијом, и трговину електричном енергијом. Основ наведеној градацији, посматрано из вертикале рударства, од откопавања минералне сировине у Колубарском и Костолачком басену угља до пласмана коначног производа, у изради стратешких инвестиционо-техничких докумената и планова, јесу *документациони, мерени, геозаписи* из истражених геолошких бушотина.

Изворне геозаписе искључиво дефинише природа седиментације на коју нисмо имали утицаја и не можемо је мењати и поправљати. Сложени структурни склопови варијабилног хемизма редовно се проучавају доистраживањима у циљу регистровања промена и сва геолошка испитивања необновљивог енергетског ресурса су у функцији производње минералне сировине, јер се технологија откопавања мора усклађивати према новим сазнањима. Са аспекта рудника, експлоатација је оправдана због продуктивних резерви, али са аспекта термоелектрана, корисника сировине, сагоревање угља неуједначене топлотне енергије и повећаног садржаја штетних компоненти захтева другачији приступ одржавању постројења. Синтеза интереса између рационалног откопавања резерви угља и испорука уговорених оптималних карактеристика термостројењима у Огранку рударског басена „Колубара“ је остварена имплементацијом пројекта *“Енергетска ефикасност применом еколошког система за управљање квалитетом угља у Рударском басену Колубара“* и реализује се у оквиру актуелног зеленог пројекта *„Заштита и унапређење животне средине у Колубарском угљоносном басену“*. Процес хомогенизације угља је техничко-технолошки и организациони процес експлоатације резерви угља различитих вредности основних параметара квалитета, различитог садржаја корисних и штетних компоненти, опремом различитих капацитета са међусобно блиских локација, а уједначавање квалитета резерви угља се остварује пре усмеравања у термоелектране према задатим параметрима. Процес је познат под називом аутоматско управљање квалитетом угља или уједначавање квалитета угља, али, без обзира на избор назива, генерално, да би се било којим системом и/или процесом управљало мора се обезбедити јасно одређена процедура. Из перспективе геолошке струке, а знајући циљ процеса, она би обухватила следеће активности: *припрему и проверу, подлоге и примену, планирања, и, неизбежно, прихватање промена.*

У хијерархији рударског пословања свеобухватна геолошка сазнања су приоритетна што захтева и примарну *припрему* улазних документационих геолошких података. Струка је врло напредно, и пре идеје о процесу хомогенизације, који је подразумева, обезбедила централизовано електронско чување и редовно ажурирање изворних записа у реалном времену. То је софтвер релационе *геолошке базе података угљених басена Србије -БпУБС 2.0.0* власништво компаније ЈП ЕПС (слика бр.1)



Слика бр.1: Интерфејс апликације геолошког софтвера БпУБС 2.0.0

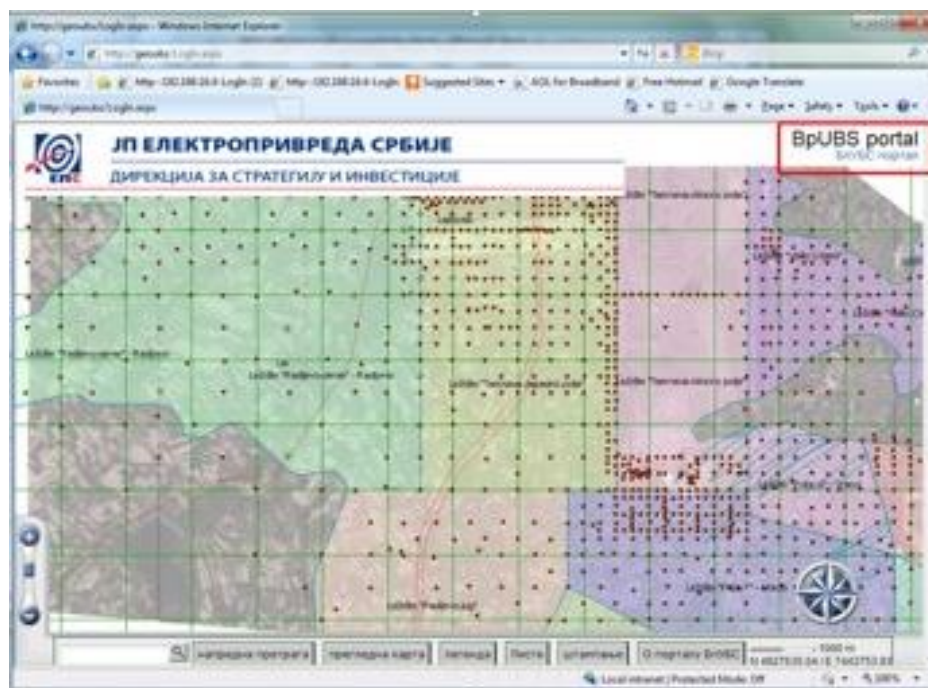
Обезбеђује рационално архивирање детаљним уносом и функционално приступање информацијама. У различитим фазама циљ и приступ истраживањима су били различити, па варира и број записа за поједине типове анализа, број мерених елемената скупа, дужина проба и број опробаваних дужина у истражним геолошким радовима, али су редовно мерени основни параметри квалитета угља битни за сагоревање угља и правилан рад котловских постројења. Комплетном техничком анализом појединачних, али и композитних проба, мери се садржај (%): влаге, пепела, сагорљивих и испарљивих материја, кокса, фиксног угљеника, укупног сумпора, сумпора у пепелу, сагорљивог сумпора, горње и доње топлотне енергије (kJ/kg). Оперативно, већи је број мерених параметара за подскуп ове анализе-скраћену техничку анализу и она сумира само основне параметре квалитета за доставну влагу, пепео, горњу и доњу топлотну енергију. Елементарном анализом одређују се масени % елемената главних састојака угља: угљеник (C), водоник (H), сумпор (S), азот (N) и кисеоника (O). Заједно с топлотном енергијом угља користи се за прорачунавање сагоревања, тј. одређивање брзине довођења горива, перформанси котла и емисија сумпора. Анализом пепела дефинисана је његова силикатна природа и исказује су у облику оксида (%): SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, CaO, MgO, Na₂O, K₂O, SO₃, TiO₂ и P₂O₅. Досадашњи резултати карактеристичних температуре пепела: почетак синтеровања, тачка омекшавања, полулопте и разливања указују да се ретко могу образовати наслагe на грејним површинама котла. Број тренутно унетих и сачуваних записа наведених анализа може деловати импозантно, (табела бр.1), али посматрано кроз процеса управљања квалитетом, може се рећи и да је недовољан број резултата обзиром на изразите промене хемизма минералне сировине.

Табела бр.1: Статистика архвираних геозаписа (октобар 2018.г.)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
1	Колубарски угљоносни басен - број унетих геозаписа (део података из БпУБС 2.0.0)											
2	Истражене геолошке бушотине са основним подацима позиција										6459	
3	Истражене геолошке бушотине са картираним литолошким члановима										4126	
4	Број записа картираних литолошких чланова за 4126 геолошких бушотина										40 022	
5	Истражене геолошке бушотине са неком врстом анализе без обзира на подскуп										1990	
6	Број интервала опробавања и узорковања за 4126 геолошких бушотина										46 227	
7	Истражене геолошких бушотина са резултатима техничке анализе										1777	
8	Истражене геолошке бушотине са резултатима елементарне анализе										692	537
9	Истражене геолошке бушотине са резултатима анализе пепела										551	
10	Записи за равну влагу (W)										24 856	
11	Записи за пепео (A)										24 874	
12	Записи за доњи топлотни ефекат (ДТЕ)										24 794	
13	Записи са сумпор сагорљив (Ss)										3687	

Провера унетих резултата и информација је редовна активност регистрованих корисника.

Струка је и у домену приказа електронски забележених папирних геозаписа била напредна. Они су постали видљиви, тј. дигитализовани у GIS-окружењу, у класи просторног прегледа истражно-експлоатационих поља и истражно-геолошких радова Колубарског басена креирањем првог геолошког веб портала-геоубс-<http://geoubs/Login.aspx> 2011.г. (Слика бр.2).



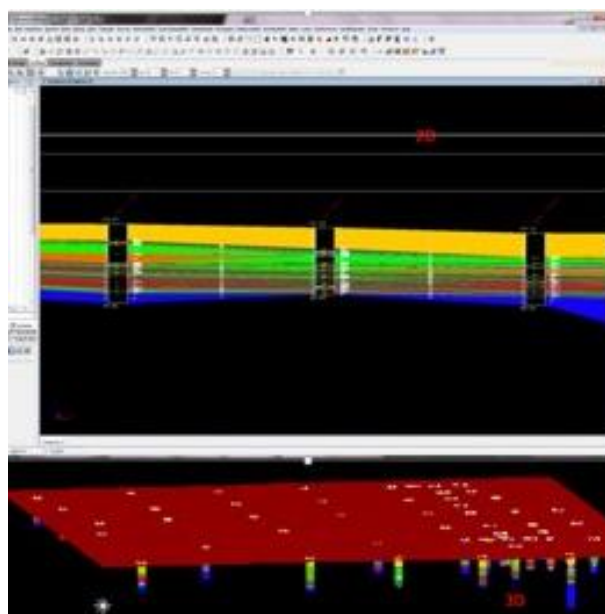
Слика бр.2 – Класа просторног прегледа

Вишезначно филтрирање и селектовање скупова података брзим претрагама је функционална особина геолошке базе којом се обезбеђује припрема за израду и иницијалну интерпретацију геолошких подлога. Према усвојеном решењу ЈП ЕПС за креирање подлога се примењује специјалистички софтверски пакет MINEX јер генерише и геолошки и рударски модул (Слика бр.3).



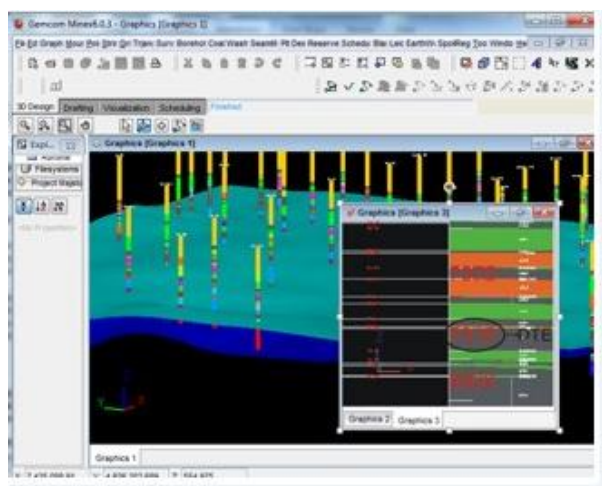
Слика бр.3:Интерфејс софтверског пакета MINEX

Геолошким модулом се пресликава природа свих детектованих слојева из истражних геолошких бушотина-in situ и прво креира стратиграфски низ структура (Слика бр.4), јер је основ за апликацију било које групе нумеричких геозаписа уколико постоји довољан број за обраду. Његова детаљност омогућава њихову просторну анализу и могу се, ако се укаже потреба, проширити новим параметрима по основу додатних захтева термоелектрана и могућностима лабораторија, опробавати из слојева угља и моделирати заједно са основним параметрима квалитета угља.



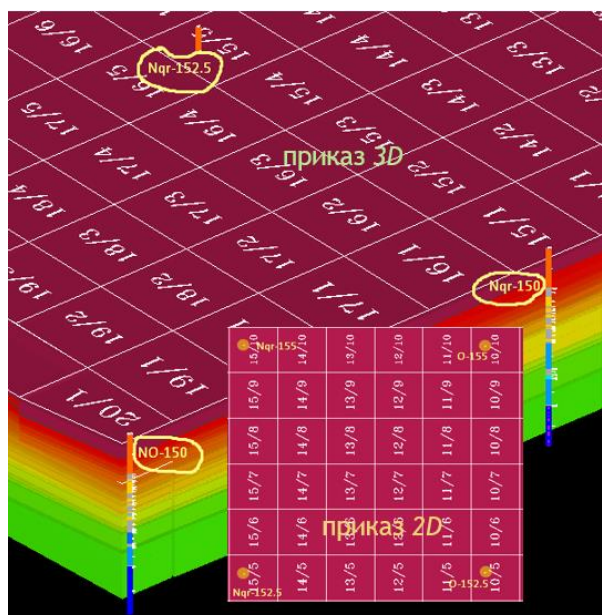
Слика бр.4:Модел структура (детал)

Обзиром да процес хомогенизације апострофира квалитет угља, модел структура редовно прати модел квалитета. Просторно дефинише површи и зоне расподеле интерполованих нумеричких резултата појединачних проба из истражних геолошких бушотина-in situ за сваки стратиграфски слој понаособ (Слика бр.5).



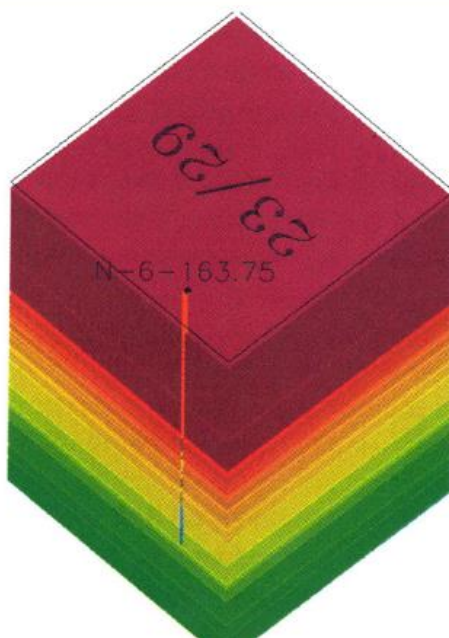
Слика бр.5:Модел квалитета (деталј)

Анализа и статистичка обрада је реално оправдана само када је подлога документована, тј. када су дужине проба у распону дужина картираних литолошких чланова -картирано према опробаваном за сваки издвојени члан, слој. То омогућава компатибилност резултата у новом скупу, његовим увећањем након уноса нових резултата анализа током ажурирања. Рударски модул обезбеђује пројектовање технолошког модела блокова (ТМБ) и интегрисање геолошких модела (Слика бр.6). Није одређен радним етажама и селективним откопавањем, јер су аутоматски нумерисани блокови (Blocks) истих димензија (50м x 50м), исте ширине хоризонталних корака откопавања (Strips) и истих висина етажа откопавања (Bences). Геометрија ТМБ-а је граница прелиминарног софтверског пондерисаног обрачуна квалитета ресурса угља у простору сваког блока.



Слика бр.6:ТМБ-а са геолошким моделима

Примена софтвера у анализи просторне интеракције рударског и геолошког модула у сегменту израде подлога је врло значајна јер је двосмерна и временски довољно дистанцирана од оперативног планирања производње. Избором блока (или његових делова) добија се брз прорачун пондерисаног квалитета геолошких ресурса за угљоносну серију (или њене делове, слојеве угља), или, избором слојева угља добија се брз приказ елемената блока коме они припадају. Припадност и садржај записа геолошких бушотина у димензионисаним техно-блоковима одређују три *геолошка прелиминарна нивоа* поузданости пондерисаних вредности ресурса: ниво геолошке *процене*, ниво геолошке *процене прогнозе* и ниво геолошке *прогнозе*. Ниво процене је „празан“ блок тј. дефинише блокове без геолошке бушотине (или је има, али није опробавана). Ниво процене прогнозе дефинише блокове са позицијом делимично опробаване угљоносне серије у геолошкој бушотини. Ниво прелиминарне геолошке прогнозе је геолошки комплетан ниво због постојања геолошке бушотине у блоку, опробаване целом дужином угљоносне серије (Слика бр.7).



Слика бр:7-блок нивоа прелиминарне геолошке прогнозе

Овај ниво је геолошки комплетно поуздана платформа за пројектовање радних етажа и селективног рада експлоатационог модела блокова (ЕМБ) оперативним планирањем производње за управљање квалитетом минералне сировине, и изражава *оčekивану геолошку* пондерисану вредност резерви откопавања. То је довољан разлога за прелазак из нижег у виши ниво, или новим истражним радом у блоку процене или етажним картирањем у блоку процене прогнозе. Геометрија ТМБ-а може бити оперативно подлога по основу које би се пројектовале нове истражне геолошке бушотине.

Документациони геолошки резултати појединачних проба угља из геолошких бушотина “in situ” анализама кроз различите нивое детаљности исказују прелиминарне геолошке вредности квалитета ресурса и нису димензионисане

експлоатационе вредности квалитета резерви. Резултати појединачних проба нису упоредиви са резултатима откопаних количина.

Примена технолошких иновација, информационих технологија и система и дигитализација технологије откопавања је пут ка савременом приступу експлоатацији уз примену процедура о заштити и очувању животних средина. Одрживост производње електричне енергије из угља као стратешког ресурса, процесом хомогенизације, и у својим најранијим фазама припреме је и постављен у правцу заштите еколошког система и заштите и унапређења животне средине у Колубарском угљоносном басену. Утицај експлоатације и прераде угља на животну средину нису непознати, односно препознају се и проблеми и последице (Табела бр.2). Успешно уједначавање квалитета угља оправдава експлоатацију, и временски и просторно, јер смањује трошкове транспорта и сагоревања угља, транспорта и депоновања пепела, унапређује систем заштите окружења од загађења, примарно у фази сагоревања и профитабилно користи природне ресурсе.

Табела бр.2: Прилагођено из Идејног програма са Студијом оправданости увођења система за оперативно управљање и контролу квалитета угља

Problem	Faza	Efekat	Pozitivni efekti homogenizacije
Prašina	Eksploatacija uglja i otkrivke	Kraći radni vek opreme na kopu	Nema bitnih pozitivnih efekata
		Zagađena mikrolokacija	
	Profesionalna oboljenja radnika		
	Transport uglja i otkrivke	Kraći radni vek opreme na kopu	
		Zagađena mikrolokacija	
Deponovanje uglja i otkrivke	Zagađena mikrolokacija	Boljom organizacijom postižu se pozitivni efekti	
Sagorevanje uglja	Aerozagađenje šire okoline	Kraći radni vek opreme	Boljom organizacijom i ravnomernim izdvajanjem postižu se pozitivni efekti
		Problemi sa stanovništvom usled pojave specifičnih oboljenja (astma, pluća)	
	Zagađena mikrolokacija		
Deponovanje pepela	Problemi sa stanovništvom usled pojave specifičnih oboljenja (astma, pluća)		
Oksidi sumpora	Sagorevanje uglja	Zagađenje šire okoline	Izbegavaju se eksczesne situacije i nagla i nepredviđena prekoračenja koncentracije jedinjenja sumpora u dimnim gasovima što se pozitivno odražava na sve parametre
		Pojava kiselih kiša	
		Problemi sa stanovništvom usled pojave specifičnih oboljenja (astma, pluća)	
		Problemi sa opremom	
	Deponovanje pepela	Zagađenje voda	Nema bitnih pozitivnih efekata
Zagađenje zemljišta			
Problemi sa stanovništvom			
Čađ	Sagorevanje uglja	Aerozagađenje šire okoline	Izbegavaju se eksczesne situacije i nagla i nepredviđena prekoračenja koncentracije čađi u dimnim gasovima što se pozitivno odražava na sve parametre
		Problemi sa stanovništvom usled pojave specifičnih oboljenja	
Samozapaljenje uglja	Deponovanje uglja	Zagađenje šire okoline dimom, ugljenmonoksidom i sumpordioksidom	Boljom organizacijom postižu se pozitivni efekti
Buka	Eksploatacija uglja i otkrivke	Profesionalna oboljenja radnika i uticaj na okolna naselja	Boljom organizacijom i ravnomernijem opterećenjem opreme postižu se pozitivni efekti
	Transport uglja i otkrivke		
	Deponovanje uglja i otkrivke		
Zemljište	Eksploatacija uglja	Zauzimanje prostora	Veće iskorišćenje zauzetog zemljišta
		Degradacija zemljišta	
	Deponovanje otkrivke i međuslojne jalovine	Zauzimanje prostora	U određenoj meri manje količine odloženog materijala
		Degradacija zemljišta	
Deponovanje pepela	Zauzimanje prostora	Količinske ravnomernije deponovanje pepela	
	Degradacija zemljišta		

Аутоматско управљање квалитетом угља јесте техничко-технолошки систем управљања, али је у основи и процес планирања, и захтева максималну организациону струковну геолошко-рударску сарадњу. Ако су услови сложени, анализе морају бити детаљне, свеобухватне и двосмерне што је и императив пословања. Овакав приступ примени омогућава напредно планирање. Планирање подразумева доследну примену геолошких модела подлога-и њихово усвајање у плановима рударске оперативе, или израдом ТМБ-а прелиминарне рударске планове припреме поставити за подлогу анализа геолошких прелиминарних нивоа. То би био потпун одговор природи седиментационог угљоносног басена-дуго стваран, детаљно истраживан и рационално искоришћен. Документациони геолошки резултати су, у целокупном садржају процеса, непроцењиво богатство јер непоновљивост времена, простора и услова испитивања којима су обликоване сложене угљоносне структуре басена, захтевају перманентно проучавање, различите приступе анализама и различита поређења. Године нашег истраживања седиментационих рударских басена су ипак нулто геолошко време у односу на милионе година, периода неогена доњоплиоценске епохе понтског ката, које су их образовале. Сваки геозапис је носилац неке информације и може бити кључ решења што је дефинисано и основним принципом геологије-принципом актуализма (униформизма). „Прошлост је кључ за разумевање садашњости“, односно, процеси који владају данас су владали и у прошлости па посматрањем данашњих збивања можемо закључивати о геолошкој прошлости.

Напредна припрема и провера, планирања и подлоге подразумевају и прихватање промена. Промене су се дешавале, током рада, у надограњи софтвера документационе геолошке базе података. Свака иновативна информациона технологија и релациони системи утицали су на мењање верзија: од GI2003 (2001)-БпУБС (2006) до БпУБС 2.0.0 (2014).

Првобитни портал *геоубс* је прерастао у интранет *геопортал* <http://10.100.7.41/app/> са три класе података: веб GIS, документација и лабораторија (Слика бр.8).



Слика бр.8: Интерфејс геопортала

Усвајањем интерног упутстава *Управљање геолошким истраживањима* (ПИ.8.5.5) приступило се *променама* у домену синхронизовања геолошких активности у Огранку РБ „Колубара“ „...за праћење производње и обављања геолошких истраживања за потребе производње, укључујући и приступ репрезентативном опробавању (узорковању), јер методологија прописана за утврђивање и оверу резерви недовољно генерише скуп резултата основних параметара квалитета (мрежа истражних радова великих растојања)“. Лабораторијске анализе геолошких појединачних проба (композита) из бушотина и остварених резерви угља, који се транспортује за ТЕ „Никола Тесла“, интезивно ради лабораторија „Тамнава“, акредитована јула 2010.г., према SRPS ISO 17025 стандарду и у режиму је редовних периода акредитације.

Систему хомогенизације припадају и „on-line“ анализатори и депоније угља, али је њихова улога постгеолошка. Вредности позиционираних „on-line“ анализатора не интегришу се у геолошке моделе квалитета, и имају само улогу провере класичних, већ извршених, геолошких анализа у дефинисаним фреквенцијама времена. Депонија угља је рударски објекат који акумулира откопане резерве већ познатог квалитета груписањем експлоатационих блокова по СТРАТА методи одлагања коју дефинише добра хомогенизација расутог материјала (после дробљења).

Систем хомогенизације јесте систем *управљања*, али је и систем *контроле* која се мора испоштовати у сваком прописаном сегменту процеса. *Контролу* изведених геолошких вредности и пондерисаних обрачуна могуће је остварити уколико су улазни резултате у припреми подлога увек документациони геолошки подаци. У односу на окружење, управљање квалитетом угља нема директне ефекте јер се остварује оптимална прерасподела емисионог фонда и имисија загађења и негде је у границама законом прописаних и дозвољених норми. Ефекат се може постићи бољом организацијом и нужно бољом *контролом* што свакако има позитиван утицај и на неке параметре загађења, а то су свакако проблеми из домена самозапаљења угља на депонијама и издвајање прашине са депонија.

Део процеса хомогенизације дефинисан инжењерско-геолошком аналитиком за своје активности има заједнички именитељ-четири *П: припрема (провера), подлоге (примена), планирање и промене (њихово усвајање)*. Детаљно припремљени и проверени подаци обезбеђују примену стабилних подлога у поступцима планирања усвајањем напредних алата и прихватањем промена. Ако је процес иновативан, онда је сасвим природно да са променама мењамо себе и свест у правцу нових идејних решења. Упоредива су са заједничким именитељем компаније, крајњем кориснику бенефита свеукупног процеса у производњи електричне енергије, са четири *Е-екологија, ефикасност, економија и енергија*, која нам указују да ефикасним ангажовањем и економичним пословањем чувамо екосистем и спроводимо поступке и процедуре производње енергије коју нам је природа обезбедила. а на нама је да одржимо развој и егзистенцију.

Референце:

1. Геолошка база документационих геолошких података БпУБС 2.0.0 ЈП ЕПС
2. Извештај о стању животне средине за ЈП ЕПС, 2017.г.
3. Minex 6.0.3-специјалистички софтвер компаније GEOIVA
4. Проф др Божо Колоња, (2009): Идејни програм са Студијом оправданости увођења система за оперативно управљање и контролу квалитета угља, Рударско-геолошки факултет Универзитета у Београду, табела бр.4.2, стр.266.

GEOTERMALNI POTENCIJALI FEDERACIJE BOSNE I HERCEGOVINE, SADAŠNJE KORIŠTENJE I REGULATORNI OKVIR

GEOTHERMAL POTENTIALS OF THE FEDERATION OF BOSNIA AND HERZEGOVINA, THE USE AND REGULATORY FRAMEWORK

Prof.dr. Ferid Skopljak, Mr. Natalija Samardžić, Prof.dr. Hazim Hrvatović, Mr. Ćazim Šarić

¹⁾ Federalni zavod za geologiju, Ustanička 11 Sarajevo; e-mail: fskopljak@yahoo.com

Ključne riječi: geotermalni potencijal, rejonalizacija, korištenje, regulatorni okvir

Uvod

U Federaciji Bosne i Hercegovine su na sadašnjem stepenu istraženosti zastupljena samo niskotemperaturna hidrotermalna ležišta geotermalne energije predstavljena termalnim i termomineralnim vodama. U Federaciji BiH utvrđeno je 75 ležišta termalnih i termomineralnih voda od čega 43 termalna i 32 ležišta termomineralnih voda.

Rejonizacija Geotermalnog Potencijala

Ležišta termalnih i termomineralnih voda na teritoriji Federacije Bosne i Hercegovine situirana su u osam hidrogeotermalnih regiona (sl.1).



Slika 1 - Hidrogeotermalni regioni (Miošić, N. Samardžić, N. & Hrvatović, H. 2010.) 1-Mezozojski masiv sjeverozapadne Bosne; 2-Mezozojski i tercijarni arteški baseni sjeverne Bosne; 3-Unsko-sanski paleozojski masiv; 4-Ofiolitski masiv; 5-Mezozojski srednjobosanski masiv; 6-Srednjobosanski mezozojski masiv; 7-Srednjobosanski mezozojski basen; 8-Paleozojski masiv jugoistočne Bosne

1) Mezozojski masiv sjeverozapadne Bosne se nalazi na sjeverozapadu Bosne i Hercegovine. Ležišta termalne i termomineralne vode primarno su vezane za trijaskе naslage dubinama do 500 m. Izvori i bušotine *termalne vode* se u ovom hidrogeološkom regionu su u rejonu Velike Kladuše (Mala Kladuša $T_v=27^{\circ}\text{C}$, Šumatac $T_v=22^{\circ}\text{C}$), Bužima (Čava $T_v=19^{\circ}\text{C}$), Cazina (Tržačka Raštela $T_v=22^{\circ}\text{C}$) i Bihaća (Vedro polje $T_v=20^{\circ}\text{C}$, Prošići $T_v=21^{\circ}\text{C}$). *Termomineralne vode* su registrirane na izvorima i bušotinama u rejonu Bihaća (Gata $T_v=37^{\circ}\text{C}$, Račić $T_v=19^{\circ}\text{C}$).

2) Mezozojski i tercijarni arteški baseni sjeverne Bosne se nalazi na sjeveru Bosne i Hercegovine. Ležišta termomineralne vode primarno su vezane za trijaskе naslage na dubinama do 1.500 m, a termalne za miocenske naslage na dubinama do 300 m. Izvori i bušotine *termomineralne vode* su u rejonu Gračanice (Terme $T_v=38^{\circ}\text{C}$), Gradačca (Banja Ilidža $T_v=32^{\circ}\text{C}$), Orašja (Domaljevac $T_v=96^{\circ}\text{C}$), Tuzla (Slavinovići $T_v=35^{\circ}\text{C}$) i Teočaka (Rasol $T_v=24^{\circ}\text{C}$). Od *termalnih voda* važniji su izvori termalne vode u Odžaku (Vrbovac $T_v=18^{\circ}\text{C}$), Gradačcu (Mionica $T_v=20^{\circ}\text{C}$, Industrijska zona $T_v=31^{\circ}\text{C}$), Srebreniku (Ljenobud $T_v=28^{\circ}\text{C}$).

3) Unsko-sanski paleozojski masiv se nalazi na sjeverozapadu Bosne i Hercegovine. Ležišta termomineralne i termalne vode primarno su vezane za trijaskе naslage na dubinama do 500 m. Izvori i bušotine *termomineralne vode* su u rejonu Sanskog Mosta (Tomina Ilidža $T_v=32^{\circ}\text{C}$). Od *termalnih voda* važniji su u Sanskom Mostu (Tješnica $T_v=19^{\circ}\text{C}$, Kozička Ilidža $T_v=19^{\circ}\text{C}$).

4) Ofiolitski masiv se u FBiH proteže od Olova i Kladnja na jugoistoku do Tešnja na sjeverozapadu. Ležišta termomineralne i termalne vode primarno su vezane za trijaskе naslage na dubinama do 500 m. Izvori i bušotine *termomineralne vode* su u rejonu Tešnja (Dolac $T_v=22^{\circ}\text{C}$) i Žepča (Ljeskovicа $T_v=17^{\circ}\text{C}$, Bistrica $T_v=19^{\circ}\text{C}$, Ponijevo $T_v=17^{\circ}\text{C}$), a *termalnih voda* u okolini Tuzle (Toplica $T_v=24^{\circ}\text{C}$), Olova (Zelen vir $T_v=33^{\circ}\text{C}$, Banja $T_v=34^{\circ}\text{C}$, Kovačići $T_v=19^{\circ}\text{C}$, Solun $T_v=27^{\circ}\text{C}$, Orlja $T_v=25^{\circ}\text{C}$, Podlipnik $T_v=21^{\circ}\text{C}$), Vareša (Banja Ponikva $T_v=19^{\circ}\text{C}$, Očevija $T_v=25^{\circ}\text{C}$).

5) Mezozojski srednjobosanski masiv obuhvata mezozojske naslage u sjeveroistočnom obodu sarajevsko-zeničkog basena. Ležišta termomineralne i termalne vode primarno su vezane za trijaskе naslage na dubinama do 500 m. Izvori i bušotine *termomineralne vode* su u Kaknju (Tičići $T_v=56^{\circ}\text{C}$, Bičer $T_v=26^{\circ}\text{C}$, Hrasno $T_v=18^{\circ}\text{C}$, Papratnica $T_v=19^{\circ}\text{C}$), Brezi (Sedra $T_v=20^{\circ}\text{C}$). Od *termalnih voda* važniji su izvori termalne vode u Kaknju (Ribnica $T_v=29^{\circ}\text{C}$, Kraljeva Sutjeska $T_v=21^{\circ}\text{C}$), Visoko (Podvinci $T_v=14^{\circ}\text{C}$).

6) Srednjobosanski paleozojski masiv se proteže od Tarčina na jugoistoku do Jajca na. Ležišta termomineralne i termalne vode primarno su vezane za trijaskе naslage na dubinama do 500 m. Izvori i bušotine *termomineralne vode* su u rejonu Bugojna (Vruća voda $T_v=27^{\circ}\text{C}$) i Kiseljaka (Biohan $T_v=18^{\circ}\text{C}$), a *termalnih voda* u okolini Viteza (Kruščica $T_v=20^{\circ}\text{C}$), Fojnice (Banja $T_v=30^{\circ}\text{C}$, Voljevac $T_v=18^{\circ}\text{C}$, Grabovik $T_v=21^{\circ}\text{C}$), Kreševa (Banja $T_v=19^{\circ}\text{C}$), Lepenice (Toplik $T_v=24^{\circ}\text{C}$), i dr.

7) Srednjobosanski mezozojski basen obuhvata mezozojske naslage u jugoistočnom obodu sarajevsko-zeničkog basena. Ležišta termomineralne i termalne vode primarno su vezane za trijaskе naslage na dubinama do 500 m. Izvori i bušotine *termomineralne vode* su u Sarajevu (Ilidža $T_v=58^{\circ}\text{C}$, Blažuj $T_v=24^{\circ}\text{C}$), a *termalnih voda* također na Ilidži (Butmir $T_v=22^{\circ}\text{C}$, Sokolović Kolonija $T_v=14^{\circ}\text{C}$, Mostarsko raskršće $T_v=18^{\circ}\text{C}$).

8) Paleozojski masiv jugoistočne Bosne u FBiH ima utvrđeno samo jedno utvrđeno ležište *termalne vode* u Prači (Čeljadinići $T_v=20^{\circ}\text{C}$). Ležišta termalne vode primarno je vezano za devonske naslage na dubinama do 500 m.

Geotermalni potencijal

Ukupni dokazani geotermalni potencijal termalnih i termomineralnih voda u Federaciji Bosne i Hercegovine iznosi 196,79 MWt (tab.1). Prognozni geotermalni potencijal u Federaciji Bosne i Hercegovine je 409,14 MWt koji je moguće dobiti uz dodatnu razradu ležišta (crpljenjem na postojećim bušotinama na kojima nisu instalirane pumpe već se koristi samoizliv bušotine, bušenjem novih bušotina, i dr.).

Tabela 1 – Geotermalni potencijal FBiH po kantonima

Kantoni ↓	Broj ležišta sa termalnim vodama	Broj ležišta sa termomineralnim vodama	Raspoloživa termalna snaga do 10°C (MWt)	Moguća (prognozna) termalna snaga do 10°C (MWt)	Raspoloživa termalna energija do 10°C (TJ/god)	Moguća (prognozna) termalna energija do 10°C (TJ/god)	Sadašnje korištenje	
							Broj lokacija u korištenju	Instalirana termalna snaga (MWt)
Unsko-sanski	10	4	34,2	76,42	1082,29	2512,9	3	2,73
Posavski kanton	2	1	8,58	34,52	267,43	1085,21	0	0
Tuzlanski	7	7	34,42	69,81	1091,61	2198,43	5	3,0
Zen.-dobojski	11	12	30,78	70,81	968,28	2309,45	4	2,89
Bos-podrinjski	1	0	1,78	5,96	59,35	189,93	0	0
Srednjobosanski	7	3	24,54	52,87	669,38	1563,08	2	0,45
Kanton Sarajevo	5	5	62,49	98,75	1969,51	3106,24	2	4,06
Ukupno	43	32	196,79	409,14	6107,85	12965,24	16	13,13

Korištenje geotermalnog potencijala

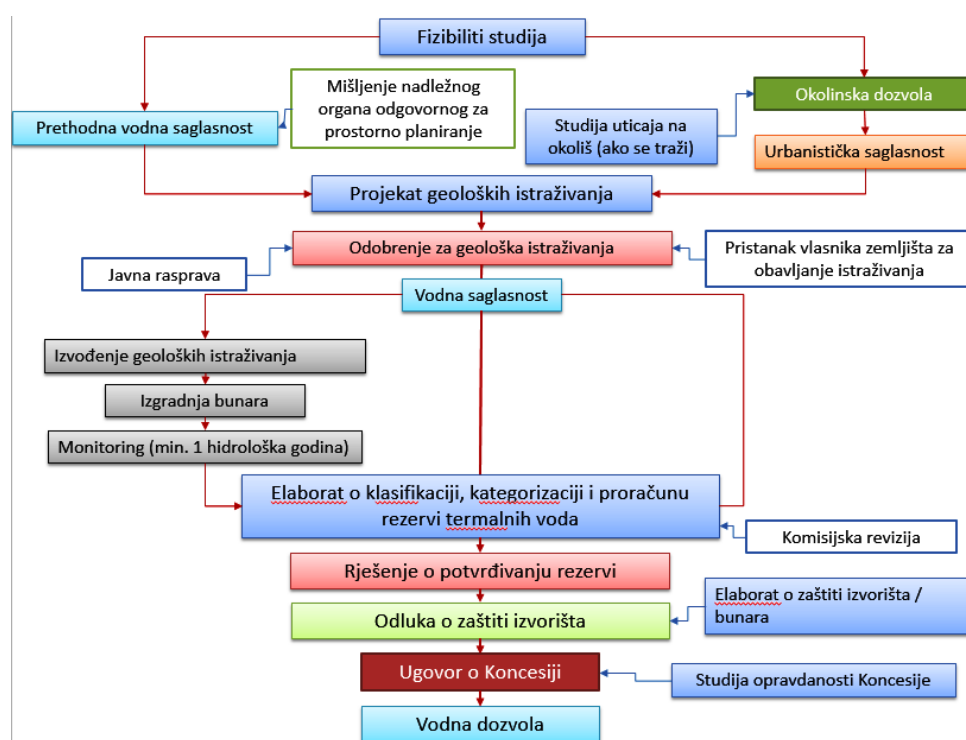
Geotermalna energija u Federaciji Bosne i Hercegovine se koristi na 16 lokacija sa ukupnim instaliranim kapacitetom od 13,13 MWt, što iznosi svega 7,7 % od raspoloživih 196,79 MWt (tab.2). Najveći dio geotermalne energije koristi tzv. „*direktnim načinom*“, a samo manji dio „*indirektno*“ korištenjem izmjenjivača toplote. Termalne i termomineralne vode se u FBiH uglavnom koriste u 1) balneologiji, 2) rekreaciji, 3) grijanju prostora, i 4) industrijske procese. Glavni korisnici termalnih i termomineralnih voda su banjsko-rekreacioni kompleksi. Pored balneološkog i geotermalnog korištenja, termalne i termomineralne vode se koriste za vodosnabdijevanje (9 lokacija), flaširanje (2) i ekstrakciju CO₂ iz vode (1 lokacija).

Tabela 2 – Korištenje geotermalni potencijala FBiH po kantonima

Ordinal number	Locality	Type of use	Geoth. Capacity installed (MWt)
UNA-SANA CANTON			
1.	Mala Kladuša Ilidža	Recreation	2,51
2.	Gata	Balneology and individual space heating	0,10
3.	Sanska Ilidža	Recreation	0.12
TUZLA CANTON			
4.	Gračanica PEB-4	Balneology, recreation	2,56
5.	Banja Gradačac	Balneology and individual space heating	0,13
6.	MI 99-Gradačac (BZ-1)	Industrial use (milk industry)	0,16
7.	Inmer Gradačac (BMI-2)	Sanitary water	0,08
8.	Swity –Gradačac (EB-1)	Industrial use	0,07
ZENICA-DOBOJ CANTON			
9.	Tičići-Kakanj	Recreation	2,51
10.	Banja Olovo	Balneology, recreation and ind.space heating	0.13
11.	Zeleni vir-Olovo	Recreation	0,06
12.	Sedra Breza	Recreation	0.19
CENTRAL BOSNIA CANTON			
13.	Fojnica FB-1 and FB-2	Balneology and individual space heating	0.205
14.	Toplica Lepenica	Recreation	0.24
SARAJEVO CANTON			
15.	Ilidža Termalna rivijera	Individual space heating (heat exchangers)	3.22
16.	Ilidža Terme	Balneology and individual space heating	0.84
Total: Federation of Bosnia and Herzegovina			13,13

Regulatorni okvir

Korištenje geotermalne energije u FBiH propisano je Zakonom o korištenju obnovljivih izvora energije i efikasne kogeneracije. Prema Zakonu ispitivanje potencijala geotermalne energije vrši se na osnovu planova razvoja energetskog sektora u Federaciji/kantona i općina, kao i na inicijativu potencijalnih investitora. Ispitivanje potencijala vrši se na osnovu rješenja o odobrenju ispitivanja potencijala izdatog od nadležnog organa za prostorno planiranje i građenje. Energetsku dozvolu izdaje Federalno ministarstvo energije, rudarstva i industrije. Kada je riječ o geotermalnoj energiji Zakon se ne primjenjuje u praksi. Zakonom o koncesijama FBiH je propisano da je korištenje ljekovitih, termalnih i mineralnih voda predmet koncesije, ali ne i korištenje geotermalne energije. Zakonom o geološkim istraživanjima termalne vode se smatraju mineralnom sirovinom, tako da su geološka istraživanja geotermalne energije stavljena u određeni zakonski okvir. Regulatorni okvir dobivanja licenci i odobrenja za istraživanje, eksploataciju i koncesiju geotermalne energije u Federaciji Bosne i Hercegovine provodi se prema šemi (slika 2):



Slika 2 – Regulatorni okvir dobivanja odobrenja za istraživanje i korištenje geotermalne energije u FBiH

Zaključak

Neki od osnovnih razloga za primjenu geotermalne energije za dobivanje električne i/ili toplinske energije su: 1) smanjenje potrošnje fosilnih goriva; 2) smanjenje emisija štetnih plinova; 3) mogućnost pretvaranja geotermalne energije u više oblika energije; 4) mogućnost dugoročnog iskorištavanja geotermalne energije; 5) prilagodljivost veličine sistema; 6) mogućnost povezivanja više jedinica malih snaga i 7) visoka raspoloživost energije tokom godine. U FBiH je potrebno povećati korištenje dokazanog geotermalnog potencijala, i poticati istraživanje prognoziranog geotermalnog potencijala.

Državni organi i institucije trebaju davati poticaje i podržavati projekte korištenja geotermalne energije, npr.: oslobodjenjem opreme od carina; smanjenjem stope PDV-a; otvaranjem pristupa fondovima EU; stvaranje pretpostavke privatnim investitorima za ulaganje u korištenje geotermalne energije; podrška preko fondova za zaštitu okoliša, i dr. Svi nivoi vlasti trebaju poticati: 1) kaskadne sisteme korištenja termalnih i termomineralnih voda; 2) vraćanje iskorištene termalne vode u podzemlje preko reinjekcionih bunara; 3) povećanje stepena istraženosti geotermalne energije u hidrogeotermalnim regionima i 4) korištenje toplinskih pumpi i toplinskih izmjenjivača.

Literatura

1. Čičić, S., Miošić, N. (1986.): Geotermalna energija Bosne i Hercegovine, Geoinženjering, Sarajevo.
2. Miošić, N. (2003.): Geotermalni parametri i značajke hidrogeotermalnih regiona Bosne i Hercegovine, Geološki glasnik, 35, Sarajevo, pp. 279 -307.,
3. Miošić, N., Samardžić, N. and Hrvatović H. (2015): The Current Status of Geothermal Energy Research and Use in Bosnia and Herzegovina, Proceedings World Geothermal Congress 2015, 19-25 April 2015, Melbourne, Australia.
4. Hrvatović, H. (2006.): Geological guidebook through Bosnia and Herzegovina, Separate Monograph of Herald Geological, volume 25, p.1-165. Sarajevo.
5. Hrvatović, H., Begić, H., Skopljak, F., Samardžić N., Šarić, Č. (2018.): Analysis of heating sector in the Federation of Bosnia and Herzegovina, B&H (Analiza sektora grijanja u Federaciji Bosne i Hercegovine, BiH), Federalni zavod za geologiju, Sarajevo.
6. Samardžić N., Hrvatović H. (2016.): Geothermal Energy Use - Country Update Report for Bosnia and Herzegovina, European Geothermal Congress 2016, Strasbourg, France.
7. Skopljak, F. (2018.): Tumač – Karta mineralnih, termalnih i termomineralnih voda Federacije Bosne i Hercegovine, Federalni zavod za geologiju, Sarajevo.

HIPERALKALNE TERMOMINERALNE VODE LJEŠLJANA, BOSNA I HERCEGOVINA

HYPERALKALINE THERMOMINERAL WATERS OF LJEŠLJANI, BOSNIA AND HERZEGOVINA

Neven Miošić, dipl. ing. geol., znanstveni savjetnik¹, M. Sc. Natalija Samardžić, dipl. ing. geol.², akademik prof. dr. Hazim Hrvatović, dipl. ing. geol.², prof. dr. Ferid Skopljak, dipl.ing. geol.²

¹Dr. F. Bećirbegovića 19, 71000 Sarajevo, Bosna i Hercegovina

³Federalni zavod za geologiju - Sarajevo, Ustanička 11, 71210 Ilidža, Bosna i Hercegovina

E-mail kontakt osobe: natalija.samardzic@fzzg.gov.ba

Ključne riječi: Dinarska ofiolitska zona, hiperalkalne termomineralne vode, metan i njegovi viši homolozi, izvori i bušotina SB-1, geneza voda i plinova

Keywords: Dinardie Ophiolite Zone, hyperalkaline thermomineral waters, methane and its higher homologues, springs and well SB-1, water and gas genesis

Hiperalkalne termomineralne vode Lješljana, Bosna i Hercegovina

U krajnjem sjeverozapadnom dijelu Bosne i Hercegovine u selu Lješljani (opština Novi Grad) u zoni bezimenog potoka - lijeve pritoke rijeke Strižne, a koja je desna pritoka rijeke Une, pojavljuju se dva stalna kaptirana izvora (Slatina I i Slatina II) i bušotina SB-1 hiperalkalnih termomineralnih voda. Izvori su međusobno udaljeni 40 m, a SB-1 oko 30 m od izvora Slatina I.

Mnogobrojna geološka istraživanja, počev od Katzera, koji je na Preglednoj geološkoj karti Banja Luka 1:200 000 iz 1921. godine prikazao izvorište ovih voda, obrađivane su hiperalkalne vode Lješljana i utvrđena je složenost geoloških i tektonskih odnosa, a također indicirano po ondašnjim klasičnim (po Miladinoviću i Miošiću i dr. postoje ležišta ugljikovodika) i izotopskim (po Hoefsu i Pezdiću ovdje je CH₄ termogeni mokri plin iz marinskih stijena) metodama brojnih istraživača i institucija postojanje indikacija ležišta naftnih ugljikovodika ili nafte u dubljim horizontima u podini ofiolita.

Istraživanjem Etiopca i dr. iz 2016. godine došlo se do potpuno novih i iznenađujućih saznanja o genezi plinova, a posebno metana i njegovih viših homologa. Ova istraživanja su pokazala da ležište Lješljani ima najveću CH₄ koncentraciju (2706 μM, tj. oko 9 t/god.) i najveći pH (12,8) poznat do sada u vodama akumuliranim u peridotitima u svijetu te da su CH₄ i H₂ (185,03 μM) abiotskog porijekla nastali u procesima serpentinizacije peridotita. Ovo je bio jedan od povoda za izradu ovog rada. Prognoza postojanja fluida u podini peridotita nije vršena. Pitanje je ima li CH₄ i viših homologa u podini peridotita. Istraživanjima na bušotini SB-1 1991. godine, tokom izrade, registrirane su znatno veće količine slobodno ekshalirajućeg metana (241.920 l/dan CH₄=62,8 t/god). Na bušotini je 1991. izmjereno 2,8 l CH₄/7 l vode, a energija

sagorijevanja metana je 8.748 MJ/dan odnosno snaga sagorijevanja metana iznosi 0,1 MW, a snaga vode uz $Q=8,9$ l/s i $t_{ref.}=10^{\circ}\text{C}$ je 0,75 MW_t.

Kao specifikum, ova voda je jedina hiperalkalna termomineralna voda u BiH, dok ima veliki broj hiperalkalnih hipotermalnih i termalnih voda u drugim dijelovima Ofiolitske zone BiH i Srbije. Za razliku od hiperalkalnih voda Bosne, Srbije, Bugarske, Jemena, USA, Filipina i dr. voda Lješljana ima oko 10 puta veću mineralizaciju. S bušotinom SB-1 su dobivene 20 puta veće količine voda i veća temperatura za 11-13°C od postojećih izvora uz nepromijenjeni pH. Ovo najvjerojatnije ukazuje na složeniji geološki razvoj i strukturu terena od ostalih dijelova terena ofiolitske zone. Od svih ležišta hidroterma u Bosni i Hercegovini, ležište Lješljana je najviše istraživano sa geološkog, hidrogeološkog, geofizičkog, naftno-geološkog, geohemijeskog i geotermalnog stanovišta, ali i dalje postoje brojne nepoznanice o genezi njegovih fluida osobito zašto je ovo ležište sa najvećom emisijom metana i najvećim pH iz ultramafita u cijelom svijetu.

U geotektonskom smislu teren Lješljana pripada Dinarskoj ofiolitskoj zoni i to gdje je njen razvoj na površini terena najuži. Ofiolitska zona ovdje je navučena na paleozojske (karbon i gornji perm) i mezozojske formacije (trijas) Sansko-unske navlake.

U 1989. i 1990. godini izvori su imali temperaturu 17 – 19°C, pH=11,7-12, mineralizaciju 2139.6 mg/l, Cl-OH-Na tip vode i izdašnosti $Q=0,25$ l/s (Slatina I) i $Q=0,3$ l/s (Slatina II); GWR na izvoru Slatina I iznosio je 0,56. Prema analizi iz 1982. godine dominantni rastvoreni gasovi u vodi izvora Slatina I su N₂ (80,3%) i O₂ (14,4 %) a od slobodnih preovlađuje CH₄ sa njegovim višim homolozima (62 %) and N₂ (34,5 %).

Bušotina SB-1 je nabušila od 0-80 m glince i pješčenjake iz ofiolitskog melanža, a 80-672 m peridotite i serpentizirane peridotite ofiolitske zone.

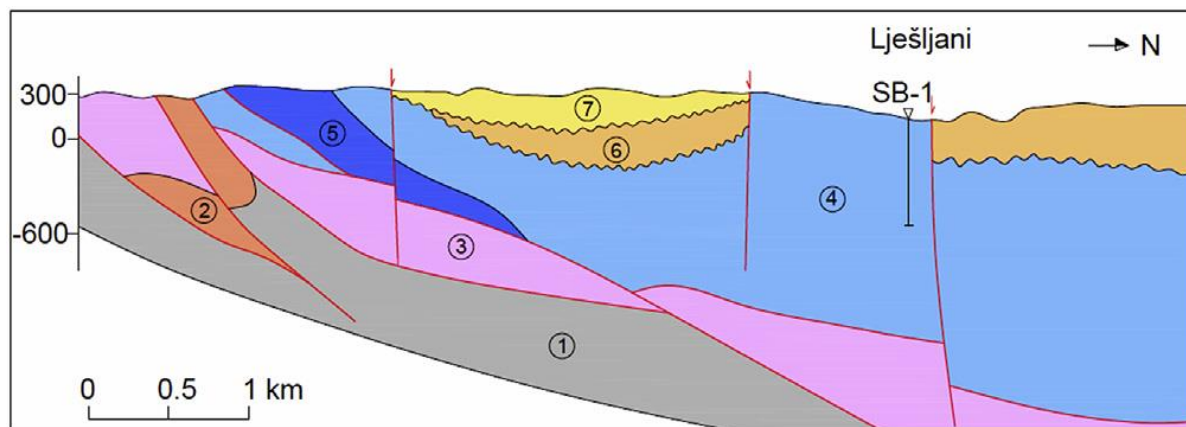
Bušotina je tokom izrade imala različite prilive voda i temperatura, počev od 299 m do orta od 672 m. Maksimalna kumulativna izdašnost na ušću bušotine pri dubini od 672 m je bila 8,9 l/s, temperatura 30,4°C (po termokarotažu temperatura na 662 m je bila 34,2°C), pH 12 i $p_{st}=7,3$ bara na ušću bušotine. Zbog tehničkih razloga izvođač radova nije mogao nastaviti sa dubljim bušenjem. Izdašnosti rastu diskontinualno s dubinom, dok temperatura od 480 m do orta raste linearno, što ukazuje na ascendentnu cirkulaciju voda duž rasjeda te da će i dubljim bušenjem rasti ovi parametri uz nepromijenjen kemizam. Kemizam voda na bušotini je isti kao i na izvorima. Dozvoljenom ekstrapolacijom temperatura po dubini od 50% od izmjerene temperature na 662 m na bušotini SB-1 dubine dobijamo temperaturu na 1000 m dubine od 39 – 47°C uz uvjet da je i dublje isti kapacitet priliva voda kao na 662 m te da su i dalje peridotiti u profilu. Ipak, evidentno je da će se dubljim bušenjem dobiti veća izdašnost, temperatura vode i količina plina. Ovi parametri će rasti sve do ulaska u trijaske akvifere u kojima će se temperatura ponašati kao jedna izoterma.

Geotermalni konvektivni gradijent na bušotini SB-1 iznosi $G=36,2$ °C/km (proračuna konduktivnih parametara nema u cijeloj ofiolitskoj zoni) pri dubini mjerenja od 662 m pri čemu temperatura iznosi 34,2 °C i predstavlja nestacionarnu temperaturu iz termokarotaža, toplinski konduktivitet peridotita je pretpostavljen $k=2,8$ W/mK te uz klimatsku korekciju od +10, konvektivni toplinski tok iznosi $q=111,4$ mW/m², a moguće je i veći čak i do 180 mW/m², jer peridotiti imaju toplinsku vodljivost čak i do $k\approx 5$ W/mK. Ovo ukazuje na postojanje

povećane pozitivne geotermalne anomalije i eksploatabilnih hidrotermalnih resursa u plićim horizontima, što je dokazano bušotinom SB-1.

Vode su atmosferskog porijekla po izotopskom sastavu kisika ($\delta^{18}\text{O} = -10,45\text{‰}$) i vodika ($\delta\text{D} = -66\text{‰}$) na bušotini, a slično je i na izvorima i nalaze se uz liniju atmosferskih voda na analognom dijagramu, a sadržaj tricija od 0,2 Bq/l pokazuje da su vode prednuklearne i nisu imale vezu sa bilo kojim drugim vodama nakon 1954. god. Ove vode nastaju intezivnom i brzom infiltracijom atmosferilija u karbonatne mezozojske stijene krških masiva južno od Novog Grada, vode descendiraju i dublje od 5 km po seizmo-neotektonskim podacima, pa bi temperatura primarnog akvifera mogla biti i preko 150°C, a njihovo se zagrijavanje vrši iz baze karstifikacije-cirkulacije voda konduktivnim prenosom toplote iz stijena povećane toplinske vodljivosti. Cirkulacija fluida se vrši iz neposredne krovine donjopaleozojskih izolatorskih stijena termalnom ekspanzijom te je toplota movens knvekcije hidrogeotermalnog sustava. Ofiolitske stijene, kao izolatori, ne dopuštaju descendenciju atmosferilija i površinskih voda u hiperalkalne kolektore, pa su isti zaštićeni od miješanja drugih voda i zagađenja s površine terena i istovremeno predstavljaju krovne barijere uzlaznom kretanju hiperalkalnih voda u kojima se ipak u privilegiranim rasjednim pukotinama niskog transmisibiliteta vrši cirkulacija fluida iz dubljih kolektora, kakav je slučaj u Lješljanima.

Iz prezentiranih podataka slijedi da su primarni akviferi ovih voda devonski i P-T₁ karbonati, sekundarni T_{2,3} karbonati i tranzitni peridotiti ofiolitske zone (slika 1).



Legenda: 1. Karbonska klastična podina, 2. Gornjopermski klastiti i evaporiti, 3. Trijaski karbonati i silikoklastiti, 4. Jurski ofiolitski melanz uključujući ultramafitske stijene, 5. Jurske ultramafitske formacije, 6. Gornjopaleogeni fliš, 7. Neogeni sedimenti; bušotina SB-1 Lješljani

Slika 1. Geološki profil u Lješljanima (Etiope i dr. 2017)

Visoka mineralizacija i Cl-OH-Na tip voda uz samo 10 mg/l SO₄ može ukazivati na cirkulaciju voda kroz P-T₁ halitne evaporite, koji su u podini peridotita, a visok pH je rezultat spore cirkulacije kroz ultramafite.

Primjena vode bi bila kao energent vode i plina te u balneologiji, rekreaciji, rehabilitaciji, zdravstvenom turizmu i dr. dok preliminarna balneološka ekspertiza iz 1989. pokazuje da je voda rijetka te se može koristiti za pijenje i inhalacije. Indicirana su i sljedeća područja primjene: bolesti i oštećenja lokomotornog aparata, ginekološke i kožne bolesti i dr.

Iz navedenih podataka očito je da postoji opravdanost dubljeg bušenja, produbljem postojeće (bušenje sa \varnothing 101 mm dublje od 670 m ili izvaditi liner iz bušotine i bušiti sa \varnothing 152,7 mm) ili bušenjem nove bušotine i sigurno je dobijanje većih količina voda i pritiska, viših temperatura hiperalkalnih voda i većeg plinskog faktora (GWR), a ujedno bi se ulaskom u podinu peridotita odredili primarni akviferi i ispitalo postojanje halitnih evaporita, kao slanih voda ili čvrstih stijena.

Hyperalkaline thermomineral waters of Lješljani, Bosnia and Herzegovina

Two perennial, captured hyperalkaline thermomineral springs (Slatina I and Slatina II) and drillhole SB-1 occur in Lješljani village (Novi Grad municipality) in the northwestern part of Bosnia and Herzegovina, in zone of nameless intermittent creek - left tributary of Strižna river, which inflows into the Una river from the right side. Springs are on mutual distance of 40 m and SB-1 is 30 m from Slatina I.

Starting with Katzer, who displayed the Lješljani springs in General geological map sheet Banja Luka in 1921, numerous geological investigations treated the alkaline waters of Lešljani and determined the complexity of geological and tectonic conditions; existence of hydrocarbons or petroleum indications in deeper horizons below the ophiolite rocks also was detected by classical (after Miladinović, Miošić and others) and isotopic (according to Hoefs and Pezdič, CH₄ is here thermogenic wet gas from marine rocks) methods by numerous investigators and institutions of these time.

Research conducted in 2016 by Etiope et al., showed a whole new and surprising knowledge about the genesis of gases, especially methane and its higher homologues. These investigations showed the Lješljani aquifer has the highest CH₄ concentration (2,706 μ M, i.e. about ~9 ton/y) and the highest pH (12.8) documented so far in peridotite-hosted hyperalkaline waters in the world; the CH₄ and H₂ (185.03 μ M) are dominantly abiotic origin generated in the processes of serpentinization. This fact was the one of some motives for making the paper. The prognosis of the existence of fluids below the peridotite was not subject of the investigations. The question are there CH₄ and its higher homologues in the footwall of peridotite. Measuring at the SB-1 well during the drilling in 1991 showed significantly higher methane content (241,920 l/day of CH₄ = 62.8 t/year). In 1991 in the well was measured 2.8 l of CH₄ per 7 l of water and methane combustion energy of 8,748 MJ/day, i.e. power is 0.1 MW, and thermal power of water with Q=8.9 l/s and $t_{ref.}=10^{\circ}C$ amounts 0.75 MW_t.

As the specialty it can be emphasized this water is the only one hyperalkaline thermomineral water in BiH, while it has a large number of hypothermal and thermal waters with very high pH in other parts of the ophiolite zone in BiH and Serbia. Unlike the hyperalkaline waters of Bosnia, Serbia, Bulgaria, Yemen, USA, Philippines and others, the water of Lješljani has about 10 times higher mineralization. Well SB-1 produced 20 time greater water yield and higher temperatures up to 13 °C than existing springs in Lješljani with the same pH value. This probably indicates more complex geological settings and structure of terrain than it is the case in others parts of the ophiolite zone. Lješljani water is the most studied among all other hydrotherms in Bosnia and Herzegovina regarding geological, geophysical, petroleum-

geological, hydrogeological, geochemical and geothermal researches, but there are still essential open questions about the genesis of its fluids especially why Lješljani has the greatest emission of CH₄ and higher pH value among all deposits in ultramafites throughout the whole world.

Lješljani terrain in geotectonic sense belongs to the Dinaridic Ophiolite Zone, where its development on the surface of the terrain is narrowest. The ophiolite zone here is overthrust on the zone of Palaeozoic shales and Mesozoic limestones.

In 1989 and 1990 the springs had a temperature of 17 - 19 °C, pH = 11.7-12 mineralization 2,139.6 mg/l, Cl-OH-Na type of water and yield Q = 0.25 l/s (Slatina I) and Q = 0.3 l/s (Slatina II); GWR at the spring of Slatina I was 0.56. According to analysis from 1982, the dominant dissolved gases in the water of the Slatina I are N₂ (80.3%) and O₂ (14.4%) and free gases CH₄ with its higher homologues (62%) and N₂ (34.5%).

Well SB-1 is found from 0-80 m shales and sandstones of ophiolite melange and from 80 to 672 m peridotites and serpentinized peridotites of Ophiolite zone.

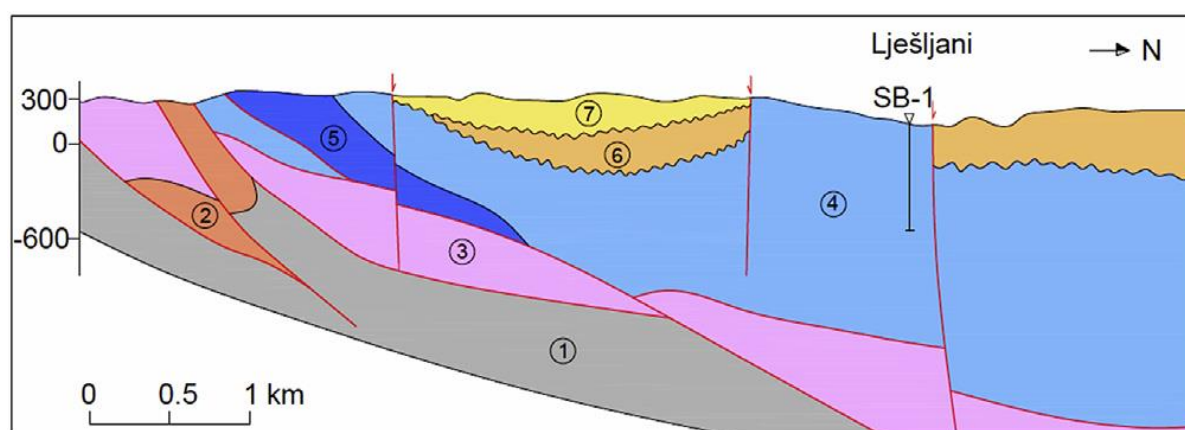
The well had different inflows of water and temperature during the drilling, ranging from 299 m to the bottom of 672 m. The maximum headwell cumulative yield at a depth of 672 m was 8.9 l/s and temperature 30.4 °C (according to thermal logging the temperature at 662 m was 34.2 °C), pH 12 and p_{st} = 7.3 bar at the wellhead. Drilling company could not continue deeper drilling for technical reasons. The yields grow discontinuously with depth, while the temperature from 480 m to the bottom of well grows linearly, which indicates the ascending circulation of water along the fault paraclase, and with deeper drilling these parameters will grow with unchanged water chemistry. The water chemistry at the well is the same as in the springs. By allowed extrapolation of temperature per depth from 50% of measured temperature at 662 m at the SB-1 well, the temperature at 1000 m depth is 39 - 47 °C, provided that the water inflow is the same deeper of 662 m and that peridotite occurs furthermore in the profile. It is evident deeper drilling will result in greater yield, higher water temperature and gas content. These parameters will grow up to the entrance to the Triassic aquifer in which the temperature will behave as one isotherm.

The geothermal convective gradient at SB-1 well is G = 36.2 °C/km (calculated conductive parameters do not exist throughout the ophiolite zone) at depth of 662 m, with a temperature of 34.2 °C and it represents nonsteady temperature from thermo logging; thermal conductivity of peridotite is assumed k = 2.8 W/mK and with a climate correction of +10, the convective heat flow is q = 111.4 mW/m², and possibly more than 180 mW/m², because peridotites have thermal conductivity even to k = 5 W/mK. This fact point out to the existence of enlarged positive geothermal anomaly with exploitable of hydrothermal resources in shallow depths, what is proved in the well SB-1.

The waters are of meteoric origin according to the isotopic composition of oxygen (δ¹⁸O = -10.45 ‰) and hydrogen (δD = -66 ‰) at the well, what is similar in the springs and isotope values are close to the meteoric water line in analogous diagram; tritium content of 0.2 Bq/l shows the waters are pre-nuclear and had no connection with any other waters after 1954. These waters are formed by intensive and fast infiltration of meteoric waters into the carbonate Mesozoic rocks of karst massifs south of Novi Grad; the waters descend deeper than 5 km

according to seismic-neotectonic data, therefore, the temperature of primary aquifer can reach over 150°C and their heating is carried out from the base of karstification-circulation of water by the conductive heat transfer from the rocks of increased thermal conductivity. Fluid circulation is taking place from the roof of the Lower Paleozoic insulator (because of this there are naturally protected of mixing from other waters and the pollution from the earth surface) rocks by thermal expansion and the heat is the movens of hydrothermal system convection. The ophiolite rocks, as insulators, do not allow the descension of meteoric and surface waters into hyperalkaline reservoirs and at the same time represent roof barriers to the upflow of hyperalkaline waters, in which, however, in the privileged faults of low transmissibility, it happens fluid flows from deeper reservoirs, as is the case in Lješljani.

It follows from presented data the primary aquifers of these waters are Devonian and P-T₁ carbonates, secondary T_{2,3} carbonates and transient peridotites of ophiolite zone (Fig. 1).



Legend: 1. Carboniferous clastic basement; 2. Late Permian clastics and evaporites; 3. Triassic carbonates and siliciclastics; 4. Jurassic ophiolite melange, including ultramafic rocks; 5. Jurassic ultramafic formations; 6. Late Paleogene flysch; 7. Neogene sediments; SB-1: Lješljani well.

Fig. 1. Geological cross section at Lješljani (Etiope et al., 2017)

High mineralization and Cl-OH-Na type of waters with 10 mg/l SO₄ only can point out to circulation of waters through P-T₁ halite evaporites, which are situated in foot-wall of peridotites and high pH is the result of slow circulation through peridotites.

The application of water would be a water and gas energy source and in balneology, recreation, rehabilitation, health tourism, etc. while preliminary balneological expertise from 1989 shows water is rare in the world and can be used for drinking and inhalation; the following field of use are also indicated: diseases and damages of the locomotor apparatus, gynaecological and skin diseases, etc.

From these data it is obvious there is a justification for deeper drilling of the existing well (deeper drilling of 670 m with Ø 101 mm or pull out the liner and drill with Ø 152,7 mm) or drilling a new well. It is sure the obtaining greater yields of water and pressure, higher temperatures of hyperalkaline waters and higher gas water ratio (GWR) comparing to well SB-

1; at the same time the primary aquifers will be determined in the footwall of peridotites and the eventually the existence of halite evaporites, as salt water or solid rocks.

Literatura / Reference

1. Barić G., (1988): Rezultati geokemijskih ispitivanja stijena Didaridsko-jadranskog područja i rubnih dijelova Panonskog basena, Nafta 9, Zagreb.
2. Čepelak R., Mandić V., (1989): Preliminarna balneološka ekspertiza vode Lješljani, Zavod za fizikalnu medicinu i rehabilitaciju Medicinskog fakulteta sveučilišta u Zagrebu.
3. Čičić S., Miošić N., (1986): Geotermalna energija Bosne i Hercegovine, Geoinženjering, Sarajevo.
4. Čvorović Lj., (1967): Katastar hemijskih analiza mineralnih, termalnih i termomineralnih voda BiH, Geološki zavod, Sarajevo.
5. Čvorović Lj., (1969): Naftogeološke karakteristike podzemnih voda SRBiH, Institut za geološka istraživanja, Sarajevo.
6. Etiope G., Samardžić N., Grassa F., Hrvatović H., Miošić N. and Skopljak F., (2017): Methane and hydrogen in hyperalkaline groundwaters of the serpentinized Dinaride ophiolite belt, Bosnia and Herzegovina, Applied Geochemistry, 84, 286-296.
7. Glavaš S. Toholj N., Jolović B. (2015?): Nivo istraženosti, ocjena održivosti i mogućnosti korištenja hiperalkalnih termomineralnih voda na području Lješljana; Geološki glasnik – Nova serija 2?, Zvornik.
8. Grandić, S. (1974): Prva panel diskusija o 'Pregibnoj zoni' Unutrašnjih Dinarida'. Radovi znastvenog savjeta za naftu. Nafta, 7-8.
9. Hoefs J., (1980): Stable isotope geochemistry; Springer Verlag, Berlin; Heidelberg, New York.
10. Jagačić T., (1976): Izvještaj o izvršenim analizama sa Slatine kod Lješljana, Naftaplin Zagreb.
11. Jagačić T., Miladinović M., Rubinić A., (1972): Mineralne sirovine Bosne i Hercegovine, Knj. VII, Ležišta ugljovodonika, Rukopis, Institut za geologiju, Sarajevo.
12. Josipović, J. , (1971): Mineralne, termalne i termomineralne vode na teritoriji Bosne I Hercegovine. Geološki glasnik 15, Sarajevo.
13. Jurić M., (1971): Geologija područja sanskog paleozoika u sjeverozapadnoj Bosni, Posebno izdanje Geološkog glasnika, knjiga XI, Srajevo.
14. Katzer F., (1921): Geologische uebersichtkarte von Bosnien – Herzegovina, 1:200.000, Drittes Sechstelblatt: Banja Luka, Sarajevo.
15. Miladinović M., (1966): O nekim problemima geologije i tektonike severnog dela Bosanske Krajine, Geološki glasnik (Sarajevo), 11, 313-345.
16. Miladinović M., (1980): Bilješka o prirodnoj pojavi metana u Slatini kod Lješljana u sjeverozapadnoj Bosni, Nafta br. 1, Zagreb.
17. Miljuš P., (1963): Novi prilog poznavanju geologije severne Bosne, Geološki glasnik 8, 95-115, Sarajevo.
18. Miošić N., (1977): Katalog pojava mineralnih, termalnih i termomineralnih voda BiH, Geoinženjering – Sarajevo, Institut za hidrogeologiju i hidrotehniku Ilidža.
19. Miošić N., (1982): Genetska kategorizacija mineralnih, termalnih i termomineralnih voda BiH. Geološki glasnik 27. p. 221 - 258. Sarajevo.
20. Miošić N., (1987): Geneza hidrogeotermalnih konvektivnih sistema H₂O - CO₂ u nekim područjima pojava mineralnih i termomineralnih voda Bosne – novije interpretacije. Geološki glasnik 30.,p. 247 - 267. Sarajevo.
21. Miošić N. , (1987): Hiperalkalne novootkrivene termalne vode u Bosni. Geološki glasnik 30, Sarajevo.

22. Miošić N., (1989): Izvjestaj o geološkim, hidrogeoloskim i naftno-geoloskim karakteristikama termomineralne vode Slatina- Lješljani-Bosanski Novi", Geoinstitutu Ilidža, Sarajevo.
23. Miošić N., (1990): Izvještaj o naftno-geološkim karakteristikama hiperalkalne termomineralne vode Lješljani. FSD „Energonafta“ – Bosanski Brod.
24. Miošić N., (1991): Program regionalnih hidrogeoloških istraživanja termomineralnih voda Bosanskog Novog, Geoinženjering, Sarajevo.
25. Miošić N., (2001): Postignuća i zadaci hidrogeologije i geotermije Bosne i Hercegovine. Geološki glasnik 34, Sarajevo.
26. Miošić N., (2003): Geotermalni parametri i značajke hidrogeotermalnih regiona BiH, Geološki glasnik 35, Sarajevo
27. Miošić N., (2006): Komparacija izvora i bušotina hidrogeoterma Bosne i Hercegovine. Zbornik radova I Savjetovanja geologa Bosne i Hercegovine s međunarodnim sudjelovanjem. Muška voda Kladanj, Bosna I Hercegovina 24. - 25. 06. 2004., 255 – 272, Udruženje geologa Bosne i Hercegovine – Sarajevo, 2006.
28. Miošić N. et al., (1983): Izvještaj regionalnih istraživanja geotermalne energije područja Bosanske Krajine za 1882./83. godinu. FSD “Geoinstitut”- Sarajevo.
29. Miošić N., Glavaš S., (1991): Izvještaj o geološkim i hidrogeološkim istraživanjima na bušotini SB-1- Lješljani. FSD “Geoinstitut”- Sarajevo.
30. Miošić N., Mitrović D., Popaja I. (1989): Program regionalnih hidrogeoloških istraživanja termomineralnih voda Bosanskog Novog. Geoinženjering, Sarajevo.
31. Miošić N., Samardžić N., (2015): Mineral, thermal and thermomineral waters of Bosnia and Herzegovina, Monograph-Mineral and Thermal waters of Southeastern Europe, edited by Petar Papić, Environmental Earth Sciences, Springer.
32. Miošić N., Sofilj J. (1989): Izvještaj o geološkim, hidrogeološkim I naftno geološkim karakteristikama termomineralnih voda Slatina - Lješljani, Bosanski Novi. Geoinženjering, Sarajevo.
33. Obelić B. (1982): Rezultati analiza tricija (Izvor Lješljani, Barake-Mala Kladaša, Smrdeljac-Cerovica, B-1 and B-11 Gata, Slatina-bušotina kod potoka Slatina i SB-1). Institut Ruđer Bošković, Zagreb.
34. Papeš J., (1988): Tektonske structure Bosne i Hercegovine, studija, Nepublikovan izvještaj, SIZ nauke BiH, Sarajevo.
35. Pezdič J., (1990): Istraživanje gasova na izvoru Lješljani. Institut „Jožef Stefan“, Ljubljana.
36. Pezdič J. (1991): Geohemijska istraživanja vode i gasa bušotine SB-1 Lješljani, Institut „Jožef Stefan“, Ljubljana.
37. Pezdič, J., et al., (1980–1985): Analize kemizma mineralnih, termalnih i termomineralnih voda Bosne. Izvještaji Inštituta „Jožef Stefan“ – Ljubljana. FSD „Geoinženjering“ – Sarajevo.
38. Sikošek B., (1983a): Verification of perspective paths for geothermal energy and its exploitation on selected area of Bosanska Krajina, In Miošić N. et al.: Report on regional research of Bosanska Krajina region geothermal energy, Unpublished paper, Geoinstitut Ilidža, Sarajevo.
39. Sikošek, B., (1983b): Tectonic, neotectonic and seismotectonic characteristics of wider area of Bosanska Krajina in relation to the research of geothermal potentials (in Serbian), Study, In: Miošić N. et al., 1983: Report of regional research of geothermal energy of Bosanska Krajina Region for 1982-1983, Unpublished paper.
40. Šebečić B., (1988): O problematici otkrivanja matičnih stijena u nas, Nafta 10, Geol. 39, Zagreb.
41. Tissot B. P., Walte D. H., (1984): Petroleum formation and occurrence, Springer Verlag, New York.

42. Truesdell A. H., Nehring N., L., (1978): Gases and water isotopes in a geochemical section across the Larderello, geothermal field, Italy. In Rybach L.L., Stagena: Geothermics and Geothermal Energy. CCRG 7. Birkhauser Verlag, Basel und Stuttgart.
43. Urli M. et al., (1991): Izvještaj o karotažnim mjerenjima u bušotini SB-1 – Lješljani kod Bosanskog Novog. FSD “Geoinstitut” – Sarajevo.
44. Waples D. W. (1985): Geochemistry in Petroleum exploration. Intern. Human resource. Devel. Co., Boston, 159.

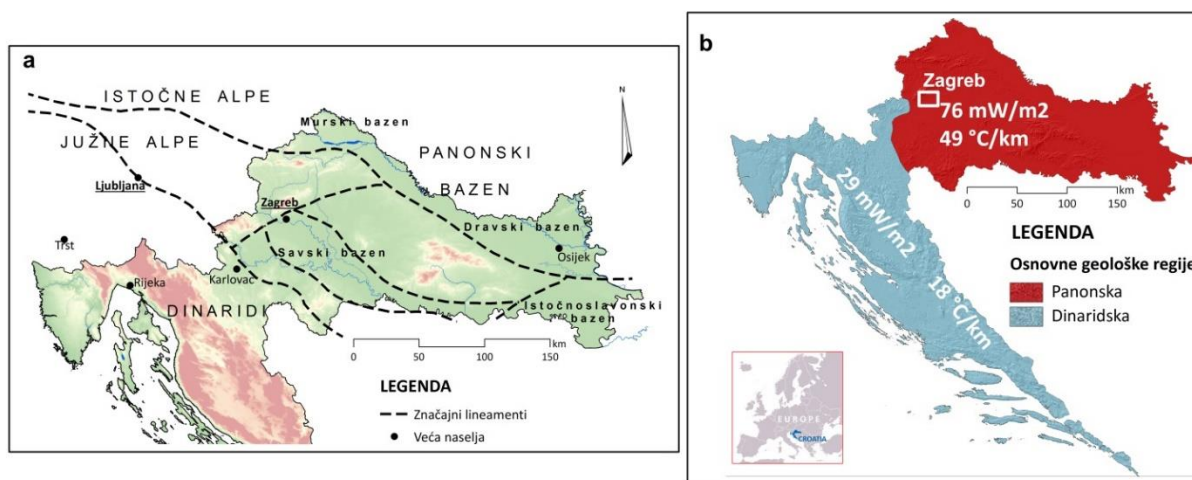
ISTRAŽIVANJE DUBOKOG I PLITKOG GEOTERMALNOG POTENCIJALA NA ZAGREBAČKOM PODRUČJU

dr. sc. Staša Borović¹, dr. sc. Kosta Urumović¹, dr. sc. Josip Terzić¹

Hrvatski geološki institut – Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju, Sachsova 2, 10000
Zagreb; sborovic@hgi-cgs.hr

Ključne riječi: termalne vode, dizalice topline, urbanizirano područje, Zagreb, Hrvatska

Hrvatska je smještena području dodira glavnih europskih tektonskih jedinica: Alpa, Dinarida i Panonskog bazena (Sl. 1a). Kada se područje promatra iz perspektive korištenja geotermalnih resursa, ono se može podijeliti u dvije karakteristične regije (Sl. 1b). Geološki gledano, sjeveroistočni dio zemlje predstavlja jugozapadnu rub Panonskog bazena, dok je jugozapadni dio teritorija smješten u Dinaridima. Povoljne geotermalne karakteristike Panonskog bazena dobro su poznate i dokazane (npr. Dóvényi i Horváth, 1988; Horváth i sur., 2015), a Hrvatska se nalazi na njegovom jugozapadnom rubu. Stanjivanje litosfere u području zalučne ekstenzije dovodi do visokog toplinskog toka iz plašta te, kao posljedica toga, anomalno visokog površinskog toplinskog toka. S druge strane, dinaridsko područje karakterizira kombinacija debele litosfere i kilometarskih naslaga karbonatne platforme, koje su i okršene - omogućujući duboku cirkulaciju meteorske vode, što dovodi do gotovo zanemarivog površinskog toplinskog toka. Zato su geotermijska istraživanja (uz iznimku dizalica topline) koncentrirana na panonski dio zemlje.

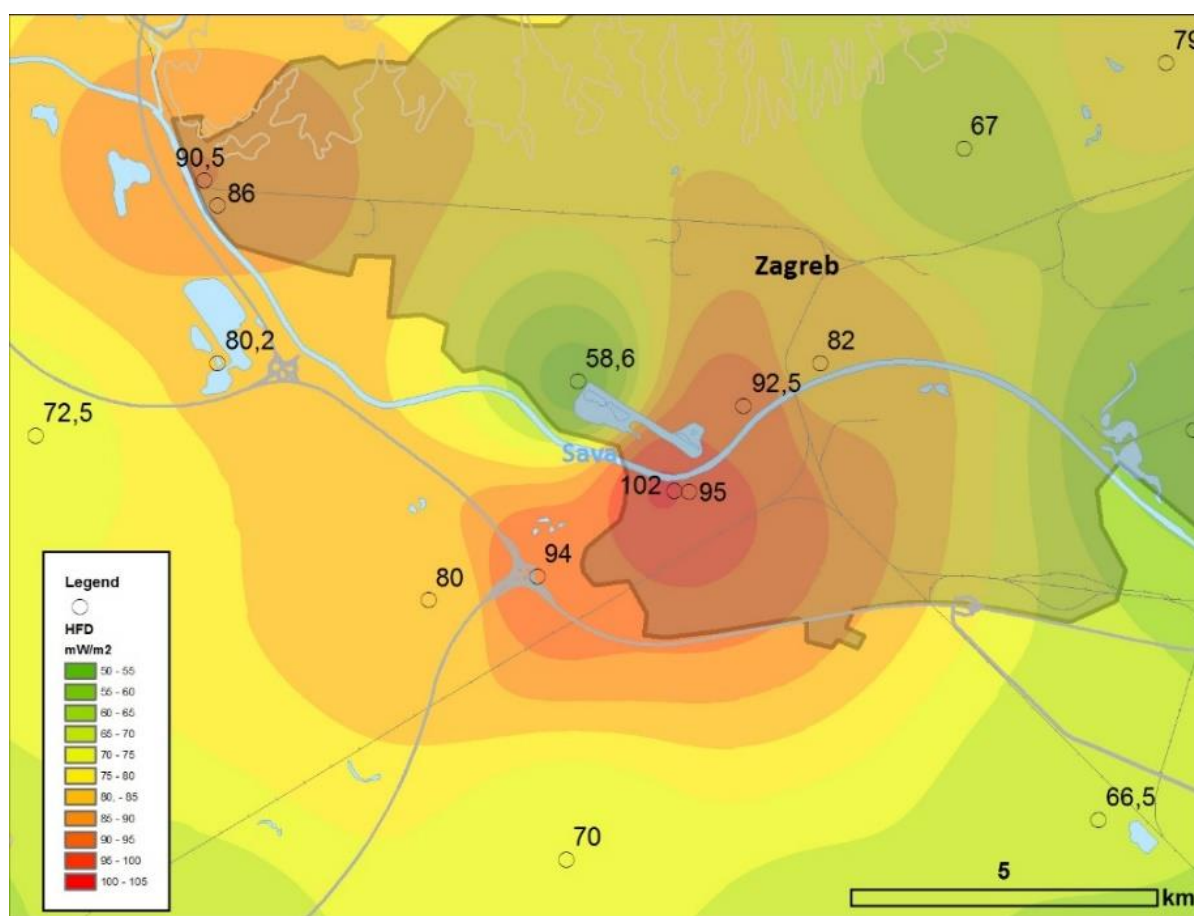


Slika 1: (a) Smještaj Hrvatske u odnosu na glavne europske tektonske jedinice (prema Lučić et al. 2001; Tari and Pamić 1998; Velić et al. 2012); (b) Gustoća toplinskog toka i geotermalni gradijent u različitim regijama Hrvatske, modificirano prema Borović et al. 2016.

Za geotermalnu energiju najperspektivnija tržišta predstavljaju upravo urbanizirane sredine. U Hrvatskoj najveću urbanu aglomeraciju čini Grad Zagreb s više od 800.000 stanovnika i gustoćom naseljenosti većom od 1.232 stanovnika po km² (DZS, 2018). Pritom sezona grijanja u ovom području traje 220 dana godišnje, a ono posjeduje značajan potencijal za korištenje i

dubokih i plitkih geotermalnih potencijala. Iz navedenih je razloga upravo ovo područje odabrano kao ogledno u sklopu tekućih projekata različite geotermijske tematike.

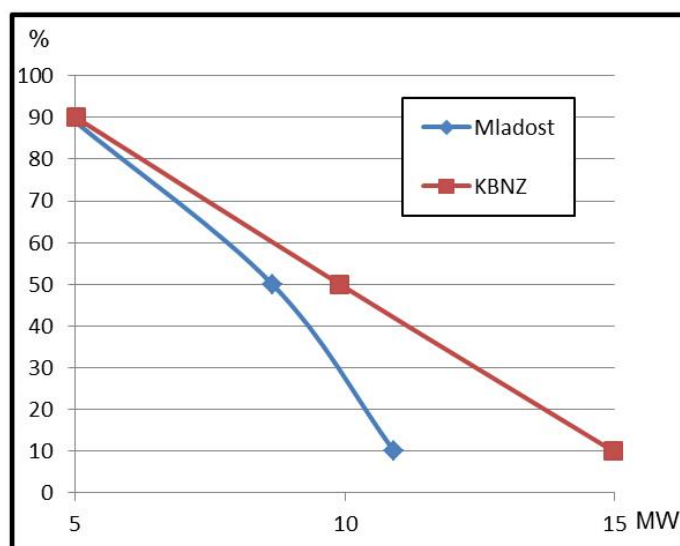
Duboki geotermalni resursi su sadržani u geotermalnim vodonosnicima: badenskim bioklastičnim (*Lithotamnium*) vapnencima Prečec formacije i dolomitima, vapnencima i dolomitnim vapnencima srednjeg i gornjeg trijasa (PT formacije). U većini bušotina te su formacije nabušene na dubinama u rasponu od 800 do 900 m u središnjem dijelu geotermalnog polja, a temperature vode se kreću od 57 do 85 °C. Zagrebačko geotermalno polje istražuje se od 1980-ih, ali razina iskorištenosti je loša s obzirom na raspoloživi resurs unutar gusto naseljenog područja s već postojećim sustavom daljinskog grijanja. Podatci prijašnjih istraživanja trenutno se digitaliziraju u svrhu izrade 3D modela podzemlja i modela temperatura u okviru Horizon 2020 projekata HotLime i GeoTwin.



Slika 2: Interpolacija gustoće toplinskog toka (HFD) prema podacima Kovačića (2002) na području Geotermalnog polja Zagreb. Granica Grada Zagreba predstavljena je sivim poligonom.

U sklopu projekata predviđena je reinterpretacija postojećih bušotinskih podataka i seizmičkih refleksijskih profila, hidrogeokemijskih podataka te kvantifikacija i klasifikacija dostupnoga geotermalnog resursa. Iz zajedničke interpretacije bušotinskih i seizmičkih podataka cilj je izraditi 3D model podzemlja, potom pristupiti termogeološkoj i hidrogeološkoj parametrizaciji jedinica te izradi prvo stacionarnog, a potom i prijelaznog temperaturnog modela područja.

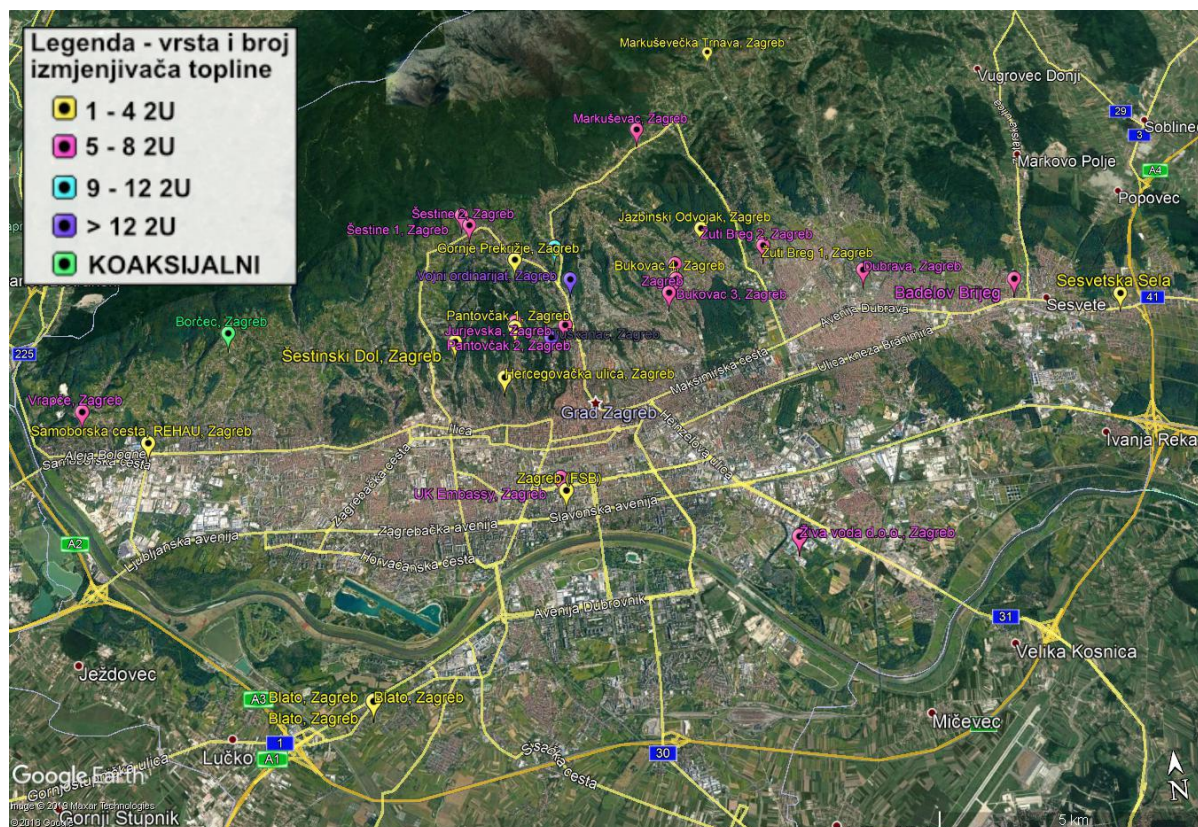
Procjene vjerojatnosti (P10, P50 i P90) načinjene su na temelju podataka iz Glavnog rudarskog projekta Geotermalnog polja Zagreb (Zelić i sur., 1995.), koristeći softver DoubletCalc 1.4.3 (TNO, 2014), koji je kreiran u svrhu izdavanja dozvola za geotermalna polja u Nizozemskoj (Sl. 3). Potom je provedena klasifikacije raspoloživog geotermalnog resursa prema UNFC-2009 sustavu. U sklopu projekta DARLINGe provedena je klasifikacija resursa za **Zagrebački pod-bazen** Panonskog bazena te je resurs klasificiran kao **E.3; F3; G4** (Nador, 2018). Zagrebačko pilot područje ima dva tehnološka sustava: Mladost (operativan) i KBNZ (nije u funkciji). Jedini operativni sustav (**Mladost**) klasificiran je kao **7 PJ E1.1; F1.1; G1 + 5 PJ E1.1; F1.1; G2 + 3 PJ E1.1; F1.1; G3** - potpuno suprotno nego kada se (neprimjereno) promatra cijeli **Zagrebački pod-bazen**. Ovaj je sustav u uspješnom kontinuiranom radu od 1987. godine, pa je očito izvediv i društveno-ekonomski prihvaćen. S druge strane, susjedni sustav **KBNZ** istog geotermalnog polja mora biti klasificiran kao **7 PJ E3; F1.3; G1 + 7 PJ E3; F1.3; G2 + 7 E3; F1.3; G3**, jer - iako sve bušotine postoje od 1987. godine, testirane su, odobrena je koncesija itd. - sustav nikada nije počeo s radom. Slučaj KBNZ tipičan je primjer zakonodavnih, administrativnih i političkih prepreka provedbi projekta, što dovodi do klasifikacije E3 projekta koji bi mogao raditi već desetljećima.



Slika 3: Grafički prikaz vjerojatnosti ostvarenja određene toplinske snage u tehnološkim sustavima Mladost i KBNZ.

Iako su pojave termalne vode generalno spektakularan prirodni fenomen, 85% ulaganja u geotermalnu energiju u EU usmjereno je na plitko podzemlje, tj. korištenje geotermalnih dizalica topline (EGEC, 2018). Njihove su prednosti gotovo sveprisutni potencijal, manji rizici kod investicija i mogućnost reverzibilnog režima rada (grijanje, ali i hlađenje, što ima veliki značaj u urbaniziranim sredinama). U nizinskom dijelu gradskog područja Zagreba, koje karakterizira plitki aluvijalni vodonosnik Save, povoljnije je koristiti dizalice topline s podzemnom vodom kao izvorom topline (engl. Groundwater Heat Pump - GWHP), dok je na obroncima Medvednice (Podsljemenska urbanizirana zona) primjerenije instalirati dizalice topline s tлом kao izvorom topline (Ground Source Heat Pump - GSHP). Plitki geotermalni potencijal područja istražuje se u okviru Horizon 2020 projekta MUSE. Istraživanje će se

usredotočiti na GWHP, budući da se isti vodonosnik koristi i za vodoopskrbu, a mogućnosti za postavljanje GSHP-a istraženi su prethodnim projektom GeothermalMapping (Borović i sur., 2018; Soldo i sur., 2016). U plitkom podzemlju urbanih područja postoji konkurencija različitih korisnika (sustavi vodovoda i odvodnje, dizalice topline, duboke podzemne građevine poput hidroizoliranih podvožnjaka, podzemnih garaža i dubokih temelja), što može dovesti do sukoba. Postojeće metodologije nužno je prilagoditi potrebama urbaniziranih područja (područja s velikim brojem potencijalnih korisnika plitkog podzemlja) u lokalnom mjerilu, jer će ona predstavljati najvažnije tržište za plitku geotermalnu energiju u doglednoj budućnosti te se očekuje da će biti glavni pokretač dekarbonizacije sektora grijanja i hlađenja.



Slika 4: Sustavi dizalica topline na području Zagreba prema Macenić i sur. (2018). Podatci su prikupljeni kroz osobne kontakte s bušaćim kompanijama.

Spomenuti projekti predviđaju i opsežnu diseminaciju svojih rezultata prema znanstvenoj, stručnoj i općoj javnosti, kao i prema regulatornim tijelima i donositeljima odluka, s konačnim ciljem povećanja iskorištenja ovog lako dostupnog resursa u zajedničkom pilot području, kao i prijenos dobre prakse u druga urbanizirana područja. To će se postići razmjenom znanja i iskustava između šesnaest europskih geoloških službi koje sudjeluju u projektima, kao i predstavljanjem putem mrežnih stranica - GeoERA informacijske platforme (GIP-P), informativnih letaka, radionica i kongresnih priopćenja.

Zahvale

Ovo je istraživanje sufinancirano iz programa Europske unije za istraživanje i inovacije Horizon 2020: GeoERA prema ugovoru o dodjeli sredstava br. 731166 (**HotLime**: Mapping and Assessment of Geothermal Plays in Deep Carbonate Rocks – Cross-domain Implications

and Impacts i **MUSE**: Managinng Urban Shallow geothermal Energy) te Twinning u okviru sporazuma o dodjeli sredstava WIDESPREAD-05-2017 (**GeoTwinn**: Strengthening research in the Croatian Geological Survey: Geoscience-Twinning to develop state-of-the-art subsurface modelling capability and scientific impact). Hrvatski geološki institut sufinancirao je istraživanje kroz projekt Osnovna hidrogeološka karta Republike Hrvatske.

Reference

1. Borović, S., Marković, T., Larva, O., Brkić, Ž. & Mraz, V. (2016): Mineral and thermal waters in the Croatian part of the Pannonian basin. U: Papić, P. (Ur.): Mineral and Thermal Waters of Southeastern Europe. Springer, Cham, pp 31-45.
2. Borović, S., Urumović, K., Terzić, J. & Pavičić, I. (2018): Examining thermal conductivities of shallow subsurface materials for ground source heat pump utilization in the Pannonian part of Croatia. The Mining-Geology-Petroleum Engineering Bulletin. 33, pp 27-35.
3. Dóvényi, P. & Horváth, F. (1988): Review of Temperature, Thermal Conductivity and Heat Flow Data for the Pannonian Basin. U: Royden, L. H., Horváth, F. (Ur.): The Pannonian Basin – a Study in Basin Evolution. American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, Oklahoma, pp 195-233.
4. Državni zavod za statistiku (DZS), Popis stanovništva RH 2011. godine, <https://www.dzs.hr/> [pristup 2019-07-30] Getliher, A. & Cazin, V: Geothermal waters of the Republic of Croatia – unutilized wealth. In: Barkovic, D. and Golub, M. (Eds.): Geothermal resource assessment of the Drava Basin. University of Osijek – Faculty of economy, Osijek, (2014), 59-73. (in Croatian)
5. European Geothermal Energy Council - EGEN (2018): EGEN Annual Report 2018, Brussels, 24 p.
6. Horváth, F., Musitz, B., Balázs, A., Véghe, A., Uhrin, A., Nádor, A., Koroknai, B., Pap, N., Tóth, T. & Wórum, G. (2015): Evolution of the Pannonian basin and its geothermal resources. Geothermics, 53, pp 328-352.
7. Kovačić, M. (2002): Uzroci pozitivne geotermalne anomalije na zagrebačkom području. Doktorska disertacija. Sveučilište u Zagrebu – Rudarsko – geološko – naftni fakultet, 102 p.
8. Lučić, D., Saftić, B., Krizmanić, K., Prelogović, E., Britvić, V., Mesić, I. & Tadej, J.: The Neogene evolution and hydrocarbon potential of the Pannonian Basin in Croatia. Marine and Petroleum Geology, 18, (2001), pp 133-147.
9. Macenić, M., Kurevija, T. & Strpić, K. (2018): Systematic review of research and utilization of shallow geothermal energy in Croatia. The Mining-Geology-Petroleum Engineering Bulletin, 33 (5), pp 37-46.
10. Soldo, V., Boban, L. & Borović, S. (2016): Vertical distribution of shallow ground thermal properties in different geological settings in Croatia. Renewable Energy, 99, pp 1202-1212.
11. Tari, V. & Pamić, J. (1998): Geodynamic evolution of the northern Dinarides and the southern part of the Pannonian Basin. Tectonophysics, 297, pp 269-281.
12. TNO: DoubletCalc, a program for calculating the indicative power of a geothermal doublet, v. 1.4.3, (2014). <https://www.nlog.nl/en/tools> [pristup 2019-07-22]
13. Zelić, M., Čubrić, S., Kulenović, I., Kušek, M., Marčan, B. et al. (1995): Glavni rudarski projekt Geotermalnog polja Zagreb. INA-Naftaplin, Zagreb, 268 p.

STANJE I MJERE ZAŠTITE IZVORIŠTA NA PODRUČJU TUZLANSKOG KANTONA

Dr.sc.Dinka Pašić-Škripić, red. prof., Dr.sc.Izet Žigić, red.prof.

Rudarsko-geološko-građevinski fakultet, Univerzitet u Tuzli

Ključne riječi: izvorište, vodno tijelo, zaštita, monitoring, zakonska regulativa

Key words: source, body of water, protection, monitoring, legislation

Rezime

Neophodnost zaštite izvorišta proističe iz svakodnevnog zagađenja istih, kao i neadekvatno provedenih mjera zaštite. Nedostatak vode za piće predstavlja ograničavajući faktor za intenzivni razvoj, a sa druge strane negativni antropogeni uticaj na izvorišta je toliki, da ona postaju neupotrebljiva za piće. Ovi problemi su posebno izraženi u područjima sa nedostatkom potrebnih i neophodnih količina kvalitetne vode za piće, čija se izdašnost svakodnevno umanjuje zagađivanjem, a ne daju se prednosti novim hidrogeološkim istraživanjima, čime bi se obezbjedile nove količine vode. Ljudske potrebe za vodom su odavno postale veće nego što su objektivno rezerve zahvaćenih voda, tako da se ta problematika stalno usložnjava, a adekvatnih rješenja je nedovoljno. Koliko je problem složen, predstaviti će se na primjeru prostora Tuzlanskog kantona.

Summary

The necessity of protection of sources is derived from daily pollution thereof, and inadequate protection measures implemented. Lack of drinking water is a limiting factor for intensive development, and on the other side of the negative anthropogenic impact on water sources is such that they become unusable for drinking. These problems are particularly pronounced in areas with a lack of needed and necessary quantities of quality drinking water which can yield a daily basis reduces pollution, but do not give up the advantages of the new hydrogeological investigations, which would have provided a new water. People's needs for water have long since become bigger than they are objectively affected water reserves, so that these problems have become increasingly complex, and adequate solutions is not enough. How the problem is complex, will be presented on the example of Tuzla Canton.

1. Podzemne vode i njihov značaj

Podzemne vode predstavljaju jedan od najvažnijih i najaktivnijih vidova geološke materije, koja utiče na niz geoloških procesa u zemljinoj kori i uslove njenog obrazovanja. Zbog toga podzemne vode treba detaljno izučavati kako bi se mogle adekvatno zahvatati za različite potrebe, ali isto tako i znati kako se odbraniti u slučaju njihovog prodora npr. u rudničke prostorije, ili pri gradnji hidrotehničkih objekata i slično. Obzirom da voda predstavlja osnovu za opstanak živog svijeta na Zemlji, ona je od nastanka čovječanstva bila predmet ljudskog interesovanja. Najstariji poznati podaci o gradnji bunara i cisterni za sakupljanje vode, odnose se na Mesopotamiju (prije 5-6000 godina) i Egipat (1900 godina p.n.e.). Krajem 12.vijek a izgrađen je prvi gravitacioni vodovod u Parizu, u 13.vijeku vodovod u Londonu, a početkom 15 vijeka u nekim njemačkim i poljskim gradovima.

U stara vremena, zahvatanja podzemnih voda ostrvarivala su se različitim načinima. Kinezi, Grci, Persijanci i Rimljani gradili su vodozahvate u obliku nagnutih galerija za skupljanje vode (po tipu sličnom karizima). Karizi su bili objekti koji su zahvatali vodu sa dubine od oko 50 m, a bunari su se postavljali na rastojanju od 5 do 50 m. Iz ovakvih objekata vodom se snabdijevano grad Teheran. Kaptirana podzemna voda izvlačila se na površinu zemlje i gravitacijom upućivala na velika rastojanja. U zemljama Srednjeg Istoka, Grci su u VI vijeku, a Rimljani u III vijeku p.n.e. radi snabdijevanja vodom za piće i navodnjavanjem, relativno mnogo koristili podzemne vode. Istraživanja i ispitivanja podzemnih voda za različite ciljeve, vršila su se i u Rusiji od davnih vremena. Tako je npr. prvi vodovod pod pritiskom izgrađen u Moskvi 1631.g. za potrebe dvorca u Kremlju, a gradio ga je Hristofer Galovej, a dvije godine kasnije su A. Konstantinov i T. Šarutin, izgradili novi vodovod.

Na tlu bivše Jugoslavije, najpoznatiji vodovodi datiraju iz rimskog perioda u Beogradu (Singidunum) i Dioklecijanov vodovod u Splitu, koji je bio u upotrebi oko 1700 godina. Prije 550 godina Sarajevo je dobilo svoj prvi vodovod, 1461. godine, Gazi-Isa-begov vodovod. Bio je u funkciji preko 425 godina, sve do 1887. godine. Izgradio ga je Gazi Isa-beg Ishaković, osnivač Sarajeva. Tuzla je dobila svoj vodovod 2.12.1910. godine, a Zenica 1855. godine.

Voda zajedno sa elektrolitima osigurava temeljne fizičko-hemijske uvjete za odvijanje fizioloških procesa organizama, ne samo čovjeka, nego i ostalih živih bića. Ona je uvjet opstanka života jer čini oko 65% građe čovjeka i životinja, a čak 95% građe biljaka.

Podzemne vode veliki značaj imaju za rast biljaka u okviru biosfere, dok su mnoga fizička, hemijska i toplotna svojstva stijenskih masa uslovljena prisustvom podzemnih voda. U svakodnevnom životu ljudi, praktična upotreba malomineralizovane vode je neizostavna jer se koristi za vodosnabdijevanje, navodnjavanje, u prehrambenoj industriji, u vodoprivredi, a mineralne vode za liječenje, rekreaciju, toplifikaciju objekata i slično.

Ljudske potrebe za vodom svakodnevno se povećavaju u različite svrhe, čime se smanjuju i njene rezerve. Ako se pri tome doda poremećaj ravnoteže kroz zagađivanje vodnih resursa, dolazi do kulminacije štetnih faktora sa velikim posljedicama za život i zdravlje ljudi i njegove prirodne i radne sredine.

Zbog toga je odnos čovjeka prema prirodi, ne samo uvjet kvalitete življenja, nego i njegove egzistencije.

Na osnovu navedenog, može se zaključiti da zaštita vodnih resursa nije samo obaveza određenih institucija, već neophodnost opstanka i uključenje u problematiku svih potrošača vode.

Zaštita voda podrazumijeva različite aspekte koji se mogu profilirati kroz:

1. Prečišćavanje otpadnih voda,
2. Tretman čvrstog otpada putem sanitarnih deponija,
3. Mjere štednje i racionalizacija potrošnje voda,

4. Provođenje zakonodavnih mjera vezanih za zaštitu voda i projektiranje zona sanitarne zaštite,
5. Planiranje adekvatne zaštite budućih resursa kroz prostorne i urbanističke planove,
6. Monitoring voda i kontinuirano praćenje kvaliteta voda,
7. Katastriranje vodnih tijela i evidentiranje žarišta zagađenja s mjerama zaštite od istih.

2. Problematika zaštite nekih izvorišta Tuzlanskog kantona

Mnoga izvorišta u Tuzlanskom kantonu su na udaru negativnih antropogenih aktivnosti u slivnim područjima. Vodno tijelo Stupari („Stuparska izvorišta“ formirana u karbonatnim stijenama – krečnjaka trijasko starosti i vulkanogeno-sedimentnih stijena – dijabaz-rožne formacije, površine 91 km², te bilansnim rezervama od 200 l/s) je ugroženo intenzivnom eksploatacijom kamena i nekontrolisanom sječom šume u slivnom području (sl.1.).

Dodatna nepovoljnost je magistralni put Tuzla -Sarajevo, gdje se u izvorišnoj zoni vrši transport različitih vrsta hemikalija, goriva i maziva, bez prethodno provedenih mjera zaštite izvorišta i podzemnih voda koje ga prihranjuju. Naselja koja gravitiraju izvorištu, sa neuređenom odvodnjom otpadnih (fekalnih) voda, kao i divlje deponije smeća, dodatno čine terete zagađenja.

Vodno tijelo Kladanj (čiji hidrogeološki rejon pripada ofiolitskoj zoni u širem regionalnom smislu, a najveće prostranstvo u zapadnom dijelu imaju serpentiniti i peridotiti sa probojima gabra dijabaza, spilita i dolerita, kao i trijaski krečnjaci, sa bilansnim rezervama od 59 l/s), imaju prirodnu predispoziciju zaštite, kao jedino izvorište na Tuzlanskom kantonu, ali obzirom na porast gradnje vikend naselja i okolnih sela sa poljoprivrednom aktivnošću i nereguliranim kanalizacionim vodama, ta mogućnost prirodne zaštite se smanjuje (sl.2.).

Vodno tijelo Kladanj-1 koji pored prethodno navedenog služi za potrebe vodosnabdijevanja Kladnja, (smješteno s lijeve strane Drinjače kod naselja Starić, na padinama krečnjačkog masiva „Vrtača“, površine 4,5 km², i rezervi 11 l/s), ima probleme zamućivanja vode uzrokovano ponorima i vrtačama, te ponornim zonama preko kojih se vrši stalna infiltracija površinskih voda, a time i osjetljivost ovog vodnog tijela na zagađenje. Putna komunikacija, okolna naselja, poljoprivredna aktivnost, sječa šume, kontinuirano ugrožava kvalitet voda ovog vodnog tijela.



Slika 1. Situacioni položaj vodnog tijela podzemnih voda Stupari



Slika 2. Situacioni položaj vodnog tijela podzemnih voda Kladanj

Slična situacija je u Gračanici gdje su izvorišta Sklop, Soko i Seljanuša (zahvataju površinu 219,5 km² u krečnjacima paleocen-eocena kao glavnih vodonosnika, sa prosječnom izdašnosti oko 60 l/s za svako izvorište), direktno ugrožena putnom komunikacijom i naseljima koja se nalaze u neposrednoj blizini (sl.3.). Ipak, općina Gračanica je učinila i izvela brojna hidrogeološka istraživanja i bušenja bušotina, čime je zahvatila dovoljne količine vode da obezbjedi kontinuirano vodosnabdijevanje bez restrikcija uz minimalne gubitke u vodovodnoj mreži.



Slika 3. Situacioni položaj vodnog tijela podzemnih voda Sklop, Soko i Soljanuša, općina Gračanica

Vodno tijelo Sprečko polje (sl.4.), čiji vodozahvatni objekti kapaciteta oko 200 l/s, služe za potrebe vodosnabdijevanja Tuzle i Živinica, a koja se nalaze u slivu rijeke Spreče do brane Modrac, je takođe u nezavidnoj situaciji sa aspekta zagađenja uslijed eksploatacije uglja na PK Dubrave, neplanske gradnje naselja, izmjene reljefa zbog gradnje privrednih objekata i poljoprivrednih aktivnosti, te stalne mogućnosti incidenta na magistralnom putu. Obzirom na tip i karakter izvorišta, navedene aktivnosti mogu biti uzročnici negativnih posljedica, poput izlivanja goriva, ulja, masti i naftnih derivata, te ovo značajno izvorište (obzirom na njegovu izdašnost), učiniti dugoročno neupotrebljivim za snabdijevanje pitkom vodom.



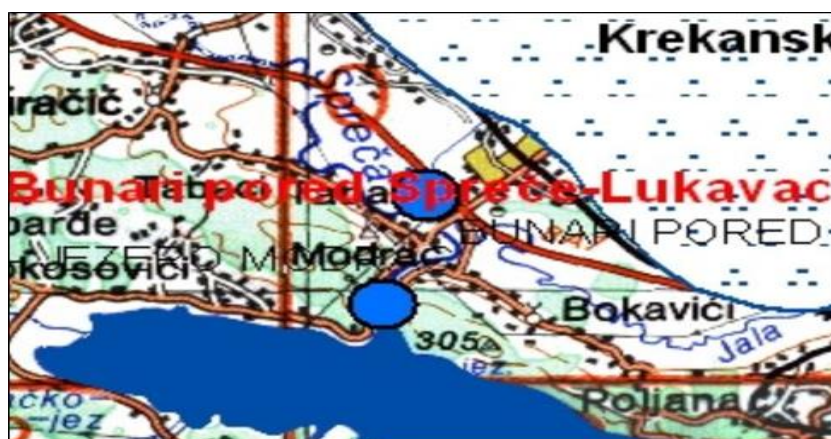
Slika 4. Situacioni položaj vodnog tijela podzemnih voda Sprečko polje

Vodno tijelo Toplice površine 23 km², na lokalitetu Toplice kod Živinica, nalazi se u trijaskim krečnjacima, jako karstifikovani i tektonizirani u sprečanskoj rasjednoj zoni koji se nalaze na kontaktu sa ofiolitnim melanžom. U hidrogeološkom smislu predstavljaju vodonosnike velikog rasprostranjenja i debljine sa rezervama oko 220 l/s. Ima slične probleme sa žarištima zagađenja kao i prethodno navedeno izvorište, odnosno vodno tijelo (sl.5.). Ovdje se ti problemi jasno reflektuju na kvalitet ovih voda.



Slika 5. Situacioni položaj vodnog tijela podzemnih voda Toplice

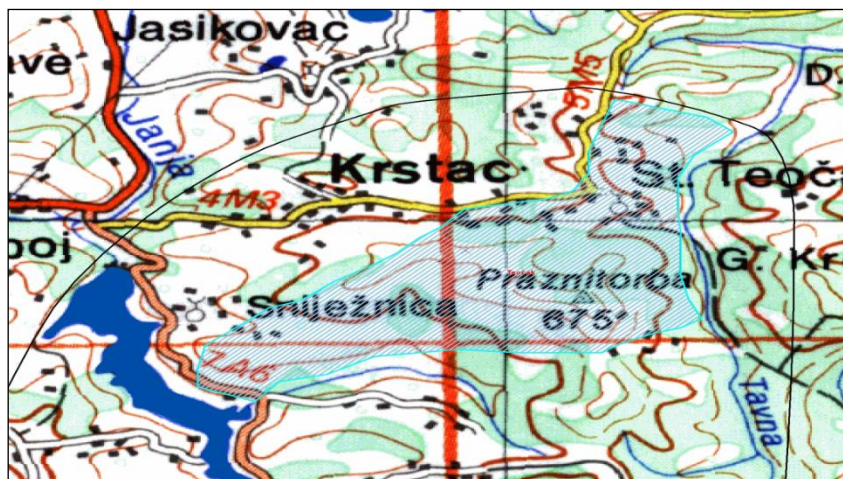
Vodno tijelo Spreča-Lukavac (koga izgrađuju naslage jurskog ofiolitnog melanža, gornjokredne, miocenske, pliocenske i kvartarne naslage), kao i locirani bunari u kvartarnim sedimentima iz ovog vodnog tijela, služe za vodosnabdijevanje Lukavca, uz površinski vodozahvat vještačkog jezera Modrac i regionalnog vodovoda Tuzla (sl.6.).



Slika 6. Situacioni položaj vodnog tijela podzemnih voda Spreča-Lukavac

Izvorište čini 19 bunara pored rijeke Spreče, izdašnosti 15-25 l/s, zahvat vode iz jezera Modrac izdašnosti 75 l/s i regionalni vodovod Tuzla sa oko 3 l/s. Iz navedenog se može zaključiti da ova intergranularna sredina čini predispozicije za lakše i brže infiltriranje površinskih nečistih voda, kao i rijeke Spreča i Jala, u čijoj neposrednoj blizini se nalaze bunari, čine hidrauličku vezu sa riječnim tokom i umanjuju kvalitet voda. Blizina industrijske zone, kao i odlagališe „Bijelo more“, uz putnu komunikaciju, čine terete zagađenja svakodnevnim i kontinuiranim.

Vodno tijelo Teočak (čije su vode formirane u permskim, gornjokrednim, eocenskim i miocenskim sedimentima, rezervi 15 l/s), zahtijeva posebnu hidrogeološku opservaciju zbog niskih vrijednosti rezervi, a potreba koje se stalno uvećavaju, iako je područje perspektivno za nove vodozahvate (sl.7.). Postojeće vodno tijelo nema projektovane zone sanitarne zaštite, te bi bilo neophodno, u cilju zaštite postojećih rezervi i kvaliteta, što prije izraditi Elaborat i implementirati zone zaštite.



Slika 7. Situacioni položaj vodnog tijela podzemnih voda Teočak

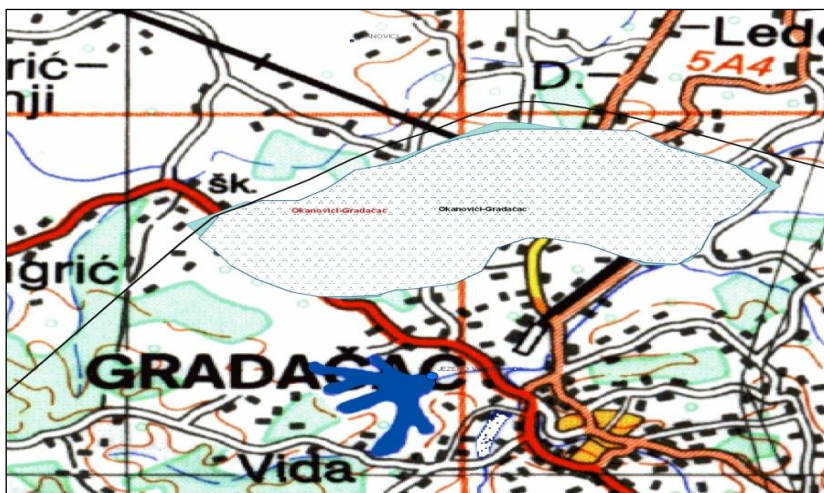
Vodno tijelo Sapna (sl.8.), formirano u miocenskim krečnjacima, koje je većim dijelom locirano s desne strane rijeke Sapne u krečnjacima koji su u višim horizontima kompaktni, a od 65. do 88. metra, ispucali, bilansnih rezervi 25 l/s.

Zbog velikih potreba za vodom Sapne i Teočaka, a na osnovu geoloških i hidrogeoloških istraživanja, dati su prijedlozi i pravci mogućih zahvata, uz poštivanje mjera zaštite.



Slika 8. Situacioni položaj vodnog tijela podzemnih voda Sapna

Vodno tijelo Okanovići – Gradačac (sl.9.), u okviru aluvijalnih šljunkovito-pjeskovitih sedimenata, površine 6,7 km², koga čine sedimenti palogena, neogena i kvartara, ima rezerve oko 120 l/s. Ranjivost ovog vodnog tijela i pritisci uglavnom potiču od naselja, putnih komunikacija, te iako je urađen Elaborat o zaštitnim zonama 2004 godine, zbog povećanih antropogenih djelovanja u slivu, neophodno je projektirati nove zaštitne zone praeene sadašnjim stanjem na terenu. To važi i za izvorišta Vidara i Hazna.



Slika 9. Situacioni položaj vodnog tijela podzemnih voda Okanovići - Gradačac

3. Zaključna razmatranja

Zbog svega navedenog, neophodno je preduzeti odgovarajuće mjere zaštite izvorišta, odnosno vodnih tijela, Tuzlanskog kantona, koje proizilaze iz zakonske regulative, prije svega Federalnog zakona o vodama i Zakona o vodama Tuzlanskog kantona, te drugim odgovarajućim aktima. Zakonom je precizirano da izvorišta (vodna tijela), moraju biti zaštićena od štetnih uticaja koji mogu izmijeniti hemizam i bakteriološku ispravnost voda.

To se ne odnosi samo na izvorišta koja se već koriste za potrebe vodosnabdijevanja, već i ona koja se planiraju zahvatiti kao buduće rezerve. Primjenom navedenih Zakona i akata, projektiraju se i provode zone sanitarne zaštite i zaštitnih mjera.

Studija ranjivosti Tuzlanskog kantona, kao i svake općine ponaosob, definisala je područja vodnih tijela podzemnih i površinskih voda, antropogene i prirodne pritiske, pa je kroz prostorne i urbanističke planove, ista područja potrebno zaštititi.

Izvorišta i njihova slivna područja se međusobno razlikuju, te se Federalnim i Kantonalnim zakonom o vodama i Pravilnikom o zaštitnim zonama, utvrđuju uslovi zaštite izvorišta u ovisnosti od lokalnih karakteristika, a na osnovu istražnih radova.

To drugim riječima znači, da nije moguće uspostaviti pravilan i ekonomski efikasan režim zaštite, ukoliko se za svako izvorište posebno ne utvrde njegove karakteristike i osobnosti slivnog područja, kao i zagađivači koji postoje u slivu. Međutim, u većini slučajeva, bar kad je Tuzlanski kanton u pitanju, donekle se poštuju prve zone zaštite, dok druge zone ostaju samo u elaboratima.

Literatura

1. Mešković A., Pašić-Škripić D., Sarajlić M., Bleković H. (2009): Kompleksna istraživanja kvalitativno-kvantitativnih karakteristika podzemnih voda na lokalitetu Zatoča u naselju Stupari, Zbornik radova RGGF-a, broj XXXIII, str. 13-19, Tuzla

2. Pašić-Škripić D., Žigić I., Srkalović D. (2010): Ecological Apects of Traditional Drinking Water Supply by Shallow Wells in Nordwest Bosnia, 14.International Research/Expert Conference, Trends in the Devolpment of Machinery and Associated Technology TMT 2010, ISBN 1840-4944, str. 333-337, Mediterranean Cruise
3. Pašić-Škripić D., Žigić I., Srkalović D. (2010): Ranjivost podzemnih voda područja sjeveroistočne Bosne, 38.konferencija o aktuelnim problemima korištenja i zaštite voda, VODA 2009, ISBN 978-86-904241-6-0, COBISS.SR-ID 16754124, str.243-249, Zlatibor-Srbija, 2009.
4. Pašić-Škripić D., Žigić I., Alić F. (2013): Kvalitet podzemnih voda područja Gračanice, V Savjetovanje geologa BiH sa međunarodnim učešćem, Pale, 24.-25.10., Jahorina
5. Pašić-Škripić D., Žigić I. (2018): Nadzor nad izvođenjem hidrogeološke bušotine B-5 na području Vlahulje, općina Srebrenik, Rudarsko- geološko-građevinski fakultet, Tuzla, 2017-2018.
6. Pašić-Škripić D., Žigić I. (2019): Elaborat o zonama sanitarne zaštite izvorišta mineralne vode lokalitet Ljubače, Rudarsko-geološko-građevinski fakultet, Tuzla, april, 2019.
7. Skopljak F., Žigić I., Pašić-Škripić D., Alić F. (2013): Metodologija istraživanja u cilju povećanja eksploatacionih rezervi kraških vrela na primjeru „Studešnice“ i „Krabašnice“ na Konjuhu - Banovići, V Savjetovanje geologa BiH sa međunarodnim učešćem, Pale, 24.-25.10., Jahorina
8. Šarić Ć., Skopljak F., Žigić I., Pašić-Škripić D. (2015): Prilog poznavanju geneze termalnih voda sjeveroistočnog oboda Zeničko – Sarajevskog bazena, I Kongres geologa sa međunarodnim učešćem, 21.-23.10. 2015., Tuzla
9. Žigić I., Pašić-Škripić D. (2008): Ranjivost podzemnih voda u stijenama intergranularne poroznosti tuzlanskog bazena, III Savjetovanje geologa BiH sa međunarodnim učešćem, ISSN 1840-4073, str.531-535, 30. i 31.10 2008., Neum
10. Žigić I., Pašić-Škripić D., Alić F. (2008): Hidrogeološke karakteristike izvorišta za vodosnabdijevanje Gračanice, III Savjetovanje geologa BiH sa međunarodnim učešćem, ISSN 1840-4073, str.523-530, Neum
11. Žigić I., Pašić-Škripić D. (2009): Ranjivost vodnog tijela podzemnih voda sjeverozapadnog dijela Tuzlanskog područja, 6. Naučno-stručni skup sa međunarodnim učešćem “KVALITET 2009“, ISSN 1512-9268, str. 541-547, Neum
12. Žigić I., Pašić-Škripić D. (2011): Novi prijedlog hidrogeološkoj rejonizaciji Bosne i Hercegovine, IV Savjetovanje geologa Bosne i Hercegovine, Sarajevo, 28. i 29.10.2011.
13. Žigić I., Pašić-Škripić D. (2011): Karakterizacija vodnih tijela podzemnih voda, metodologija i ograničenja, 7th Research/Expert conference with International Participation, Quality 2011, ISSN 1512-9268, str.719-724.
14. Žigić I., Pašić-Škripić D. (2018): Elaborat zaštite izvorišta „Studešnica“ općina Banovići, Javno preduzeće za vodoprivrednu djelatnost „Spreča“, Tuzla
15. Žigić I., Pašić-Škripić D. (2018): Nadzor nad izvođenjem radova na izgradnji vodovoda u Gornjim Moranjcima – općina Srebrenik, Rudarsko-geološko-građevinski fakultet, Tuzla, novembar, 2018.
16. Žigić I., Pašić-Škripić D. (2018): Nadzor na hidrogeološkim istraćivanjima podzemnih voda na istražnom prostoru Domaljevac – Jelas, Rudarsko-geološko-građevinski fakultet, Tuzla, oktobar, 2018.

HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE VODONOSNIKA VODNIH TIJELA STUDEŠNICA I KRABAŠNICA LOCIRANIH U ZAŠTIĆENOM PEJZAŽU PLANINE KONJUH

Dr.sc.Izet Žigić,red.prof., Dr.sc.Dinka Pašić-Škripić,red. Prof.

Rudarsko-geološko-građevinski fakultet; Univerzitet u Tuzli

Ključne riječi: zaštićeni pejzaž, slivno područje, vodno tijelo, zaštita podzemnih voda, Krabašnica, Studešnica

Key words: protected landscape, catchment area, water body, groundwater protection, Krabašnica, Studešnica

Sažetak

Poseban značaj za zaštitu podzemnih voda područja Konjuha ima donošenje Zakona od strane Skupštine Tuzlanskog kantona 2009.godine, kojim je dio te planine proglašen zaštićenim pejzažom „Konjuh“. Zaštićeni pejzaž „Konjuh“ prostire se na teritoriji općina Kladanj, Banovići i Živinice, na površini od 8.016 hektara i na nadmorskoj visini od 300 do 1.328 metara.

Zaštićeni pejzaž „Konjuh“ podijeljen je u tri zone: Zona A, površine 2411.42 hektara je zona najviših vrijednosti koje moraju ostati upotpunosti očuvane, Zona B, površine 5093.7 hektara je zona očuvanja izvornog stanja prirode i Zona C, površine 511.49 hektara namijenjena je isključivo za turizam, sport i rekreaciju.

Slivno područje Krabanje i Studešnice pripada Zoni B1, dok veći dio sliva Skakavca pripao je Zoni A, što predstavlja neprocjenljivu vrijednost za zaštitu podzemnih i površinskih voda, obzirom na pritiske kojima su bile izložene prije donošenja ovog zakona.

Utvrđivanjem geoloških, tektonskih i hidrogeoloških karakteristika vodonosnika vodnih tijela Studešnica i Krabašnica, stvorene su pretpostavke za određivanje uslova njihove zaštite, odnosno određivanje zaštitnih zona. Vodna tijela Studešnica i Krabašnica su karstna izvorišta formirana na kontaktu srednje-gornih trijaskih krečnjaka sa tvorevinama dijabaz-rožne formacije. Ovim radom želi se posebno afirmirati projekat Zaštićeni pejzaž „Konjuha“.

Zbog zaštite velikog broja izvorišta i površinskih vodotokova i potreba da se kroz prostorne planove kantona u FBiH na sličan način ugrade mehanizmi zaštite područja na kojima su locirana vodna tijela podzemnih voda.

Summary

Special significance for the protection of the underground waters of the Konjuh area is the passing of the Law by the Assembly of the Tuzla Canton in 2009, by which part of that mountain was proclaimed protected landscape "Konjuh". Protected landscape Konjuh extends over the

territory of the municipalities of Kladanj, Banovici and Živinice, on an area of 8116 hectares and at an altitude of 300 to 1328 meters.

The protected landscape "Konjuh" is divided into three zones: Zone A, the area of 2411.42 hectares is the zone of the highest values that must remain fully preserved, Zone B, the area of 5093.7 hectares is the zone of preservation of the original state of nature and Zone C, 511.49 hectares is intended exclusively for tourism, sport and recreation.

The catchment area of Krabanje and Studašnice belongs to Zone B1, while the greater part of the Skakavac catchment area belongs to Zone A, which represents an invaluable value for the protection of underground and surface waters, given the pressures they were exposed before the adoption of this law.

By determining the geological, tectonic and hydrogeological characteristics of the aquifers of the water bodies Studešnica and Krabašnica, preconditions have been created for determining the conditions for their protection, that is, determining the protective zones. The water bodies of Studešnica and Krabašnica are the karst springs formed at the contact of the middle-mountain Triassic limestone with diabase-rose formation.

This work wishes to specifically affirm the project Protected Landscape of Konjuh for the protection of a large number of springs and surface watercourses and the need to incorporate the protection mechanisms of areas on which groundwater bodies are located in the same way through spatial plans of cantons in FBiH.

1. Geološke karakteristike užeg istražnog prostora vodnih tijela Studešnica i Krabašnica

Na ovom području izdvojene su slijedeće stratigrafske jedinice:

Vulkanogeno-sedimentna formacija J₂₋₃

Serpentiniti (Se) pripadaju velikom kompleksu ultramafitskog masiva centralne Bosne. Leže ispod sprudnih krečnjaka titona i donje krede, prema kojima imaju kontakt tektonskog karaktera. Kontaktni dijelovi uočeni su na bezimenim grebenima gdje je širina tektonskih zona 1-3 metra. Serpentiniti sadrže amfibol i talk, te se zavisno od njihovog procentualnog učešća može govoriti o amfibolskim i talknim varijetetima. Proces serpentinizacije nije obuhvatio istim intenzitetom cijelu masu, tako da ima i pojava serpentinskih peridotita. Na sjevernom i zapadnom dijelu istraživanog terena mogu se uočiti izražene površine škriljavosti, koja je rezultat katakliziranosti i milonitizacije serpentinita (*J.Pamić, O.Sunarić-Pamić, I.Kapeler, J.Olujić, 1966.*).

Sprudni krečnjaci srednjeg i gornjeg trijasa

Krečnjaci srednjeg i gornjeg trijasa predstavljaju najznačajniji litološki član na istražnom prostoru. Kontakt sa serpentinitima je tektonski, morfološki jasno izdiferenciran. Prema geološkoj karti ležišta zauzimaju centralne i južne dijelove. Krečnjačka masa javlja se kao masiv oblika kupe koji u tektonskom pogledu predstavlja horst spuštenog istočnog i zapadnog

krila. Južna granica masiva obilježena je nizom vrtača u smjeru istok-zapad. Slojevitost nije jasno izražena, a elementi zalijeganja često se ne mogu izdvojiti zbog različite ispucalosti krečnjaka. Slojevitost je vidljiva samo djelimično, te se debljina slojeva kreće od 1,5 do 10 metara.

Značajna osobina ovih krečnjaka je izražena karstifikacija i pukotinsko-prslinska ispucalost koja je rezultat egzogenih faktora i višefaznih tektonskih procesa. Brojne kaverne, pukotine i prsline raskomadale su krečnjake i na taj način uglavnom uništile prvobitnu slojevitost. Često su zapunjene crvenicom i raspadnutim krečnjačkim materijalom što se može vidjeti na profilima kopa.

Područje sliva rijeke Krabanje, izgrađuju stijenske mase eruptivnih i sedimentnih karakteristika. (prema podacima OGK 1:100000 list Vlasenica), Osnovni stijenski kompleks Konjuha predstavljaju peridotiti koji izgrađuju najveći dio masiva Konjuha i pripadajućeg sliva rijeke Oskove i Drinjače. Predstavljaju čvrstu, dijelom ispucalu stijensku masu prekrivenu tankim slojem detritusa. Prekriva je gusta, pretežno četinarska šuma u gornjem dijelu i mješovita šuma u donjem dijelu sliva. Pored peridotita dijelom serpentinisanog, koji zauzima oko 90% područja sliva, po obodu se javljaju amfibolitski škriljci.

Mezozojske naslage predstavljene su trijaskim i jurskim krečnjacima i tvorevinama dijabaz-rožne formacije, pješčarima, glincima i rožnacima.

Trijaske naslage u slivu imaju manje rasprostranjenje u odnosu na druge, a predstavljene su uslojenim krečnjacima i dolomitima, te podređeno rožnacima. Postoji jasna granica prelaska u masivne i bankovite krečnjake. U okviru kompleksa nije izvršena diferencijacija, tako da su kompletno svrstani u srednji i gornji trijas. Debljina im je oko 500 metara. Prema položaju u kompleksu Konjuha, može se zaključiti da je u pitanju uklještenost krečnjačkog masiva između peridotitskog masiva i tvorevina dijabaz-rožne formacije, nastale uslijed tektonske poremećenosti.

Jurske naslage pripadaju dijabaz-rožnoj formaciji koji sa sjevera, istoka i juga, obuhvataju krečnjački kompleks Studešnice i Krabašnice. Predstavljani su dijabazima, glincima i pješčarima sa tufovima, tako da se kategoriše kao vulkanogeno-sedimentna formacija. Svrstavaju se u srednju i gornju juru. Zaliježe preko trijaskih krečnjaka ili su tektonskim procesima dovedeni u isti nivo.

Deluvijalno-aluvijalne naslage zaliježu na blažim padinama uzvišenja, kao i na inundacionim zonama vodotoka. Prema litogenetskim karakteristikama mogu se izdvojiti: deluvijalno-eluvijalne naslage i aluvijalne naslage. Deluvijalno-eluvijalne naslage su glinovito-drobinskog sastava i zaliježu na blažim padinama. Na dijelu padine iznad vrela od vododijelnice Krabanje i Krabašnice, ističe se krupnodrobinski padinski nanos krečnjačkog sastava koji neposredno iznad vrela prelazi u markantni sipar, koji prekriva izvorište vrela Krabašnice.

Aluvijalne naslage zaliježu u užoj zoni inundacije rijeke Krabašnice i mahom predstavljaju vučeni nanos serpentinsko-krečnjačkog sastava.

2. Hidrogeološke karakteristike

2.1. Hidrogeološka kategorizacija, rejonizacija i funkcije stijena

Posmatrano sa hidrogeološkog aspekta, javljaju se dvije osnovne grupe stijena:

- Hidrogeološki kolektori - sa pukotinskom poroznošću (manji značaj i rasprostranjenje imaju sedimenti kvartara sa inergranularnom poroznošću),
- Hidrogeološki izolatori - kompaktne stijene oboda (kompaktni i prekristalisani krečnjaci, peridotiti, gabri, serpentiniti, rožnaci i sl.)

Ove dvije osnovne grupe stijena se mogu diferencirati na:

- Hidrogeološki kolektori: trijaski krečnjaci (T_2), jurski krečnjaci ($J_{2,3}$), pliocensko-kvartarni i kvartarni sedimenti (P1, Q) i (Q) i miocenski sedimenti ($M_{1,2}$) i stijene oboda (pukotinska izdan formirana u miocenskim sedimentima i stijenama oboda),
- Hidrogeološki izolatori (serpentiniti, gabri, amfiboliti, dijabazi, peridotiti, rožnaci).

Hidrogeološki kolektori

Kao najznačajniji hidrogeološki kolektori javljaju se krečnjaci trijaske i jurske starosti. Tektonskom aktivnošću na području slivova Studešnice i Krabanje, krečnjačke mase su duž dva rasjeda dovedene u isti nivo sa masivom peridotita prema zapadu i dijabaz rožnoj formaciji ka istoku, koje se pravcem sjever-jug i preko vrhova Konjuha, prebacuje u sliv rijeke Drinjače. Oblici karstne deformacije u vidu vrtača, najizrazitije su zastupljeni u zoni vododjelnice Oskove i Drinjače na vrhu Konjuha između Konjušćića i Prijeke vode. Brojnije pojave vrtača i ponora su na južnim padinama i u slivu Drinjače, gdje su gusto poredane jedna do druge. Neke sadrže kratke tokove koji u njima poniru. Kod drugih se na stranama pojavljuju periodični izvori.

Trijaski krečnjaci (T_2) predstavljaju sjeveroistočni rub trijaske heterogene serije koja se sastoji od masivnih krečnjaka, pločastih i bankovitih krečnjaka, rumenih krečnjaka sa rožnacima, te „prljavih” krečnjaka sa rožnacima.

Područje Studešnice i Krabašnice pripada jednom velikom olistolitu, pružanja sjeverozapad-jugoistok, ukupne dužine oko 18 km, a maksimalne širine 8 km. Ovaj olistolit izgrađuje pretežno krečnjačka visoka brda koja dominiraju u reljefu izgrađenom od tvorevina vulkanogeno-sedimentne formacije ($J_{2,3}$). U ovom olistolitu, tektonskom aktivnošću formirano je više odvojenih vodnih tijela od koji su najznačajnija vrela Krabašnica i Studešnica, a na istočnom dijelu vrela Tarevčice i Zatoče koje su pritoke Gostelje.

Krečnjaci Studešnice se nalaze neposredno nad rožnacima i oni su pločasti, bjeličasti sa partijama krečnjaka crvene boje, sa sitnim pukotinama ispunjenim kalcitom, a mjestimično su u njima interstratifikovane silifikovane partije. U ovoj seriji se javljaju glavni izvori vode. Uslijed tektonskih pokreta, krečnjaci su jako ubrani i ispucali. Pojedine manje pukotine su satvorene glinovitom masom, dok su druge ispunjene bijelom kalcitnom masom. Otvorene pukotine predstavljaju puteve poniranja vode u dublje dijelove, te formiranje izdani.

Ovi krečnjaci, pored toga što su hidrogeološki kolektori, imaju funkciju i hidrogeoloških provodnika vode sa površine. Formirana izdani se prazni preko postojećih izvora stalnog karaktera, a višak vode otiče preko povremenog prelivnog izvora koji je hipsometrijski lociran iznad osnovnih izvora. Dakle, glavni hidrogeološki kolektori područja Studešnice su krečnjaci, koji sa svojim zalijeganjem u prostoru i strukturno-tektonskim odlikama, omogućavaju stvaranje izdani. Akumulirana voda u krečnjacima se kreće do kontakta sa rožnacima, koji ovdje imaju ulogu hidrogeološkog izolatora i tako izbijaju na površinu u vidu izvora.

Na lokalitetu Grab-potoka, krečnjaci su jednorodnog sastava, jedrog izgleda, bjeličasti-sive boje sa izraženim pukotinama u kojima je naknadno prekrystalisala kalcitska masa. Uzvodno rijekom Oskovom, duž potoka Suhodol, nalazi se široko razviće krečnjaka u čijem sklopu se nalaze pločasti laporoviti krečnjaci, krečnjaci s rožnacima i crveni bankoviti krečnjaci.

Jurski krečnjaci (J_{2,3}) se protežu od rijeke Seone na površini oko 8 km², u zoni pružanja zapad-istok. Ova masa titonskih krečnjaka je na zapadu ograničena pravcem sjever-jug dolinom rijeke Seone. Titonski krečnjaci predstavljaju južni obod krečnjačkog masiva Vijenca. To su jedri, bijeli, masivni krečnjaci, ispresjecani čestim kalcitskim žicama sa brojnim zjapećim pukotinama. Mjestimično su jako izlomljeni i karstifikovani na što ukazuje i velika pećina u dolini rijeke Turije.

Sa morfološko-hidrogeološkog aspekta, u ovim krečnjacima su razvijene neke forme koje predstavljaju tipične kraške oblike. Tako je vodotok Ponikva ponornica, koja jedno vrijeme teče na površini, a zatim u rejonu Treštenica ponire, da bi nakon 2,3 km podzemnog toka, ponovo u vidu vrela izvirala na izlazu iz pećine Puzovac. Poniranje se odvija preko vrtača koje su formirale podzemnu spilju, koja obiluje karakterističnim karstnim oblicima.

U rejonu Studešnice, lociran je prelivni izvor koji predstavlja estavelu, koja se za vrijeme visokog vodostaja ponaša kao izvor, a kod niskog vodostaja kao ponor. Navedeni podaci ukazuju da trijaski i jurski krečnjaci šireg prostora banovičkog bazena, predstavljaju izolirane kraške pojave, a u hidrogeološkom smislu predstavljaju najznačajnije hidrogeološke kolektore podzemne vode šireg područja bazena. To se naročito manifestuje u tektonski deformisanim i oštećenim zonama većih rasjeda.

Pliocensko-kvartarni i kvartarni sedimenti (Pl,Q) i (Q) su situirani na sjeveroistočnom i istočnom obodu Banovičkog ugljenog bazena, a manji ostaci u dijelovima ugljenog bazena Đurđevik. Pliocensko-kvartarni sedimenti su izgrađeni od šljunka i gline koji tvore zaravnjene i pokrivene terene. Sedimenti kvartara su pretežno izgrađeni od riječnog šljunka koji se interkalisao sa prosljocima pijeska, rjeđe ilovače.

Šire područje bazena odlikuje veliki broj rasjeda koji su usloveli blokovsku građu litofacijalnih članova ovog kompleksa. Duž ovih rasjeda, koji se pojavljuju unutar istih geoloških članova ali i na kontaktu različitih formacija, pri povoljnim hidrogeološkim uslovima, može doći do formiranja pukotinske izdani. Obzirom na geološku formaciju u kojoj je formirana, pukotinsku izdan možemo podijeliti na:

- pukotinsku izdan formiranu u miocenskim sedimentima ($M_{1,2}$) i
- pukotinska izdan formirana u stijenama oboda ugljenog bazena.

Hidrogeološki izolatori

Čine ih sve magmatske, kao i neke sedimentne stijene u jedrom stanju i bez pukotina. Tu spadaju peridotiti, gabrovi, amfiboliti, serpentiniti, dijabazi, doleriti, spiliti. Pješčari se javljaju na manjim površinama i otporni su na egzogene geološke procese. Obično su monomineralni pješčari silicijskog zrna, sa vrlo jakim cementnom masom silicijsko-krečnjačkog sastava. Obzirom na navedeno, pješčari se mogu smatrati hidrogeološkim izolatorom.

Rožnaci po hidrogeološkim osobinama predstavljaju vodonepropusnu sredinu, a u ovom dijelu terena igraju ulogu hidrogeološke barijere – izolatori. Kao proslojci u rožnjačkoj seriji, mogu se pojaviti i kvarcni srednjerzrni pješčari. Oni su često i otporni zbog cementacije silicijsko-glinovito-krečnjačkog karaktera.

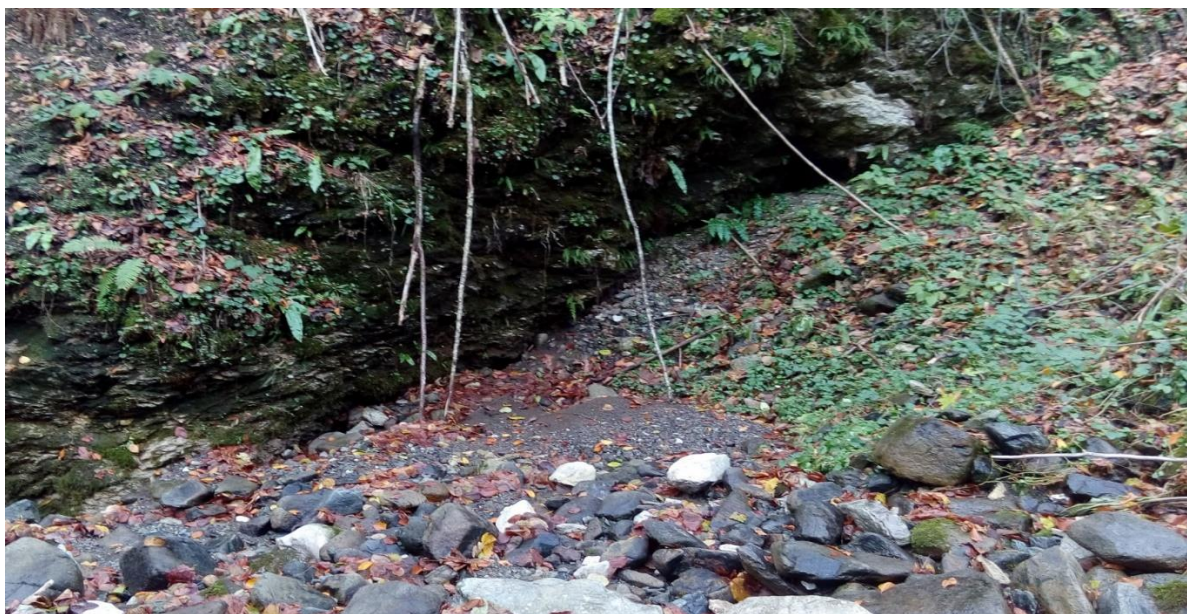
3. Vodno tijelo Studešnica

Izvor Studešnica je nastao na kontaktu krečnjaka srednjeg-gornjeg trijasa sa tvorevinama dijabaz-rožnjačke formacije. Pojava izvora je pored kontakta propusnih i nepropusnih stijena, najvjerojatnije predisponirana rasjedom koji se pruža duž potoka Studešnica (sl.1.). Koordinate izvora su X 4 910 795; Y 6 545 876; Z 459 m.

Izvor Studešnica je uzlaznog mehanizma isticanja. Izbija iz kaverne promjera oko 1 metra, formirane duž međuslojnih pukotina u krečnjacima gornjeg trijasa. Krečnjaci su masivni, mjestimično bankoviti, bijele boje, podređeno sivi. Pad krečnjaka je pod uglom 65° u pravcu jugoistoka. Na mjestu isticanja je nekada bila manja podpečina na čijim zidovima je taložena sedra, što govori da je to nekada bilo primarno isticanje.

Pećinski kanal iz kojeg izbija voda je prema dostupnom osmatranju, promjera oko 50-60 cm, inverzan je i zaliježe u pravcu jugoistoka pod uglom oko 70° , koliki je približno i pad slojeva krečnjaka. Na zidovima pećinskog kanala su tragovi, odnosno smeđe i žute skrame hidroksida gvožđa, moguće i mangana. Na mjestu primarnog isticanja, voda iznosi manje valutice i šljunak koji potiče od stijena dijabaz-rožne formacije. Prema zaobljenosti valutice može se zaključiti da je transport valutica bio dug i nekoliko kilometara.

Iz kaptaze voda preko prelivnog praga dotiče u sabirnu komoru, odakle ulazi u glavni cjevovod prečnika 250 mm. Peliv vode u sabirnu komoru se vrši preko nepropusnog praga. Izdašnost vrele na mjestu primarnog isticanja iznosi oko $Q = 15$ l/s, ali je registrirano još jedno mjesto isticanja u sabirnoj komori gdje nije moguće procijeniti izdašnost, ali se pretpostavlja da ističe minimalno 8 – 10 l/s vode. Procjena ukupne minimalne izadašnosti izvora Studešnica iznosi $Q = 20-25$ l/s.



Slika 1. Izvorište „Studešnica”

Uzvodno od izvora Studešnica oko 70 metara, nalazi se zatrpani pećinski kanal koji u hidrološkom periodu visokih voda, ima hidrauličku vezu sa izvorom Studešnica. Na izvoru Studešnica nema mogućnosti direktnog mjerenja izdašnosti, odnosno količine vode koja ističe na izvoru. Posredno je moguće doći do podataka izdašnosti preko mjerača u hlornoj stanici. Jedini način da se utvrdi izdašnost izvora Studešnica u hidrološkom periodu malih voda, je opitno crpljenje. Izvor Studešnica je je uključen u sistem vodosnabdijevanja Banovića preko cjevovoda prečnika 250 mm, direktno u sistem tokom ljetnog perioda, odnosno preko filter stanice u pluvijalnom periodu godine.

U trijaskim krečnjacima izvorišnog dijela potoka Studešnica, locirano je nekoliko jakih izvora pitke vode koji su kaptirani. Na oko 800 metara nadmorske visine, postoji jedna izdan koja „hrani” manje izvorišne krakove Studešnice. Količina vode je promjenjiva i ovisi od padavina, dok usušnom periodu, većina ovih izvora presuši.

Na ovom terenu postoji nekoliko nivoa pojavljivanja izvora, što znači da postoji nekoliko nivoa izdani. Ukupna količina vode uzvodno od kaptaže, a na račun pritoka Studešnice, iznosi 15-20 l/min. Glavna količina vode (oko 65 l/s) ove kaptaže, daju tri izvora pukotinskog tipa, lociranih na desnoj obali potoka, izgrađenog od bankovito-pločastih krečnjaka. Ovi krečnjaci imaju pružanje sjever-jug sa padom prema istoku i pod uglom od 30° do 80°, a njihovo pružanje siječe pravac toka Studešnice. Voda se kreće pukotinama u krečnjacima, koje mogu biti poprečne na slojevitost i paralelne sa slojevitošću. Iznad ovog nivoa oko 20 metara, povremeno se pojavljuje jedan izvor koji je „aktivan” u vrijeme i nakon većih padavina. Predstavlja karakterističan primjer prelivnog izvora koji je uslovljen geološko-tektonskom karakteristikom terena. Pri većim i obilnijim padavinama, voda na izvoru se pojavljuje u vidu vrela, dok se u hidrološkom minimumu, nivo vode spušta u šljunkoviti materijal korita potoka.

Osnovne karakteristike izvorišta "Studešnica" su slijedeće:

- izvorište je formirano u stijenama pukotinsko-kavernozne poroznosti koje se prihranjuju atmosferskim padavinama,
- pravac toka podzemnih voda je, generalno, od jugoistoka ka sjeverozapadu,
- zahvatanje podzemnih voda na izvoru je kaptažnim objektom,
- eksploatacija vode je crpljenjem,
- kemijski kvalitet podzemnih voda (sirova voda) odgovara uvjetima važećeg Pravilnika i
- potencijalni zagađivači izvorišta su šumski putevi za izvlačenje drvne građe (rasipanje ulja, maziva i benzina) i nekoliko objekata privremenog karaktera za samještaj radnika, te krupna grla stoke koja služe kao zaprega u eksploataciji šumske građe.

Utvrđivanje zona zaštite izvorišta "Studešnica" izvršeno je uzimajući u obzir geološke, strukturno-tektonske, hidrogeološke, pedološke i vegetativne karakteristika terena, vododijelničke zone, granice slivnog područja ograničenog površinskom (orografskom) vododijelnicom, uvjete i način prihranjivanja izvorišta i pravce toka podzemnih voda.

Pristup utvrđivanju mjera zaštite izvorišta "Studešnica" izvršen je u skladu sa članom 10. Pravilnika o načinu utvrđivanja uslova za određivanje zona sanitarne zaštite i zaštitnih mjera za izvorišta vode za javno vodosnabdijevanje stanovništva (sl.novine FBiH 88/12) na način da se putem zabrana, ograničenja i kontrole ljudskih aktivnosti smanji rizik zagađenja podzemnih voda u izvorištu ili drugih uticaja koji mogu nepovoljno djelovati na njegovu izdašnost, kvalitet i zdravstvenu ispravnost. Pri tom se imalo u vidu da je preko 100 % slivnog području izvorišta "Studešnica" nenaseljeno, pošumljeno i u prostoru u kojem se ne provode velike antropogene aktivnosti, a da će i u buduće biti zaštićeno od ovih aktivnosti, zbog primjene Zakona o zaštićenom pejzažu „Konjuh” .

U skladu s navedenim članom Pravilnika za izvorište vode formirano u kraškom vodonosniku, za vodno tijelo "Studešnica"- općina Živinice, uspostavljene su prva (I), druga (II), treća (III) i četvrta (IV) zaštitna zona.

4. Vodno tijelo Krabašnica

Izvor Krabašnica je formiran na kontaktu krečnjaka srednje-gornjeg trijasa, sa nepropusnim tvorevinama dijabaz-rožne formacije.

Koordinate izvora su X 4 908 250; Y 6546 054; Z 577 m.

Izvor je kaptiran vjerovatno duž približno horizontalne pukotine ili kaverne u krečnjacima trijasa, najvjerovatnije sa dva krila usmjerena u pravcu juga i jugozapada. Osmatranje primarnog mjesta isticanja i kaptiranja izvora Krabašnica, nije moguće, jer prema dostupnom osmatranju, izgleda da je unutar krila ugrađen kameni nabačaj (sl.2.).



Slika 2. Izvor Krabašnice (testiranje izdašnosti, 2012.god.)

Izdašnost izvora Krabašnica procijenjena je jula 2012.godine i iznosila je oko $Q=10$ l/s, a mjerenjem dana 04.08.2012.godine, izdašnost je iznosila $Q=3,0$ l/s. Opitno crpljenje izvora Krabašnica nije moguće izvršiti, jer je kaptažom potuno zatvoreno primarno mjesto isticanja izvora (sl.3.).



Slika 3. Vodozahvat Krabašnica

Na oko 80 metara jugozapadno od izvora Krabašnica, registrirana je pećina koja je djelimično istražena u toku hidrogeoloških ispitivanja. Pećina Krabašnica je formirana u krečnjacima trijasa ($T_{2,3}$) sa desne strane potoka Krabašnica. Krečnjaci su masivni, tektonizirani, uškrljeni

i padaju prema jugoistoku. Pećina zaliježe prema jugoistoku pod uglom 60-65°. Kaverna formirana duž međuslojnih pukotina ima promjer širine 0,5 i dužine 3-4 metra. Zatrpana je proluvijalnim valuticama i šljunkom pretežno ofiolitskog sastava. Pećina je zavodnjena i prohodna, što ukazuje da se pećina i akvifer pružaju dublje u zaleđe. Nakon što je pećina iscrpljena do dna, utvrđeno je da pećinski kanal pod malim uglom povija prema sjeveroistoku, gdje sa desne strane prihvata slap visine oko 2 metra na koji voda uzlazno dotiče iz pravca jugozapada. Pećinu je detaljnije potrebno istražiti speleološkom istraživanjima.

Nivo vode u kaverni je oko tri metra od površine terena. Nivo podzemne vode u pećini je nešto visočiji od nivoa izvora Krabašnica. Trebalo bi izvršiti regulaciju potoka Krabašnica radi zaštite kaverne i podzemnih voda od zagađenja.

Pećina Krabašnica je povremeno vrelo uzlaznog mehanizma isticanja, što znači da postoji mogućnost zahvatanja dodatnih količina vode. Pećina Krabašnica je sifon i za vrijeme visokih voda postaje vrelo. Odnosno, funkcioniра kao estavela, postaje ponor u hidrološkom periodu malih voda i izvor nakon padavina i u vrijeme hidrološkog maksimuma.

Opitno crpljenje pećine Krabašnica je izvršeno nakon prethodno izvršenih radova koji su obuhvatili čišćenje ulaza pećinskog kanala, utvrđivanje stanja i karaktera pećine, utvrđivanja najpovoljnije lokacije za instaliranje usisne korpe pumpe, ugradnje vodomjerne letve, mjerenja nultog stanja nivoa podzemnih voda u pećini i izvoru Krabašnica, pripreme opreme za crpljenje i probnog crpljenja pećine kapacitetom 15 l/s pri čemu je pećina potpuno isušena.

Opitno crpljenje pećine Krabašnica je izvršeno sa jednim kapacitetom crpljenja ($Q_{max}=4,4$ l/s) u ukupnom trajanju od 4 sata. Probnim crpljenjem sa $Q=15$ l/s, utvrđeno da nema mogućnosti crpljenja s većim kapacitetom.

Važno je istaći da je izdašnost izvora Krabašnice prije početka crpljenja pećine Krabašnica, iznosila $Q=3,0$ l/s, a u toku crpljenja pećine izdašnost izvora Krabašnice je smanjena na $Q=2,4$ l/s. Uzrok ovome je, najvjerovatnije, precrpljivanje pećine Krabašnica probnim crpljenjem sa kapacitetom 15 l/s, pri čemu je pećina potpuno isušena. Ovo ukazuje na određenu hidrauličku vezu pećine i izvora Krabašnica, te da pripadaju istom vodonosniku. I pored toga, na pećini Krabašnica moguće je zahvatiti dodatne količine podzemnih voda. Na osnovu proračuna hidrogeoloških parametara zaključeno je, da se odgovarajućim hidrotehničkim rješenjem na pećini Krabašnica i izvoru Krabašnica, za korespondentni nivo podzemnih voda u hidrološkom periodu malih voda (juli-avgust 2012.g.), mogu zahvatiti podzemne vode u količini $Q=6,8$ l/s. Zahvatanje podzemnih voda moguće je izvršiti odgovarajućim hidrotehničkim rješenjem.

Pristup određivanju zone sanitarne zaštite izvršen je sagledavanjem geoloških i hidrogeoloških karakteristika šireg područja, hidrogeoloških karakteristika izvorišta, tehničkih karakteristika izvorišta "Krabašnica", kvaliteta podzemnih voda, analize mogućnosti zagađenja podzemnih voda, analize hidrogeoloških i hidrotehnički parametara i ostalih relevantnih značajki.

Osnovne karakteristike izvorišta "Krabašnica" su slijedeće:

- izvorište je formirano u stijenama pukotinske poroznosti koje se prihranjuju atmosferskim padavinama,
- pravac toka podzemnih voda je, generalno, od jugozapada ka sjeveroistoku, zahvatanje podzemnih voda na izvoru je kaptažnim objektom,
- eksploatacija vode je crpljenjem,
- kemijski kvalitet podzemnih voda (sirova voda) odgovara uvjetima važećeg Pravilnika i potencijalni zagađivači izvorišta su aktivnosti koje se provode u cilju sanitarne sječe šume, ostaci uginulih životinja i slično.

Zone sanitarne zaštite izvorišta "Krabašnica" utvrđene su u skladu sa Pravilnikom o načinu utvrđivanja uslova za određivanje zona sanitarne zaštite i zaštitnih mjera za izvorišta vode za javno vodosnabdijevanje stanovništva (Sl.novine FBiH 88/12) koja se odnose na izvorišta u kraškim akviferima.

U skladu s navedenim članom Pravilnika za izvorište vode "Krabašnica", Općina Kladanj a za potrebe Općine Banovići, uspostavljene se: prva (I), druga (II), treća (III) i četvrta (IV) zaštitna zona.

5. Zaključna razmatranja

Imajući u vidu vodu kao resurs, te dobro u općoj upotrebi, kao i Evropsku povelju o vodi, značaj zaštite i očuvanju čiste i zdrave vode je svakim danom aktuelniji, tim prije što su rezerve manje, a tereti zagađenja veći. Od posebnog značaja za zaštitu podzemnih voda područja Konjuha ima donošenje Zakona 2009.godine, kojim je dio Konjuha proglašen zaštićenim pejzažom. Zaštita vodnih tijela mora se provoditi i bazirati na zakonskoj osnovi i osnovi održivog razvoja i očuvanja okoliša, kroz preventivno djelovanje kao i zajedničku odgovornost. Planiranje i realizaciju zaštite voda za piće, nužno je uskladiti, od momenta hidrogeoloških istraživanja, eksploatacije vode do njene distribucije, uvažavajući zakonsku regulativu. Jer, upravljanje vodama jedno je od prioritarnih pitanja u vezi sa čovjekovom prirodnom i radnom sredinom. "Vode neće ponestati, ako je crpimo iz vrela svoje mudrosti."

Literatura

1. Pašić-Škripić D., Žigić I., Srkalović D.(2009): Ranjivost podzemnih voda područja sjeveroistočne Bosne, 38.konferencija o aktuelnim problemima korištenja i zaštite voda, VODA 2009, ISBN 978-86-904241-6-0, COBISS.SR-ID 16754124, str.243-249, Zlatibor-Srbija
2. Skopljak F., Žigić I., Pašić-Škripić D., Alić F. (2013): Metodologija istraživanja u cilju povećanja eksploatacionih rezervi kraških vrela na primjeru „Studešnice“ i „Krabašnice“ na Konjuhu-Banovići, V Savjetovanje geologa BiH sa međunarodnim učešćem, Pale, 24.-25.10., Jahorina
3. Žigić I., Pašić-Škripić D. (2011): Karakterizacija vodnih tijela podzemnih voda, metodologija i ograničenja, 7th Research/Expert conference with International Participation, Quality 2011, ISSN 1512-9268, str.719-724,

4. Žigić I., Pašić-Škripić D. (2017): Elaborat zaštitet izvorišta “Krabašnica” općina Banovići, Javno preduzeće za vodoprivrednu djelatnost „Spreča“, Tuzla
5. Žigić I., Pašić-Škripić D. (2018): Elaborat zaštitet izvorišta “Studešnica” općina Banovići, Javno preduzeće za vodoprivrednu djelatnost „Spreča“, Tuzla

RANJIVOST I RIZIK OD ZAGAĐENJA PODZEMNIH VODA U BUNARSKOM SISTEMU „NEREZI – LEPENAC”, GRAD SKOPJE

Zlatko Ilijovski¹, Stojan Mihailovski², Marija Makeshoska³,

¹Dr. Sc. Diplomiran inž. Geologije, Građevinski institut MAKEDONIJA, Republika Severna Makedonija, geozlatko@gim.mk

² Diplomiran inž. Geologije , Građevinski institut MAKEDONIJA, Republika Severna Makedonija, stojan.mihailovski@gim.com.mk

³ Diplomiran inž. Geologije , Građevinski institut MAKEDONIJA, Republika Severna Makedonija, marija.makeshoska@gim.com.mk

Ključne reči: ranljivost, pritisci, zagađivači, rizik, sedimenti

Abstract

Groundwaters vulnerability, pressures analyses, contamination risk analysis is a mandatory task for protecting groundwaters from contamination. Drawing up a vulnerability map is indispensable document while working on Reports on defining the protection zones.

Nerezi-Lepenec well system being used for providing additional amounts of drinking water for water supply of the city of Skopje, consists of seven wells from 27 m to 70 m deep and capacity being 150 l/sec to 230 l/sec. The total well system capacity is 1200 l/sec. This well system is put into operation when spring Rashche's yield does not satisfy the city's needs.

The aquifer which is captivated by these seven wells is an alluvial deposit of River Vardar and River Lepenec which fills a neotectonic depression 3 km long, 1.2 km wide and to 130 m deep in which $72 \times 10^6 \text{ m}^3$ water is being accumulated.

From a quantitative and qualitative aspect, the pressures analysis is inevitable. After realization of the terrain investigations and defining the contaminants' locations and type, hydrological terrain characteristics analysis and groundwaters vulnerability analysis are necessary in order to obtain the groundwaters contamination risk of the current spring as final result. From an aspect of the quantitative condition of the aquifer, Nerezi-Lepenec well system does not obtain serious disturbances and risks. Never the less, the pressures of the aquifer's qualitative status are very serious and they lead to a high risk condition from a possible groundwaters' contamination.

1. Uvod

Svojom pokretljivošću i sposobnošću rastvaranja najrazličitijih supstancija, voda predstavlja najugroženiji deo životne sredine.

U današnjim uslovima, kada se na globalnom nivou javlja povećanje potreba za pitkom vodom, kao i smanjenjem količina dostupne pitke vode, zaštita podzemnih voda je izuzetno važna i neizbežna potreba za svaku državu. U saglasnosti sa sadašnjim analizama u 2050 god. gotovo jedna polovina celokupne svetske populacije će se suočiti sa ozbiljnijim povremenim ili kontinuiranim problemom nedostatka vode za piće, bilo s aspekta količine ili s aspekta kvaliteta.

Jedan od postupaka koji ide u prethodno pomenutom pravcu je određivanje zaštitnih zona izvorišta za javno snabdevanje vodom.

Bunarski sistem Nerezi Lepenac ima kapacitet od 1200 l/sek. i koristi se za dopunsko snabdevanje vodom grada Skoplja, koji ima uspostavljene zaštitne zone u 1992 godinu. Ažuriranje zaštitnih zona izvorišta je neminovna potreba koja se treba obavljati svakih 20-25 godina. Intenzivni industrijski i opšti ekonomski razvoj, porast stanovništva, urbanizacija i korišćenje poljoprivrednog zemljišta u velikoj meri povećava pritisak kvantitativnog i kvalitativnog stanja podzemnih voda.

Od isključive važnosti, prilikom uspostavljanja zaštitnih zona su: hidrogeološke karakteristike terena, ranjivost i pritisak kvantitativnog i kvalitativnog statusa podzemnih voda i iste imaju veliki uticaj definisanja granica zaštitnih zona, kao i predviđene mere, zabrane i ograničenja.

2. Hidrogeološke karakteristike područja

Širi mikrolokalitet bunarskog sistema Nerezi – Lepenac predstavlja kvarternu elipsastu depresiju sa dužinom oko 3 km, širinom oko 1,2 km i dubinom do 130 m i ista je rezultat intenzivne mlade tektonike. Depresija je u celosti zapunjena aluvijalnim sedimentima.

Aluvijalni sedimenti na predmetnoj lokaciji u najvećem delu su predstavljeni sa različito granulisanim pesčanicima i tucanicima, s dominantnim prisustvom tucaničke frakcije u kojima je konstatovano veliko prisustvo oblutaka i samaca, dobro obrađeni, sa različitom veličinom na mestima do 100-200 mm. Prema hidrogeološkoj funkciji, aluvijalno-terasni sedimenti predstavljaju kolektore podzemnih voda i u njima je formiran zbijeni tip izdana sa slobodnim nivoom i imaju vrlo dobre filtracione karakteristike, vrlo dobru vodonosnost i izdašnost bunara izvedenih u njima.

Na osnovu proučavanja postojeće hidrogeološke dokumentacije u okviru istražnog terena i šire u Skopskoj kotlini, konstatovano je da su s aspekta rezerva podzemnih voda najvažniji formirani izdani u aluvijalno-terasnim sedimentima na r. Vardar. U njima je formiran zbijeni tip izdana s intergranularnom poroznošću i slobodnim nivoom podzemne vode. Aluvijalne sedimente na celoj Skopskoj kotlini su sa prilično ujednačenim litološkim sastavom i iste su sagrađene od raznogranuliranih prilično čistim frakcijama pesaka i šljunaka. Ovo rezultira sa prilično ujednačenim vrednostima za koeficijent filtracije.

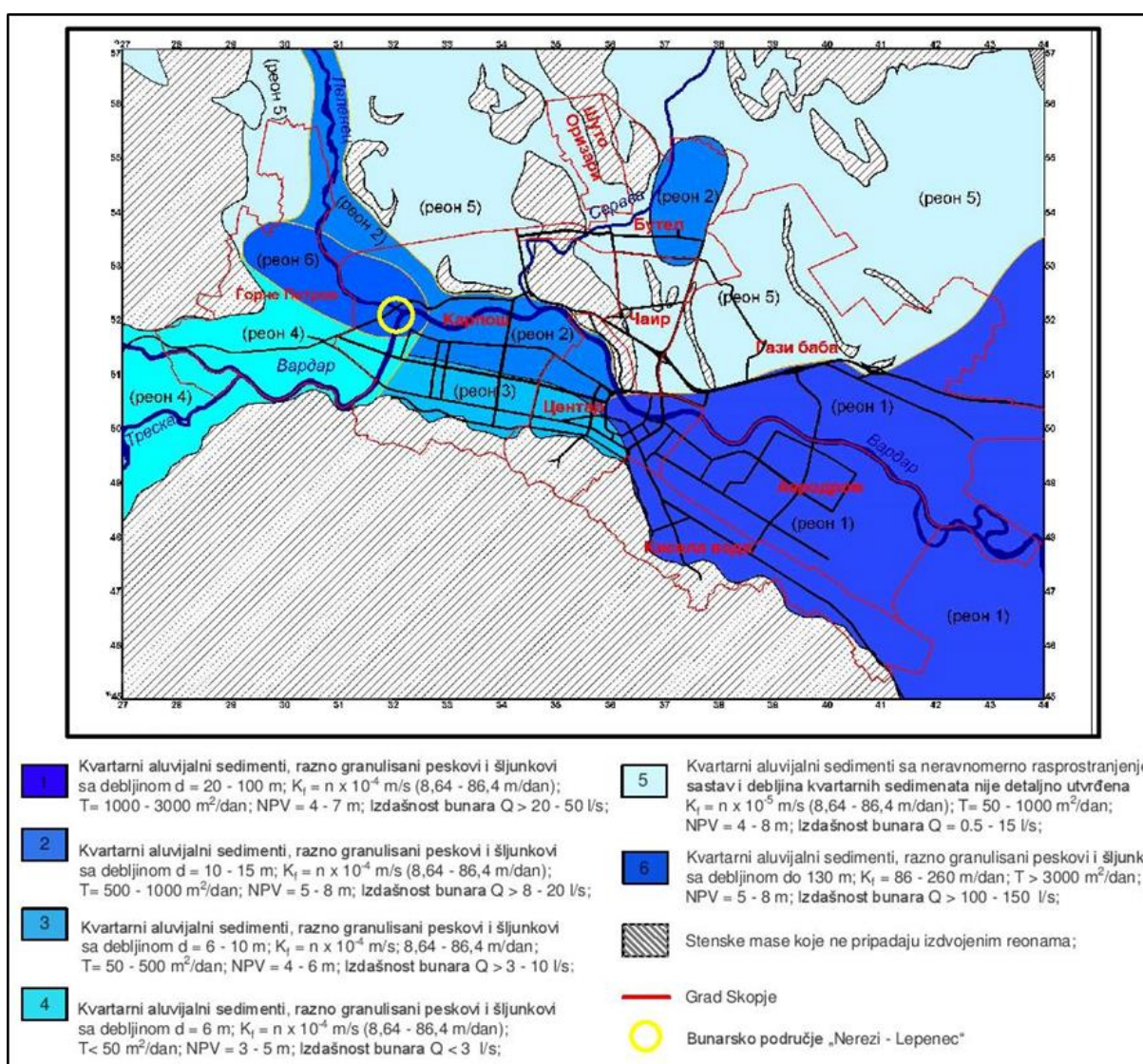
Izdašnost bunara zavisi od debljine aluvijalnih sedimenata, odnosno od debljine izdanske zone, tako da su bunari “Nerezi-Lepenac” najveće izdašnosti, gde debljina aluvijalno-terasnih sedimenata iznosi više od 100 m, mestimično i do 130 m. U zavisnosti od koeficijenta filtracije (K_f m/dan) i debljine aluvijalnih sedimenata, odnosno izdanska zona (T m²/dan) i analiza parametara izvedenih bunara (izdašnost, sniženje, specifična izdašnost, NPV, dubine) obavljena je hidrogeološka reonizacija Skopske kotline gde pripada i ovaj bunarski sistem, slika br. 1

Prema ovoj reonizaciji, grad Skoplje je podeljen na 6 reona, u kojim aluvijalni sedimenti imaju odgovarajuće hidrogeološke karakteristike.

Litološke jedinice prikazane u okviru hidrogeološke mape su međuzrnaste poroznosti, i to: prekvaterni miocenski i pliocenski sedimenti i kvarterni koji su uglavnom aluvijalni, a prema obodima i deluvijalno-proluvijalni sedimenti. Predkvarterni pliocenski i miocenski sedimenti su uglavnom vodonepropustni i prema hidrogeološkoj funkciji pripadaju grupi hidrogeoloških izolatora, koje okonturavaju podzemnu akumulaciju i čine jedan poluzatvoreni hidrogeološki sistem. Dok kvarterni sedimenti, posebno aluvijalni, imaju međuzrnastu poroznost u kojoj je

formirani zbijeni tip izdana sa slobodnim nivoom te su isti najznačajni s aspekta rezerala podzemnih voda.

Bunarski sistem Nerezi – Lepenac pripada na šestom reonu. U ovaj reon debljina kvarternih aluvijalnih sedimenata kreće se do 130 m, nivo podzemne vode je u granicama NPV=3-6 m, koeficijent filtracije $K_f = n \times 10^{-4} \text{ m/s}$ (86-260 m/dan), koeficijent vodoprovodnosti T najčešće iznosi 3000 – 10000 m²/dan, izdašnost bunara $Q = 150 - 250 \text{ l/s}$. specifična izdašnost q_{sp} 14-47 l/sek/m'.



Slika 1. Hidrogeološki model Skopske kotline

(Izvor: Metodologija proučavanja ranljivosti podzemnih voda, Z. Ilijovski, 2013)

Nanos na reci Lepenac radi veće grubozrnaste granulacije je s većim kolektorskim svojstvima. Generalni pravci tečenja podzemnih voda prate rečne tokove sa različitim parcijalnim gradijentima u zavisnosti od lokalne morfologije i filtracionih karakteristika.

Reke Vardar i Lepenac obavljaju prihranjivanje izdana duž njihovog toka i na taj način u velikoj meri čine obnavljanje rezerala podzemnih voda u bunarskom sistemu “Nerezi-Lepenac” i šire, ali i takođe povećavaju rizik od zagađivanja podzemnih voda.

Prema metodu paralelnih profila za reon br 6, gde je locirano ovo bunarsko područje prema formuli $Q_{st} = \mu \times V$ su proračunate rezerve podzemnih voda $Q_{st} = 72.25 \times 10^6 m^3$.

3. Ranjivost podzemnih voda u skopsku kotlinu

Analiza ranjivosti je urađena prema MVCRS (Multiparameter Vulnerability Class Rating System) metodologije.

Tabela br. 1 Karakteristike i rejting prema DRASTIC (levo) i MVCRS(desno) metodologiji

	Original	Prevod	Rejting max.		Karakteristike	Rejting
D	Depth to water	Dubina do vode	125	D	Dubina do vode	0 – 25
R	Recharge to the aquifer	Hranjenje vodonosnika	60	R	Hranjenje vodonosnika	0 – 15
A	Aquifer media	Tip na idan - akvifer	60	A	Tip na idan - akvifer	0 – 20
S	Soil media	Zemljen medijum	30	T	Topografija	0 – 10
T	Topography (slope)	Topografija	10	SI	Litologija vadozne (nadizdanske) zone	0 - 15
I	Impact of vadose (unsaturated) zone	Uticaj vadozne (nezasićene) zone	75	C	Vodopropusnosti akvifera	0 - 15
C	Conductivity of the aquifer	Koeficijent filtracije	45		Ukupni maksimalni rejting	100
Ukupni maksimalni rejting			405			

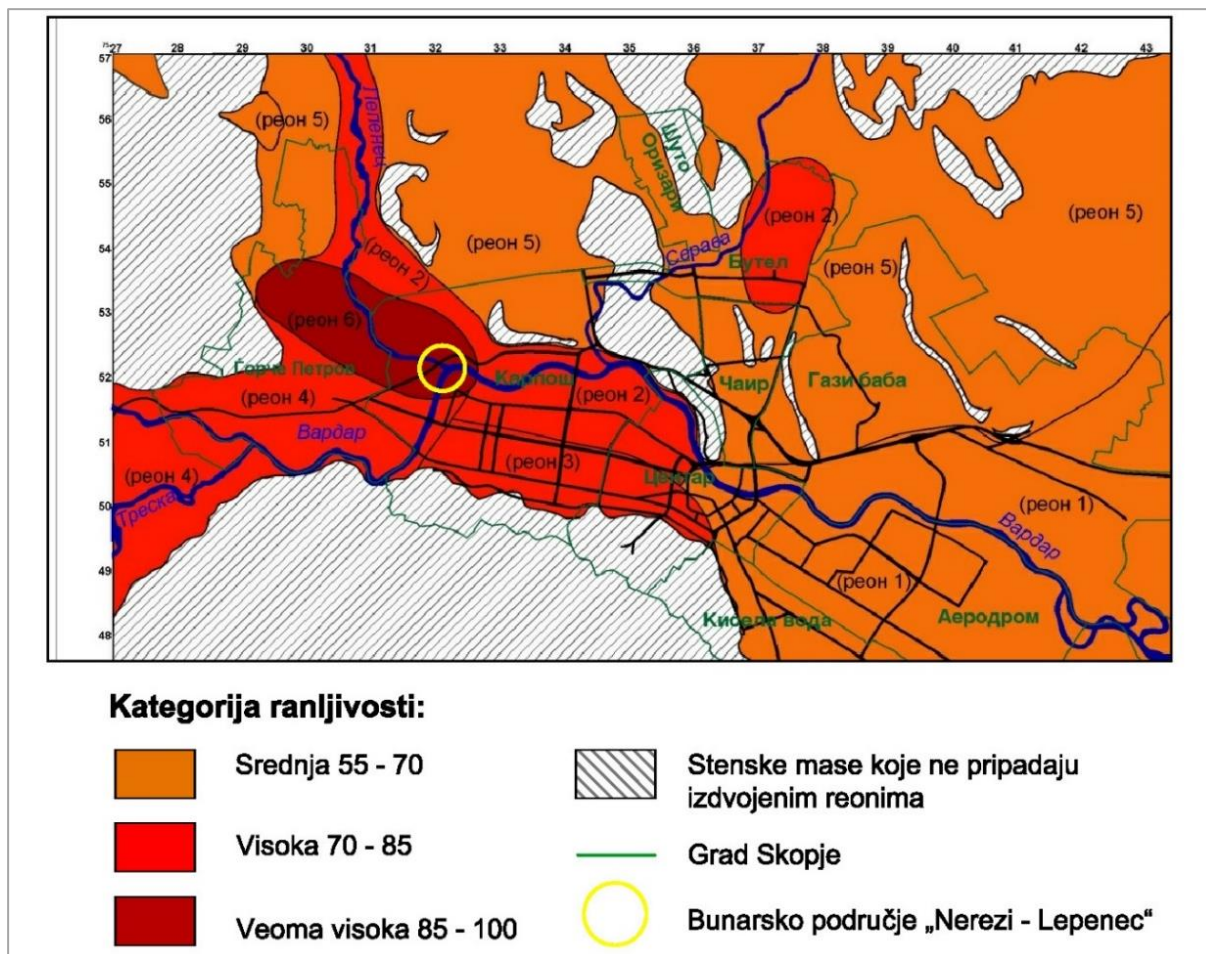
Tabela br. 2 Karakteristike i rejting prema MVCRS metodologiji za reon 6

			Rangiranje prema MVCRS metodologiji i definisanje ukupnog rejtinga i klasa							
Tip izdana	Klasa vodo-propusnosti	HG reon	Analizirani parametri i bovi prema pripadnosti u odgovarajućoj kategoriji						Ukupni rejting	Klasa ranjivosti
			D	R	A	T	SI	C		
Kvartarni aluvijalni sedimenti , zvijeni tip izdana s slobodnim nivoom podzemne vode	14	Neo-tektonska depresija „Nerezi – Lepenac “ reon 6	20	14	20	10	12	15	91	<u>veoma visoka</u>

Tabela br. 3 Karakteristike i rejting prema DRASTIC metodologiji za reon 6

			Rangiranje prema DRASTIC - metodologije i definisanje DRASTICindex i klasa ranjivosti								
Tip izdana	Klasa vodo-propusnosti	HG reon	Analizirani parametri i bovi prema pripadnosti u odgovarajućoj kategoriji						Ukupni rejting	Klasa ranjivosti	
			D	R	A	S	T	I			C
Kvartarni aluvijalni sedimenti , zvijeni tip izdana s slobodnim nivoom podzemne vode	14	Neo-tektonska depresija „Nerezi – Lepenac “ reon 6	100	56	60	24	10	60	45	355	<u>veoma visoka</u>

Hidrogeološki reon/akvifer kojem pripada ovaj bunarski sistem je svrstan u klasu vrlo visoke ranjivosti, dok prisustvo zagađivača, gusto stanovništvo, korišćenje poljoprivrednog zemljišta i ostali pritisci definišu rizik od zagađivanja podzemnih voda, prema kojem je ovo područje svrstano u kategoriju vrlo visokih rizika.



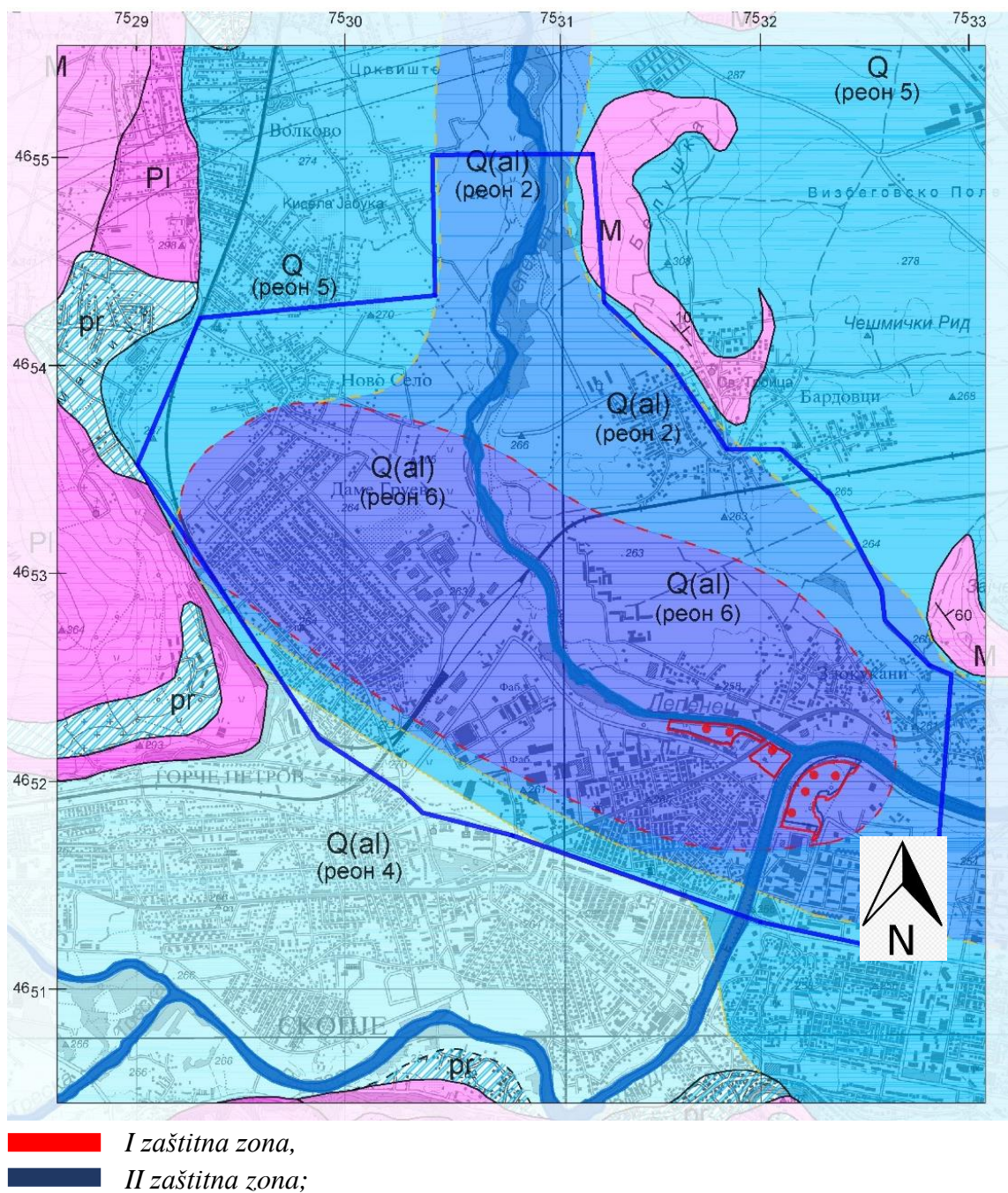
Slika 3. Mapa ranljivosti podzemnih voda Skopskog regiona prema MVCRS (Izvor: Metodologija proučavanja ranljivosti podzemnih voda, Z. Ilijovski, 2013)

4. Određivanje granica zaštitnih zona

Prema zakonskoj regulativi i pravilniku za određivanje granica zaštitnih zona određeni su tri zaštitne zone, odnosno prva, druga i treća zaštitna zona.

Prva zaštitnu zona je neposredna lokacija bunara i ista je ogradaena žičanom ogradom, ima stalno obezbeđivanje čuvarske službe i postojani video nadzor. Druga zaštitna zona za zahvatanje podzemnih voda u poroznoj međuzrnastoj sredini određena je linijom od 50 dana podzemnog toka vode sa lokacije mogućeg mikrobiološkog, biološkog, fizičkog, hemijskog, radiološkog i drugog zagađenja do lokacije vodnog područja, koje se razmatra u uslovima eksploatacije izvorišta.

Pored ovog kriterijuma, koji je bio definisan s izradom hidrogeološkog matematičkog modela, uzete su u obzir hidrogeološke granice zastupljenih akvifera, klasa ranljivosti, lokacije, broj i tip potencijalnih zagađivača, kao i klasa rizika od zagađenja.



Slika 2. Isečak iz hidrogeološke karte s prikazom zaštitnih zona.

5. Analiza pritiska

Pojam *pritisci* podrazumeva sve uticajne faktore, koje mogu narušiti kvalitet ili kvantitet podzemnih voda.

Kao što je ranije pomenuto, u smislu pritiska na kvantitativno stanje podzemnih voda u ovoj oblasti, situacija se ocenjuje kao dobra i ne postoji mogućnost rizika sa iste tačke gledišta.

Ali u smislu pritiska na kvalitativni status, situacija je daleka nepovoljnija, čak i kritična. Ovaj nedostatak je rezultat lokacija bunarskog sistema Nerezi Lepenac. Naime, nalazi se u urbanizovanom okruženju, industrijskoj zoni i blizu obradivog poljoprivrednog zemljišta.

Treba imati u vidu da su podzemne vode deo celokupnog hidrološkog ciklusa, kao i da su ista bila i da će biti u kontaktu sa površinom i atmosferom, koja ukazuje da je mogućnost njenog zagađenja stalno prisutna.

Prema obliku izvora zagađenja, oni su podeljeni u nekoliko grupa i to:

- Tačkasti izvori zagađenja (Primer septičke jame s propusnim dnom ili bunar za ispuštanje otpadnih voda ispod zemlje) predstavljaju jednu tačku zagađivača u prostoru;
- Linijski izvor zagađivanja emitira zagađenje duž linije ili pravca (propusne kanale ili zagađeni površinski prirodni ili veštački vodotoci);

Površinski izvori zagađenja uključuju uglavnom poljoprivredna zemljišta sa različitim hemikalijama (đubriva, sredstva za zaštitu bilja, pesticidi) gde zagađivač prodire kroz površinu u podzemlju. Ovo uključuje deponije komunalnog ili industrijskog otpada;

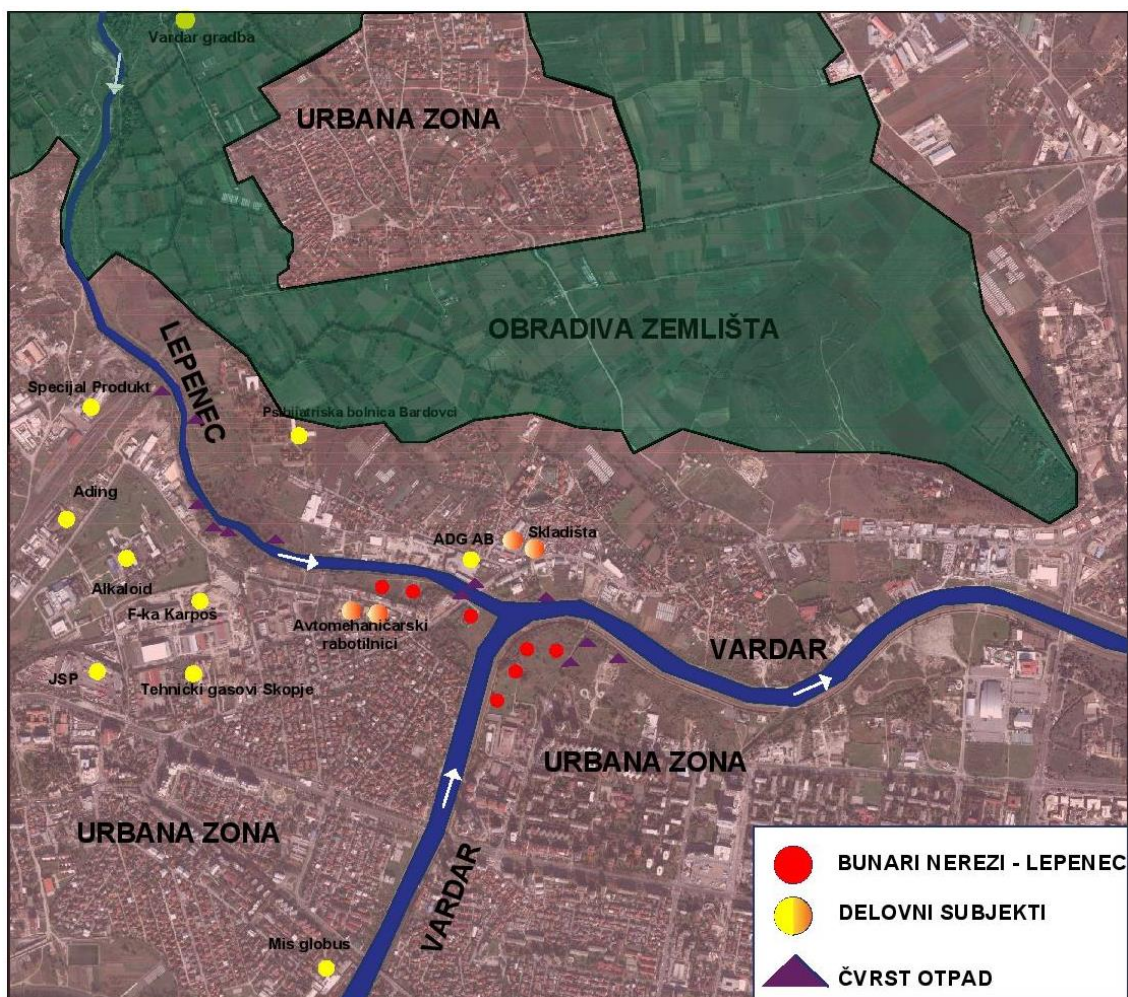
5.1 Tačkasti zagađivači, tečni i čvrsti otpad

U ovu grupu spadaju privredni subjekti kao potencijalni zagađivači tečnog i čvrstog otpada koji prema zakonu u Republici Makedoniji treba da imaju integrisane ekološke dozvole ili odobrene elaborate o uticaju na životnu sredinu kako bi se sprovele mere za zaštitu i kontrolu ispuštanja supstance zagađivača. Operator dozvole treba obavljati monitoring i pripremati izveštaje i upozorenja za monitoring koji su navedeni u dozvoli, a zatim ih proverava nadležni organ za životnu sredinu. Svojim terenskim aktivnostima dokazano je da se u praksi takvi poslovno-industrijski subjekti često ne pridržavaju izdate dozvole i zakonom propisanih uslova i predstavljaju stvarne i potencijalne zagađivače. Prema merama za zabrane i ograničenja u drugoj zoni zaštite ne bi trebalo biti takvih subjekata.

Takođe, na osnovu naših terenskih aktivnosti, ispusti iz industriskih ili fekalnih voda su određene direktno u površinskim vodotocima. Postoje i primeri postojanja divljih fekalnih veza sa postojećim sistemom atmosferske mreže grada Skoplja, što rezultira zagađenjem reka.

U fazi terenskih aktivnosti otkriveni su svi vidljivi ispusti u r. Vardar i r. Lepenac u blizini bunara Nerezi-Lepenac.

Iz izvršenih analiza vode iz ispusta u laboratoriji u Centru za sanitarnu kontrolu - JP "Vodovod i kanalizacija", Skoplje, ispusti otpadnih voda se klasifikuju i izdvajaju kao: atmosferski ispusti, industrijski ispusti i fekalni ispusti. U najvećim deo voda ne zadovoljava standarde kvaliteta za ispuštanje vode u reci.



Slika br. 4. Razmeštenost nekih poslovnih i industriskih subjekata, urbanih zona i obradivog zemljišta



Slika br. 5. Prostorna lokacija ispusta u recipientu r. Vardar i r. Lepenac

5.2 Linijskih zagađivači

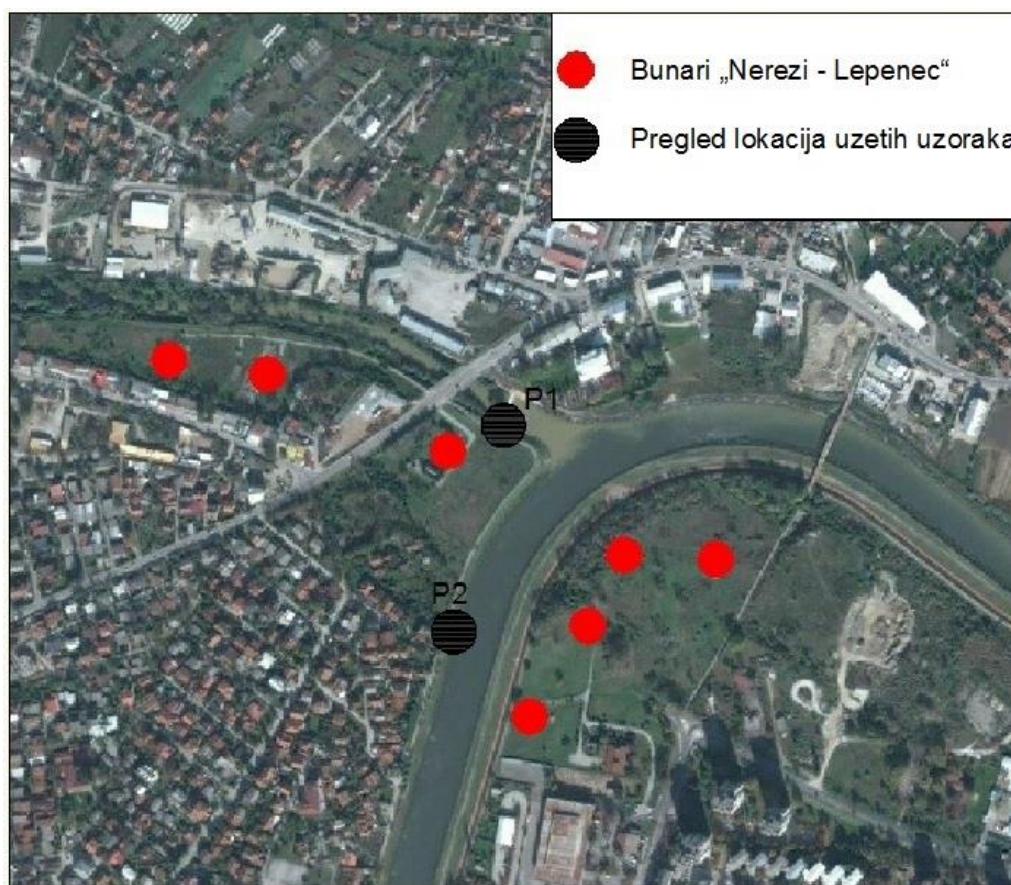
- *Površinske vode*

S ovog aspekta bunarsko područje “Lepenac – Nerezi” nalazi se u veoma osetljivoj zoni. Postoji direktna hidraulička veza između površinskog vodotoka i podzemnih voda. Upravo je činjenica da kvalitet površinskog vodotoka reke Lepenac i reke Vardar utiče na kvalitetu podzemnih voda. Prirodna sredina pruža neku zaštitu, ali ne postoji potpuno rezidentna sredina.

U cilju utvrđivanja kvaliteta vode iz reke Vardar i Lepenac, obavljene su laboratorijske analize vode r. Lepenac i r. Vardar i iste su analizirane i klasifikovane od strane JZU Instituta za javno zdravlje Republike Makedonije, u skladu sa Uredbom o klasifikaciji voda (Sl. list R. Makedonije br. 18/99).

U pogledu fizičko-hemijske analize, uzorak uzet iz r. Vardar, pokazuje povećanu vrednost fizičkog parametra – zamućenost. Od hemijskih indikatora, u jedinjenju nitrita postoji povišena koncentracija azota u vrednosti 0,035 mg/l od dozvoljenih 0,01 mg/l. Rezultati mikrobiološke analize ukazuju na enormno visoku koncentraciju koliformnih bakterija, prisustvo *Enterococcus* spp. i *Escherichia coli* koji ukazuju na fekalnu kontaminaciju.

Prema ispitanim parametrima, uzorci ne odgovaraju Uredbi o klasifikaciji voda i uredbi o kategorizaciji vodotoka i jezera (Sl. list RM br. 18/99). Ispitani uzorak površinske vode u pogledu povećanog sadržaja nitrita, spada u III klasi, dok za propise o bakteriološkoj analizi, kao i u pogledu povećane zamućenosti spada u V klasi.



Slika br. 6. Pregled lokacija (P1 i P2) uzetih uzoraka za ispitivanje parametara u cilju klasifikacije voda (r. Lepenac i r. Vardar)

Slični rezultati su dobijeni i iz ispitivanja površinske vode iz r. Lepenac. Ovo stanje u velikoj mjeri ima negativan uticaj, i rizik od zagađivanja podzemnih voda dovodi do veoma visokog nivoa.

Potrebno je trajno rešenje u izgradnji uređaja - stanica za pročišćavanje zagađene otpadne vode ili njihovo ispuštanje u skladu sa Zakonom o utvrđivanju zaštićenih zona. Da bi se osigurala efikasna zaštita slivnog područja, izuzetno je važno prilikom izrade urbanističkih planova uzeti u obzir aktivnosti koji su potencijalni rizik za zagađivanje.

5.3 Površinski zagađivači

- *Korišćenje poljoprivrednog zemljišta*

Korišćenje zemljišta kao difuzni zagađivač definiše se kao drugi najvažniji faktor rizika. U strukturi zemljišta dominiraju njive, bašte i vrtovi. Izvedbom bunara za sopstvene potrebe - navodnjavanje je pod pritiskom kvantitativnog aspekta. Intenzivnim zahvatanjem podzemnih voda i intenzivnim navodnjavanjem povećava se cirkulacija i povećava distribucija nekih zagađivača sa površine zemlje na podzemne vode. Najveći zagađivači vode su nafta i naftni derivati, sol, ali i razni preparati, pesticidi, hemijska i veštačka đubriva koja se svakodnevno koriste u poljoprivredi. Povećana pojava nitrata, nitrita i amonijaka u pojedinim podzemnim vodama rezultat je korišćenja zemljišta u poljoprivredne svrhe, odnosno upotrebe đubriva i pesticida, a kao rezultat njihovog uticaja, kvaliteta podzemnih voda se menja.

- *Urbanizacija, stanovništvo, saobraćaj*

Urbanizacija i stanovništvo su veoma važan faktor koji uslovljava rizik od zagađivanja. Bunarsko područje Lepenac - Nerezi nalazi se u intenzivno urbanizovanoj sredini. Gradska sredina proizvodi različite vrste otpada koji se često neadekvatno prikupljaju i skladiiraju. Stanovništvo, sem proizvodnje otpada, utiče na životnu sredinu povećanjem izgradnje infrastrukture, izgradnjom novih stambenih zgrada, povećanjem industrijskih kapaciteta, što smanjuje prostor u prirodnoj sredini. Obavljanjem iskopa u raznim svrhama, ugrađivanjem temelja i izgradnja podzemnih objekata utiču na režim podzemnih voda. Sa povećanjem broja stanovnika, saobraćaj se takođe povećava. U zimskim mesecima, sol ili pesak se koriste duž puteva i time povećavaju zagađivanje u gradskim komunalnim vodama koje, pranjem ulica ili kiša, dopiru do vodotoka kao recipijenta.

- *Komunalan, građevinski i industrijski otpad*

U neposrednoj blizini bunarskog sistema, odnosno u drugoj zaštitnoj zoni postoje neuređene takozvane "divlje" deponije komunalnog, industrijskog i građevinskog otpada. Iste predstavljaju visoki faktor rizika za zagađivanje podzemnih voda.

6. Analiza rizika od zagađivanja

Procena rizika od zagađivanja je od izvrsne važnosti za definisanje "aktivnosti" i "mera" koje su potrebne za postizanje ciljeva za zaštitu kvaliteta podzemnih voda. Veoma ranjliv akvifer i prisustvo zagađivača podrazumeva visoki rizik od zagađenja podzemnih voda. Najvažniji faktori rizika za zagađenje podzemnih voda su:

- Tečni i čvrsti otpad;
- Korišćenje zemljišta za poljoprivredu;
- Gustina stanovništva;
- Saobraćaj;

U svom radu "Metodologija za proučavanje ranjivosti podzemnih voda", autor Zlatko Ilijevski određuje kategorizaciju procenjenog rizika od zagađenja podzemnih voda u pet kategorija za koje je prikladno dat rejting s bodovima, t.j. indeks rizika.

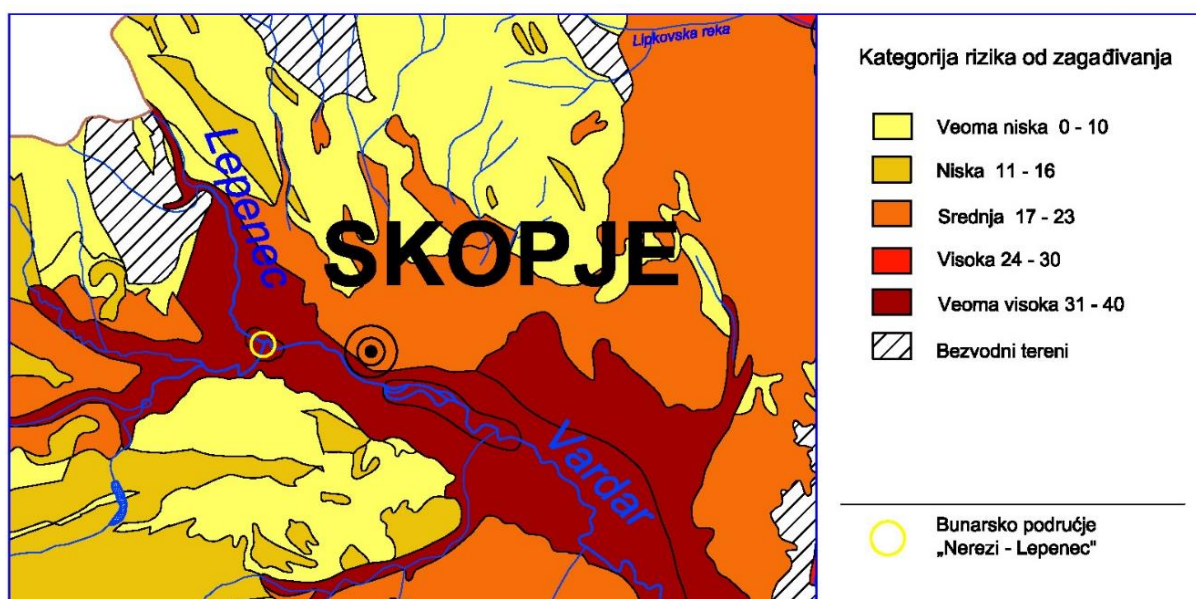
Tabela br. 4 Kategorija procenjenog rizika od zagađivanje podzemnih voda

Kategorija rizika od zagađenja PV	Rejting (indeks rizika)	Klasa
veoma niska	0 – 10	V
niska	11 – 16	IV
srednja	17 – 23	III
visoka	24 – 30	II
veoma visoka	31 – 40	I

Napravljeni su analize o svim hidrogeološkim regionima gde su posebno uzete u obzir klase ranjivosti i tri parametara rizik-faktora od zagađivanja: Tačkasti zagađivači, korišćenje zemljišta za poljoprivredu i gustina stanovništva.

Tabela br. 5 Procenjena kategorija rizika od zagađivanja Skopskog regiona

HG region / klasa vodo-propusnosti	Klasa ranjivosti / bodovi	Klasa tačkastog zagađivača / bodovi	Klasa korišćenja zemljišta za poljoprivredu / bodovi	Klasa naseljenosti / bodovi	Procenjena kategorija rizika od zagađivanja
Skopski region (klasa 13, 14)	visoka, veoma visoka, 9	visoka 10	visoka 10	visoka 10	I (veoma visoka) 39
Skopski region (klasa 12)	srednja 6	visoka 10	visoka 10	visoka 10	I (veoma visoka) 36



Slika br. 6 Procena rizika od zagađivanja podzemnih voda za Skopjskog regiona (Metodologija proučivanja ranljivosti podzemnih voda, Z.Ilijovski, 2013 god.)

7. Zaključak

Sa hidrogeološkog aspekta, odnosno sa aspekta rezerve pozemnih voda, bunarski sistem Nerezi Lepenac poseduje isključivo povoljne uslove. Ranljivost podzemnih voda ovog područja je ocenjena kao veoma visoka. Postoje brojni pritisci kvalitativnog statusa podzemnih voda, kao što je prisustvo velikog broja industrijskih subjekata, vrlo urbanizovana sredina, postojanje poljoprivrednog zemljišta.

Visoka ranljivost i prisustvo zagađivača uzrokuju veoma visoki rizik od zagađivanja podzemnih voda na ovom području. S aspekta dugoročnog održavanja kvaliteta podzemnih voda, uslovi su nepovoljni.

Određivanje zaštitnih zona i primena mera zabrane i ograničenja doprineće ka održavanju dobrog kvalitetnog statusa ovog izvorišta.

U granicama druge zaštitne zone detektovano je puno zagađivača (pritisaka) koji saglasno merama zabrane i ograničenja ne treba postojati. U smeru popravljavanja situacije, u drugoj zaštnoj zoni potrebno je hitno sprovesti određene mere kao što su: eliminisanje ispusta fekalnih nepročišćenih voda, eliminisanje ispusta neobrađenih industrijskih voda, odstranjivanje komunalnog, industrijskog i građevinskog šuta, čišćenje rečnog korita reke Lepenac, intenziviranje inspekcijskog nadzora, uspostavljanje monitoring mreže za praćenje kvantitativnog i kvalitativnog statusa podzemnih voda.

Ukoliko se ove mere ne sprovedu u najhitnijem roku, sva analiza i indikacije idu u pravcu mogućeg “rizika” od zagađivanja podzemnih voda na ovom bunarskom području.

Literatura:

1. Građevinskog instituta Makedonija – Skoplje (2017): Ekspertiza za ažuriranje granica zaštitnih zona bunarskog područja Nerezi-Lepenac i određivanje mere zaštite;
2. Ilijovski Z. (2015): Metodologija istraživanja ranljivosti podzemnih voda;

HIDROHEMIJSKE ODLIKE TERMALNIH VODA U SLIVU RIJEKE KRIVAJE

¹Mr. Ćazim Šarić, dipl.ing.geol., ¹Dr.sc.Ferid Skopljak, vand.prof., ²Dr.sc.Izet Žigić, red. prof.,
²Dr.sc.Dinka Pašić-Škripić, red. prof.

¹Federalni zavod za geologiju

²Rudarsko-geološko-građevinski fakultet - Univerzitet u Tuzli

Ključne riječi: termalne vode, trijas, navlaka, rasjed, geneza

Key words: thermal waters, triassic, cover, fault, genesis

Rezime

U slivu rijeke Krivaje registrovano je nekoliko pojava izvora termalnih voda sličnih fizičko-hemijske karakteristika. Na svim izvorima utvrđeno je da vode imaju nisku mineralizaciju 300-530 mg/l, temperaturu 15,5-35 °C, HCO₃-Ca-Mg i podređeno HCO₃-Ca tipa, te N₂-O₂ plinskog sastava. U terenima gdje se pojavljuju izvori termalnih voda izdvojene su dvije kategorije stijena: propusne stijene kavernožno-pukotinske poroznosti i nepropusne stijene. Sve vode su atmosferskog porijekla i pojavljuju se u zonama rasjeda. Hemijski sastav i hidrohemijski tip voda ukazuje da termalne vode u slivu Krivaje protiču kroz krečnjake i dolomite koji u ovim terenima ulaze u sastav trijaskih naslaga. Područje na kojem se pojavljuju izvori termalnih voda u prošlosti su bili izloženi snažnim tektonskim kretanjima, prije svega navlačenju i rasjedanju širih razmjera.

Summary

Several occurrences of thermal water sources with similar physicochemical characteristics have been registered in the Krivaje River basin. At all sources, the waters were found to have low mineralization of 300-530 mg / l, a temperature of 15.5-35 oC, HCO₃-Ca-Mg and a subordinate HCO₃-Ca type, and N₂-O₂ gas composition. In terrains where thermal water sources appear, two categories of rocks are separated: permeable rocks of cavernous-crack porosity and impermeable rocks. All waters are of atmospheric origin and occur in fault zones. The chemical composition and the hydrochemical type of water indicate that thermal waters in the Krivaja basin flow through the limestones and dolomites that form part of the Triassic deposits in these terrains. The area where thermal water springs appear in the past has been exposed to strong tectonic movements, above all, to the widening and spreading of wider proportions.

1. Uvod

U slivu rijeke Krivaje registrirano je desetak izvora termalne vode veoma sličnog tipa, mehanizma isticanja, izdašnosti, fizičko-hemijskih i genetskih karakteristika. Situirani su u gornjem dijelu toka i slivnog područja Krivaje, od Knežine na jugoistoku preko Olova do Milankovića na sjeverozapadu. Termalni izvori se pojavljuju na prelazu središnjih i unutrašnjih Dinarida BiH, prvenstveno u terenima gdje karbonati trijasa imaju dominirajuće

rasprostranjenje u odnosu na tvorevine dijabaz-rožne formacije, odnosno u terenima koji su u više navrata tokom geološke evolucije bili izloženi snažnim tektonskim pokretima, prije svega navlačenju i rasjedanju širih razmjera. U neposrednoj blizini ili relativno blizu termalnih izvora uglavnom se pojavljuju hladni kraški izvori, što je od velike važnosti za proučavanje strukturnih, geoloških i hidrogeoloških karakteristika ovih terena, te geneze termalnih voda.

2. Dosadašnja istraživanja

Prve podatke o termalnim vodama u slivu rijeke Krivaje nalazimo u radu **E. Ludwiga** „*Die mineralquellen Bosniens*“ u kojem opisuje i prilaže hemijsku analizu termalnog izvora u Olovu. Ludwig kod opisa ovog izvora navodi da „ Iz pukotina stijena a blizu same obale rijeke, izvire nekoliko toplih izvora. Neki od njih za vrijeme ljeta potpuno presahnu ...“, a na osnovu ispitivanja hemijskog sastava navodi da „ Terme kod Olova dolaze u indiferentne terme; siromašne su u čvrstim sastojcima i ugljen-dioksidu“ (1890., str.248).

F. Katzer 1919. godine u publikaciji „*K poznavanju mineralnih vrela Bosne*“ daje više podataka o termalnim izvorima i geološkoj građi terena kod Olova, gdje iz praktičnih razloga prilaže preračunatu analizu Ludwiga. Kod razmatranja geneze Katzer olovske termalne izvore dovodi u vezu sa rasjedom Bioštica, te zaostacima magmatskih pojava slično termalnom vrelu na Ilidži !?.

R. Jovanović sa saradnicima u periodu 1962.-1966. godina, u okviru Studije termalnih i termomineralnih voda BiH, provodi hidrohemijska ispitivanja termalnih izvora u slivu Krivaje. Tom prilikom proučen je hemijski sastav svih pojava termalnih voda u slivu Krivaje što je veliki doprinos njihovom boljem poznavanju. **J o v a n o v i ć**, također, u periodu 1966-1968. godina obavlja hidrogeološka istraživanja i ispitivanja u području Očevljanske rijeke a rezultate objavljuje u radu „*Prilog poznavanju hidrogeoloških odnosa u našem karstu*“ (1984.,str.91-127). Tom prilikom daje vrijedne podatke o termalnim izvorima u Očevlju za koje ističe da imaju male oscilacije izdašnosti i temperature.

B. Đerković (1971.) u radu „*Mineralne, termalne i termomineralne vode Srednje Bosne*“ daje kraće opise skoro svih pojava termalnih izvora u slivu Krivaje. Đerković daje vrijedne podatke o izdašnosti, fizičkim i hemijskim karakteristikama voda ali malo podataka o geološkim i hidrogeološkim uslovima njihove lokalizacije, te genezi termalnih voda.

J. Josipović (1971.) u radu „*Mineralne, termalne i termomineralne vode u BiH*“ kratko razmatra problematiku geneze termalnih voda u prostoru Rogatica-Knežina-Olovo-Solun za koje smatra da su infiltracionog porijekla, a da je njihova mineralizacija posljedica rastvaranja stijena kroz koje prolazi. Posebno je interesantna tabela 12 u ovom radu u kojoj se uočava veoma sličan jonski sastav termalnih voda Olova, Orlje i Soluna (1971., str.262-265).

J. Bać rukovodi izvođenjem tri bunara u Olovu 70-tih godina ovog stoljeća. Bunari su dubine 180-200 m i zahvatili su termalne vode koje se i danas koriste u olovskoj Banji. Nakon izvođenja bunara izvori termalne vode su presušili, a neki od njih značajno smanjili izdašnost. Tehnička dokumentacija o izvođenju bunara nije sačuvana.

N. Miošić (1982.) u radu „*Genetska kategorizacija mineralnih, termalnih i termomineralnih voda BiH*“ termalne vode u dolini Krivaje izdvaja u hidrogeohemijsku provinciju N_2 i N_2-O_2 voda ofiolitske zone istočne Bosne. Smatra da su ove vode atmosferskog porijekla, a ukazuje da je najvažnije pitanje za ovu grupu voda porijeklo temperiranosti (str.245-246). Važno je istaći da Miošić, također, ukazuje na složen hidraulički i hidrotermički režim pojedinih akumulacija, odnosno pojavu izvora hladnih i termalnih voda u neposrednoj blizini o čemu navodi slijedeće: „Najvjerojatnije je, da se u ovim slučajevima tople vode javljaju duž rasjeda iz velikih dubina, dok se hladne vode gravitaciono izlivaju iz plićih odnosno aeriziranih krških kolektora“ (str.246).

Zavod za zdravstvenu zaštitu SR BiH u toku 1987. godine izrađuje Elaborat „*Hidrogeološke, hemijske i balneološke odlike termalne vode i blata u Podlipniku i mogućnosti njihovog korištenja u medicinske svrhe*“. Pored kompletnih analiza termalne vode i blata u Podlipniku u Elaboratu se daju vrijedni podaci o širokom spektru mogućnosti njihovog korištenja.

F. Skopljak (2002.) provodi hidrogeološka istraživanja i ispitivanja za potrebe zahvatanja termalnih voda Orlja. U izvještaju o izvedenim istraživanjima i ispitivanjima, pored definiranja mehanizma termalnih izvora, prilaže veći broj analiza fizičko-hemijskog sastava termalnih i običnih voda Orlje.

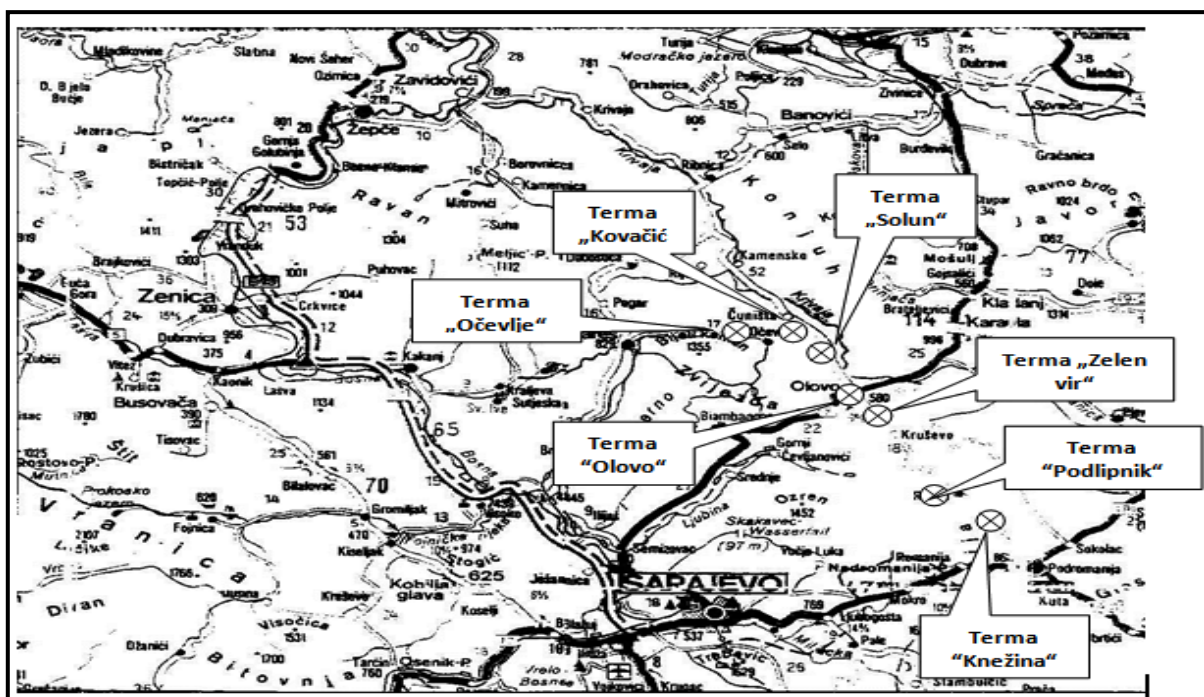
F. Skopljak, N. Samardžić i J. Saletović u toku 2008. godine provode prospekciju, kartiranje i uzorkovanje termalnih izvora u slivu Krivaje za potrebe izrade „*Katastra mineralnih, termalnih i termomineralnih voda F BiH*“ koji realizira Federalni zavod za geologiju. Tom prilikom prikupljeni su novi podaci o geološkim i hidrogeološkim karakteristikama terena u zoni termalnih izvora.

Geotehnos d.o.o. Sarajevo (2014.) izradio je Elaborat o kategorizaciji, klasifikaciji i proračunu rezervi podzemnih termalnih u „*Aquaterm*“ u Olovu. Izradom elaborata dobiveni su osnovni parametri o rentabilnosti eksploatacije termalnih voda koje se u dužem vremenskom periodu planiraju koristiti u banjsko-rekreacionom kompleksu „*Aquaterm*“ u Olovu.

Na osnovu navedenog pregleda dosadašnjih istraživanja i ispitivanja može se zaključiti da su geološka i hidrogeološka istraživanja termalnih voda u slivu rijeke Krivaje provedena u veoma malom obimu. Detaljno nije istraženo niti jedno ležište; nisu utvrđene i verificirane rezerve i kvalitet termalnih voda; nisu definirane zone i mjere zaštite izvora i dr. Nizak stepen istraženosti reflektira se u postojećim kapacitetima i domeni njihovog korištenja, gdje se od desetak pojava termalnih voda koristi samo jedna, i to ona u Banji Olovo.

2. Položaj, geološki i strukturno-tektonski uslovi lokalizacije termalnih izvora

Izvori termalne vode su u slivu rijeke Krivaje, idući od jugoistoka ka sjeverozapadu, registrirani u *Knežini, Podlipniku, Zelenom viru, Olovu, Orlji, Očeviji, Solunu i Kovačićima* (sl.1). Udaljenost između krajnjih pojava u Knežini i Kovačićima je oko 30 km što pored skoro linijskog rasporeda izvora ukazuje na određene zakonomjernosti njihovog pojavljivanja.



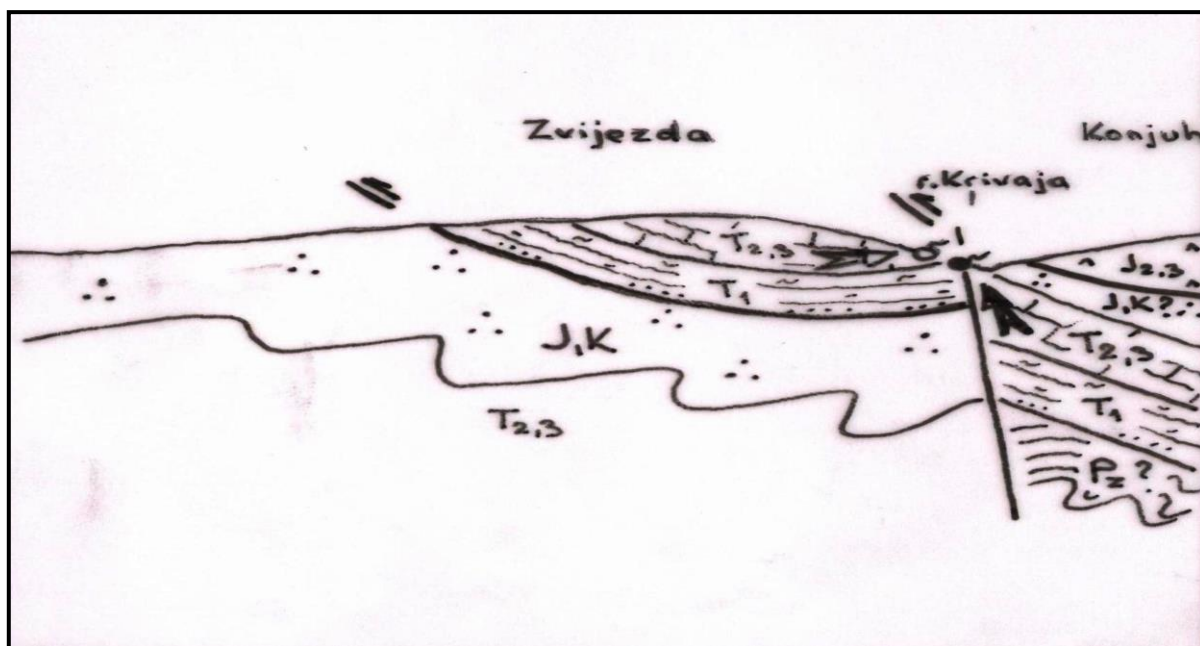
Slika 1. Dispozicija termalnih izvora u slivu rijeke Krivaje, M 1:200 000 (F.Skopljak,2008.)

Pojava izvora predisponirana je geološkom građom i strukturno-tektonskim karakteristikama terena, prije svega strukturnim položajem vodonosnika termalnih voda izgrađenog od karbonata srednjeg i gornjeg trijasa, odnosno nepropusnih stijena u njihovoj krovini predstavljenih naslagama jursko-krednog fliša i tvorevinama dijabaz-rožnačke formacije.

Pored navedenih geološko-hidrogeoloških uslova lokalizacije termalnih izvora, za njihovo pojavljivanje su od prvorazrednog značaja strukturno-tektonske karakteristike terena u kojem se susreću tri krupne navlake Dinarida BiH: *Golija navlaka* na istoku; *Ofolitska navlaka* na sjeveroistoku i *Durmitorska navlaka* na jugu i jugoistoku. Posljednje dvije navedene navlake su ka jugozapadu navučene na navlaku *Bosanskog fliša*.

Navedene navlake su u ovim terenima uzrokovale formiranje dvije strukturne etaže:

- **donje strukturne etaže** u kojoj su nepropusne stijene jursko-krednog fliša i dijabaz-rožnačke formacije *krovinska hidrogeološka barijera* karbonatima trijasa koji u ovoj etaži imaju funkcije *vodonosnika termalnih voda*, i
- **gornje strukturne etaže** u kojoj su nepropusne stijene jursko-krednog fliša i dijabaz-rožnačke formacije *podinska hidrogeološka barijera* karbonatima trijasa koji su u gornjoj strukturnoj etaži *vodonosnici običnih hladnih voda*.



Slika 2. Šematski model hidrogeoloških odnosa u gornjem toku Krivaje (F.Skopljak, 2008.)

Od posebnog značaja za pojavu izvora, kako termalne tako i obične vode, je prisustvo dubokog rasjeda koji se pruža dolinom Bioštica, odnosno Krivaje (u daljem tekstu rasjed Krivaje), te manjih uzdužnih i poprečnih rasjeda koji prate ovu rasjednu zonu. Rasjed Krivaje je presjekao navedene navlake i strukturne etaže što je uzrokovalo otkrivanje vodonosnika termalnih i običnih voda, te njihovo isticanje na površinu terena, odnosno pojavu izvora (sl.2).

3. Hidrogeološke karakteristike terena

U proučavanom terenu izdvojene su dvije kategorije stijena:

- propusne stijene kavernožno-pukotinske poroznosti, i
- nepropusne stijene.

Propusne stijene kavernožno-pukotinske poroznosti su karbonati anizika (T_2^1), , srednjegornjeg ($T_{2,3}$) i gornjeg trijasa (T_3). Prema intenzitetu karstifikacije izdvojeni su u klasu dobro karstificiranih naslaga u kojima se pojavljuju mnoštvo površinskih i podzemnih kraških oblika. Od površinskih oblika su brojne vrtače, ponori i ponornice u slivu Krivaje a od podzemnih kraška vrela među kojima su najvažnija vrelo Bioštica i Orlje, te pećine među kojima su poseban raritet one u Bijambarama kod Krivajevića.

Karbonati trijasa imaju hidrogeološke funkcije vodonosnika pukotinsko-kavernozne poroznosti; običnih hladnih voda u gornjoj strukturnoj etaži i termalnih voda u donjoj strukturnoj etaži. Od izvora običnih voda su važniji izvori Bioštica, Blatnice kod Podlipnika, Kruševačka vrela, Zelen vir i Tisovac kod Olova, Orlja, Očevije i dr. a također svi termalni izvori u slivu rijeke Krivaje potiču i/ili se pojavljuju iz ovih stijena.

U kategoriju *nepropusnih stijena* izdvojene su tvorevine donjeg trijasa (T_1), jursko-krednog fliša (J,K) i dijabaz-rožnačke formacije jure ($J_{2,3}$) dok tvorevine vulkanogeno-sedimentne formacije ladinika (T_2^2) imaju funkcije pretežno nepropusnih kompleksa. Propusnost navedenih naslaga je veoma slaba tako da u njima nisu formirani vodonosnici veće vodoobilnosti. Samo

mjestimično i plitko ispod površine terena u njima se pojavljuju vodonosnici običnih voda ograničenog rasprostranjena. U određenoj mjeri se propusnost ovih stijena povećava u zoni rasjeda gdje mogu imati i funkcije vodoprovodnika.

3.1. Izvori termalnih voda

Izvori termalnih voda u slivu Krivaje su, po pravilu, pukotinskog tipa i uzlaznog mehanizma isticanja. Pojavljuju se u okviru karbonata srednjeg ili gornjeg trijasa i blizu kontakta sa nepropusnim stijenama, te obavezno u zoni rasjeda. Na skoro svim lokalitetima izvorišta termalne vode su razbijenog tipa, a isticanja su linijski raspoređena na više pojava u dužini 10-50 m.

Termalni izvor „Toplik“ - Knežina nalazi se skoro u središtu ovog malog mjesta, sa desne strane rijeke Bioštica. Pojavljuje se podno brda Kravarevica, na kontaktu krečnjaka srednje-gornjeg trijasa (T_{2,3}) i tvorevina dijabaz-rožnačke formacije jure (J_{2,3}). Situiran je u čelu Golija navlake koju u ovom dijelu terena karakterizira navlačenje karbonata trijasa na dijabaz-rožnačku formaciju jure. Nedaleko od izvora termalne vode je snažan kraški izvor obične vode koji također izbija iz krečnjaka srednje-gornjeg trijasa. Prema raspoloživim podacima izdašnost termalnog izvora je 15-20 l/s; temperatura vode 15,5 °C i mineralizacija 460,18 mg/l. N. M i o š i ć (1977.) navodi da se voda izvora najvjerojatnije hladi vodom rijeke Bioštica.

Termalni izvor „Toplik“ - Podlipnik nalazi se sa lijeve strane potoka Blatnica zapadno od škole u istoimenom mjestu. Pojavljuje se u sredini proširene doline niže brda Brus, formirane u zoni rasjeda kojim su u isti nivo dovedeni krečnjaci srednjeg trijasa-anizika (T₂¹) i klastiti donjeg trijasa (T₁). Situiran je u zoni Durmitorske navlake kojom su klastiti i karbonati trijasa navučeni na jursko-kredni fliš (J,K), a najvjerojatnije kraljušti presječene rasjedom unutar ove velike navlake. Nedaleko od izvora termalne vode je kraški izvor obične vode „Blatnica“ koji, također, izbija iz krečnjaka anizika. Temperatura vode na izvoru je 21°C a mineralizacija oko 363,8 mg/l.

Termalni izvor „Zelen vir“ nalazi se u klisuri rijeke Bioštica, sa njene lijeve strane cca 3 km jugoistočno od Olova. Pojavljuje se u čelu Ofiolitske navlake kojom su, u ovom dijelu terena tvorevine dijabaz-rožnačke formacije jure navučene na trijasku karbonate i klastite, a koje je poremećeno rasjedom Krivaje. Nedaleko od izvora termalne vode su kraški izvori obične vode istog naziva. Prema raspoloživim podacima izdašnost termalnog izvora je 1 l/s; temperatura vode 33 °C i mineralizacija 415,16 mg/l.

Termalni izvori „Terma“- Olovo nalaze se skoro u središtu grada, sa lijeve strane rijeke Bioštica neposredno prije njenog sastavka sa rijekom Stupčanicom. Pojavljuju se, također, u čelu Ofiolitske navlake kojom su, u ovom dijelu terena, tvorevine dijabaz-rožnačke formacije jure navučene na trijasku karbonate i klastite, te zatim poremećene rasjedom Krivaje. Nešto nizvodnije od izvora termalne vode, također na lijevoj strani Krivaje, je izvori obične vode Tisovac. U Olovu je registrirano više izvora termalne vode među kojima su Glavno vrelo, tzv. Žensko kupalište i Donji izvor. Temperatura vode na izvoru Terma je 32,3 °C a mineralizacija oko 523,3 mg/l.

Termalni izvori „Orlja“ nalazi se sa desne strane izvora rijeke Orlje, oko 10 km zapadno od Olova. Pojavljuje se u zoni Durmitorske navlake koju karakterizira navlačenje klastita i karbonata trijasa na jursko-kredni fliš (J,K), a najvjerojatnije kraljušti presječene rasjedom unutar ove velike navlake. Nasuprot izvora termalne vode je hladni kraški izvor „Orlja“ koji izbija iz pećine formirane u karbonatima srednjeg trijasa. U Orlji su registrirana dva termalna izvora; Glavni gornji koji je kaptiran, te donji primitivno kaptiran. Prema podacima rekognosciranja u augustu 2008. godine Glavni izvor ima slijedeće osnovne karakteristike: izdašnost oko 2,0 l/s, elektroprovodnost 357 $\mu\text{S}/\text{cm}$ i temperaturu vode 24,5 °C. Donji termalni izvor ima izdašnost oko 0,5-1,0 l/s, elektroprovodnost 372 $\mu\text{S}/\text{cm}$ i temperatura vode 25 °C.

Termalni izvor „Velika terma“- Očevija nalazi se u G.Očevlju, sa desne strane puta Vareš-Ponikva-Krivajevići oko 11 km SI od Vareša i desne strane potoka Suvodo od koje su udaljeni oko 50 m. Situdirani su u zoni Durmitorske navlake koju karakterizira navlačenje klastita i karbonata trijasa na jursko-kredni fliš (J,K). Nedaleko od izvora termalne vode, također na desnoj strani Suvodola, je kraško vrelo „Pećina“ koje izbija iz pećine formirane u karbonatima srednjeg trijasa. Osnovne karakteristike Velike terme su: izdašnost 3-5 l/s, elektroprovodnost 307,22 $\mu\text{S}/\text{cm}$ i temperaturu vode 24,8 °C

Termalni izvor „Toplik“- Solun se nalazi nadomak istoimenog sela cca 10 km SZ od Olova, na lijevoj strane rijeke Krivaje odmah ispod puta Olovo-Zavidovići. Pojavljuje se u čelu Ofiolitske navlake koju, u ovom dijelu terena, karakterizira navlačenje tvorevina dijabaz-rožnačke formacije jure na trijasku karbonate i klastite, a koja je zatim poremećena rasjedom Krivaje. Prema podacima rekognosciranja u augustu 2008. godine izdašnost izvora je oko 5 l/s, elektroprovodnost 429,79 $\mu\text{S}/\text{cm}$ i temperaturu vode 26,8 °C.

Termalni izvor „Kovačići“ nalazi se u Kovačićima oko 12 km SZ od Olova. Situdiran je u obali korita na lijevoj strani rijeke Krivaje a ispod puta Olovo-Zavidovići. Izbija iz ispucalih trijaskih krečnjaka neposredno uz Krivaju koja ga povremeno plavi i dovodi pod uspor. Prema podacima rekognosciranja u augustu 2008. godine izdašnost izvora je 4-5 l/s, elektroprovodnost 442 $\mu\text{S}/\text{cm}$ i temperatura vode 23 °C. Oko 5 metara niže je manji izvor sličnih karakteristika; izdašnosti 0,5 l/s, elektroprovodnost 407,07 $\mu\text{S}/\text{cm}$ i temperatura vode 23 °C.

4. Fizičko-hemijski sastav voda

Termalne izvore u slivu rijeke Krivaje imaju veoma slične fizičko-hemijske karakteristike. Ove vode su niske mineralizacija 300-460 mg/l, temperature 15,5-35 °C, $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ i podređeno $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ tipa, te $\text{N}_2\text{-O}_2$ plinskog sastava. Fizičko-hemijske karakteristike termalnih voda, prema podacima dosadašnjih ispitivanja, date su na slici 3.

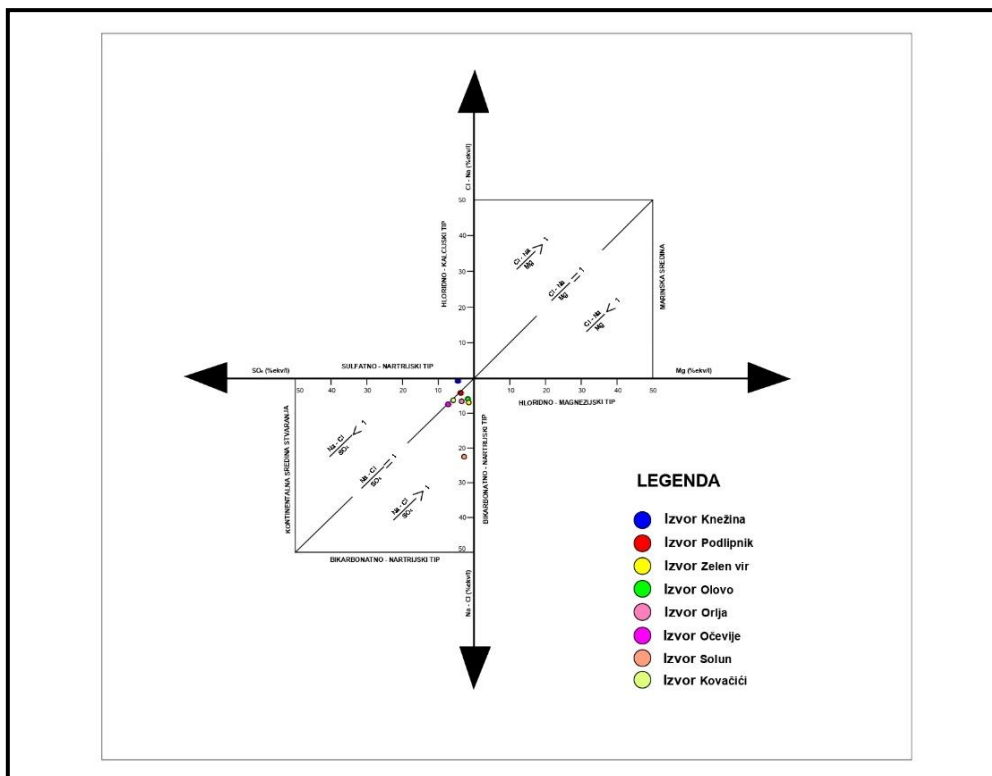
IZVORI	KATIONI				ANIONI			MINERALIZACIJA (mg/l)	T (°C)	Tip
	Na	K	Ca	Mg	HCO ₃	SO ₄	Cl			
Toplik - Knežina	0,70	0,34	61,26	37,70	95,49	4,51	0,00	460,18	15,5	HCO ₃ – Ca – Mg
Toplik - Podlipnik	1,00	0,00	3,41	95,59	93,28	3,68	3,04	363,8	21	HCO ₃ – Ca
Zelen vir - Olovo	6,74	0,79	61,88	31,59	98,59	1,41	0,00	415,16	33,0	HCO ₃ – Ca – Mg
Terma - Olovo	25,82	1,29	53,37	19,51	75,18	2,73	22,09	523,19	32,3	HCO ₃ – Ca – Mg
Orlja - Orlja	2,17	0,43	87,26	10,14	92,78	3,44	3,78	357	24,5	HCO ₃ – Ca – Mg
Velika terma - Očevija	2,36	0,53	53,02	44,09	87,91	7,21	4,88	307,22	24,8	HCO ₃ – Ca – Mg
Toplik - Solun	12,62	0,00	69,91	17,47	87,98	2,73	9,29	429,79	26,8	HCO ₃ – Ca
Kovačići - Kovačići	6,11	0,76	73,03	20,1	94,2	5,8	0,00	407,07	23	HCO ₃ – Ca – Mg

Slika 3. Fizičko-hemijske karakteristike termalnih voda u slivu rijeke Krivaje

Iz navedenog pregleda fiziko-hemizma uočava se da termalni izvori u okviru Golija navlake imaju temperaturu 15,5 - 17,5 °C; Durmitorske navlake 20,3 – 25,5 °C, a u okviru Ofiolitske navlake temperaturu vode 23 – 35 °C. Mineralizacija termalnih voda je nešto niža u okviru Durmitorske (300-390 mg/l)) nego Ofiolitske navlake (407-523 mg/l). U pogledu hemijskog sastava termalne vode u slivu Krivaje, pored dominirajuće zastupljenosti hidrokarbonatnih, kalcijjskih i magnezijjskih jona, koji ukazuju na tečenje kroz krečnjake i dolomite, karakterizira veoma nizak sadržaj sulfata i hlorida što ukazuje da termalne vode ne protiču kroz evaporite.

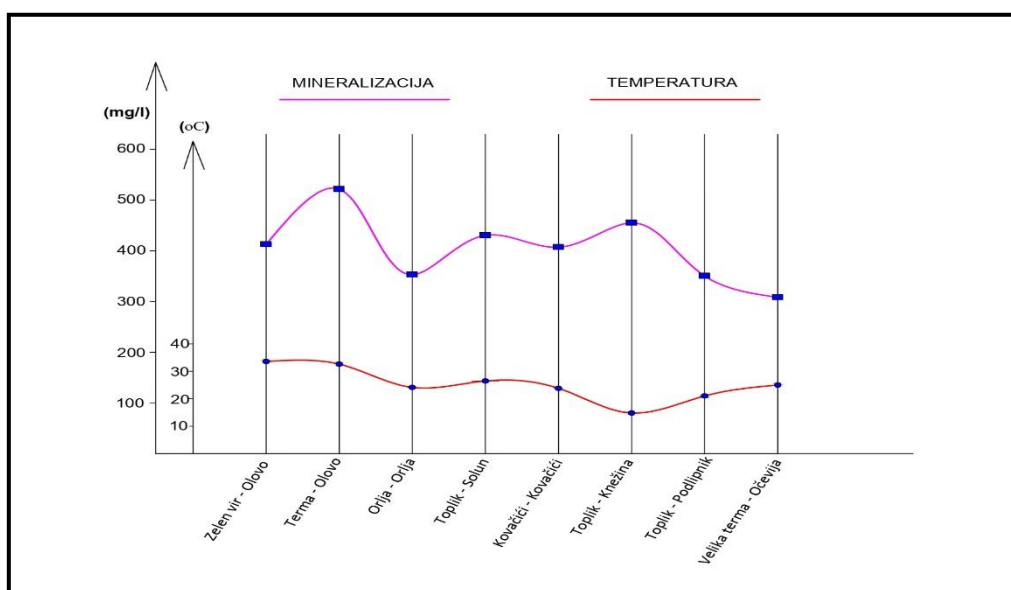
5. Hidrohemijske odlike termalnih voda

Na osnovu ranijih istraživanja geneze termalnih u slivu rijeke Krivaje može se zaključiti da pitanje geneze termalnih voda u ovom prostoru u proteklom periodu nije u potpunosti riješeno, te da odgovore na ova pitanja treba i dalje tražiti hidrogeološkim i hidrohemijskim istraživanjima i ispitivanjima. Proučavanje geneze termalnih voda u ovom radu vršeno je na osnovu geološke građe, strukturno-tektonskih i hidrogeoloških karakteristika terena i fizičko-hemijskog sastava voda. Korištenjem grafika Sulina određeni su genetski tipovi termalnih voda u slivu rijeke Krivaje, na osnovu vrijednosti odnosa glavnih jona: Na/Cl, Na-Cl/SO₄ i Cl-Na/Mg. Iz grafika se uočava da sve analizirane pojave termalnih voda u ovom prostoru imaju Na-Cl/SO₄ > 1, tj. da su **hidrokarbonatno - kalcijsko - magnezijskog tipa** i potiču iz **kopnene sredine** stvaranja (sl.4).



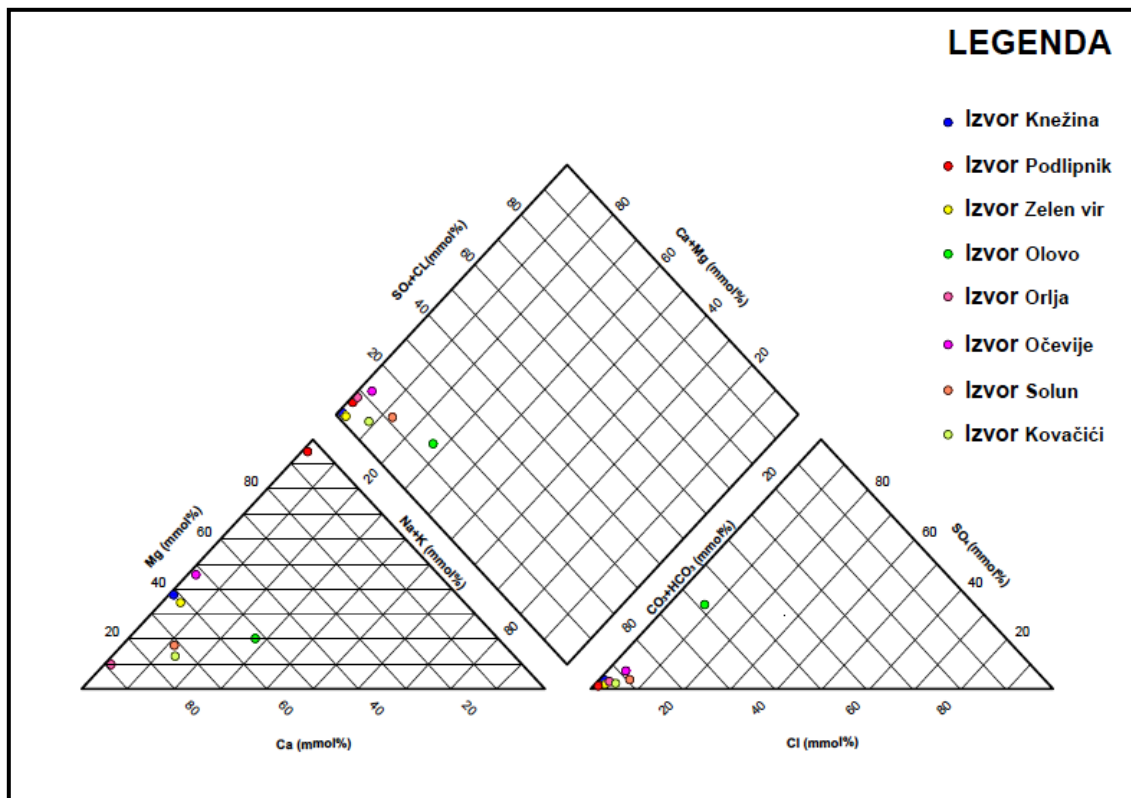
Slika 4. Dijagram termalnih voda u slivu rijeke Krivaje po Sulinu

Iz dijagrama, na slici 5., vidi se da termalne vode imaju različitu mineralizaciju i temperaturu. Najveću mineralizaciju ima voda na izvoru Terma Olovo 523,19 mg/l, a najvišu temperaturu voda na izvoru Zeleni vir od 33 °C. Također, uočava se povećanje temperature sa povećanjem mineralizacije na skoro svim izvorima, osim na izvorima Orlja i Očevija. Relativno niska mineralizacija vode je, najvjerojatnije, rezultat brže vodozamjene i odsustva CO₂. Odsustvo CO₂ ukazuje da u dubljim dijelovima terena gornjeg toka Krivaje nisu izraženi termometamorfni procesi, te da nema manifestacija mlađeg tercijarnog magmatizma.



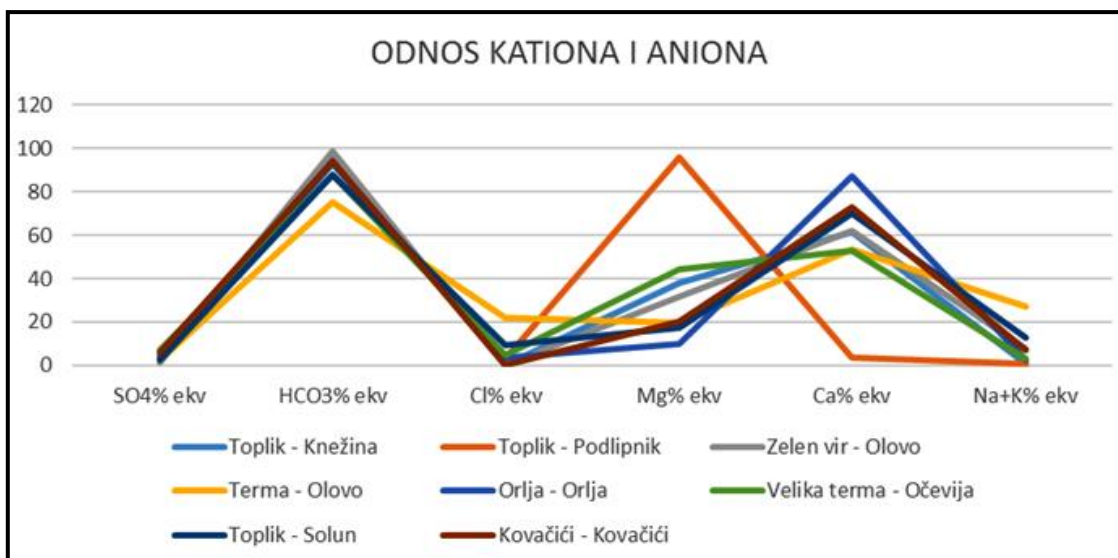
Slika 5. Korelacija temperature i mineralizacije termalnih voda u slivu rijeke Krivaje

Piperov dijagram pokazuje da su sve termalne vode u slivu rijeke Krivaje istog hidrohemijskog tipa, odnosno *hidrokarbonatno - kalcijско - magnezijског tipa*. Formiranje navedenog hidrohemijskog tipa termalnih voda u ovom prostoru je u direktnoj zavisnosti od hemijskog sastava stijena kroz koje se vrši njihovo tečenje.



Slika 6. Piperov dijagram termalnih u slivu rijeke Krivaje

Schoeller-ov dijagram za termalne vode proučavanog područja pokazuje da sve termalne vode imaju veoma sličan jonski sastav, što, također, ukazuje na slične uslove postanka, akumuliranja, tečenja i isticanja.



Slika 7. Schoellerov dijagram termalnih voda u slivu rijeke Krivaje

Analiziranjem geološke građe, strukturnih i hidrogeoloških karakteristika proučavanog terena, geneza termalnih voda u slivu rijeke Krivaje je slijedeća:

- termalne vode su atmosferskog porijekla
- termalne vode su hidrokarbonatno – kalcijско - magnezijског типа
- potiču iz kopnene sredine stvaranja
- protiču kroz krečnjake i dolomite trijaskе starosti
- cirkuliraju ka površini kroz rasjedne zone
- imaju različitu mineralizaciju i temperaturu
- imaju isti način toka i isticanja

Navedeni podaci su novi doprinos objašnjenju geneze termalnih voda u slivu rijeke Krivaje, njihove mineralizacije, hemizma i temperature. Više podataka o potvrđivanju navedenih rezultata proučavanja geneze termalnih voda u slivu rijeke Krivaje, moguće je dobiti izvođenjem većeg obima izotopskih ispitivanja na svim izvorima i bušotinama, što je potrebno planirati u narednim fazama istraživanja.

Zaključna razmatranja

U slivu rijeke Krivaje registrirani su izvori termalne vode u Knežini, Podlipniku, Zelenom viru, Olovu, Orlji, Očeviji, Solunu i Kovačićima.

U hidrogeološkom pogledu proučavani teren izgrađuju propusne stijene kavernožno-pukotinske poroznosti (karbonati anizika - T_2^1 , srednje-gornjeg - $T_{2,3}$ i gornjeg trijasa - T_3), te nepropusne stijene donjeg trijasa (T_1), jursko-krednog fliša (J,K) i dijabaz-rožnačke formacije jure ($J_{2,3}$) i pretežno nepropusni kompleksi tvorevina vulkanogeno-sedimentne formacije ladinika - T_2^2).

Izvori termalnih voda su pukotinskog tipa i uzlaznog mehanizma isticanja. Pojavljuju se u okviru karbonata srednjeg i/ili srednje-gornjeg trijasa na kontakta sa nepropusnim stijenama, te obavezno u zoni rasjeda. Izvorišta termalne vode su razbijenog tipa, a isticanja su raspoređena linijski po pružanju rasjeda.

Termalne vode izvora u slivu Krivaje su veoma sličnih fizičko-hemijskih karakteristika. One su niske mineralizacija 300-530 mg/l, temperature 15,5-33 °C, pretežno HCO_3 -Ca-Mg i N_2 - O_2 plinskog sastava.

Termalne vode u slivu rijeke Krivaje su atmosferskog porijekla; na svom putu protiču kroz krečnjake i dolomite. Relativno niska mineralizacija vode je, najvjerojatnije, rezultat brže vodozamjene i odsustva CO_2 . Temperatura termalnih voda je uzrokovana normalnim geotermским stupnjem, a termalne vode, najvjerojatnije, dolaze iz dubina od oko 800 m.

Literatura

1. Čičić, S. (2002.): Geološki sastav i tektonika Bosne i Hercegovine, p. 1-350. Earth Science Sarajevo
2. Đerković, B. (1971.): Rezultati dosadašnjih istraživanja mineralnih, termalnih i termomineralnih voda srednje Bosne, Geološki glasnik knj.15., p 279-318, Sarajevo.
3. Hrvatović, H. (2006.): Geological guidebook through Bosnia and Herzegovina, Federalni zavod za geologiju BiH, Sarajevo.
4. Josipović, J. (1971.): Mineralne, termalne i termomineralne vode na teritoriji Bosne i Hercegovine, Geološki glasnik knj.15., p. 233-275. Sarajevo.
5. Jovanović, R. (1984.): Prilog poznavanju hidrogeoloških odnosa u našem karstu, Zbornik radova povodom jubileja akademika A. Trumića, ANU BiH, Sarajevo.
6. Geotehnos d.o.o. Sarajevo (2014.): Elaborat o kategorizaciji, klasifikaciji i proračunu rezervi podzemnih termalnih voda izvorišta „Aquaterm“ Olovo
7. Katzer, F. (1919.): K poznavanju mineralnih vrela Bosne, Glasnik zemalj. Muzeja BiH, p.191-264, Zemaljska štamparija, Sarajevo.
8. Ludvig, E. (1893.): Mineralni izvori u Bosni, Geološki anali Balkanskog poluostrva, knj. IV, p. 244-278., Beograd.
9. Miholić, S. (1957.): Nuklearna geologija, Geološki vijesnik 11, Zagreb.
10. Miladinović, M. (1972.): Tektonika šireg područja planine Zvijezde sjeverno od Sarajeva, sa osvrtom na stratigrafsku pripadnost naslaga dijabaz-rožnačke formacije, glasnik br. 16., p. 93-102, Geoinženjering, Sarajevo
11. Miošić, N. (1977.): Katalog pojava mineralnih, termalnih i termomineralnih voda Bosne i Hercegovine, Geoinženjering-Sarajevo, Institut za geotehniku i hidrogeologiju.
12. Miošić, N. (1982.): Genetska kategorizacija mineralnih, termalnih i termomineralnih voda BiH, Geološki glasnik 27, p. 221-258., Geoinženjering, Sarajevo.
13. Olujić, J. et al. (1958-1970.): Osnovna geološka karta SFRJ i tumač, list Vareš 1 : 100 000, Savezni geološki zavod - Beograd
14. Skopljak, F. Alić, F. & Žigić, I. (2008.): Termalne vode u slivu rijeke Krivaje, III Savjetovanje geologa Bosne i Hercegovine sa međunarodnim učešćem, Neum
15. Skopljak, F. & Musić, A. (2013.): Proračun izdašnosti bunara termalne vode u ležištu „Aquaterm“ Olovo. III Savjetovanje geologa BiH, Pale
16. Skopljak, F. Šarić, Č. & Pobrić, V. (2017.): Prilog poznavanju geneze termalnih voda sjeveroistočnog oboda Zeničko-sarajevskog basena, Sarajevo,
17. Strajin, V. et al. (1965-1972.): Osnovna geološka karta SFRJ i tumač, list Vlasenica 1 : 100 000, Savezni geološki zavod - Beograd
18. Šarić, Č. (2015): Hidrogeološke karakteristike termalnih voda sjeveroistočnog oboda Zeničko-sarajevskog basena, Magistarski rad, RGGF Tuzla

GEOLOŠKE I HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE SJEVEROISTOČNOG OBODA ZENIČKO-SARAJEVSKOG BASENA

¹Mr. Ćazim Šarić, dipl.ing.geol., ¹Dr.sc.Ferid Skopljak, vand.prof.

cazim8@gmail.com

fskopljak@yahoo.com

¹Federalni zavod za geologiju

Ključne riječi: geološka građa, basen, sklop, tvorevine, tektonski, stijene

Key words: geological structure, basin, assemblage, structures, tectonic, rocks

Rezime

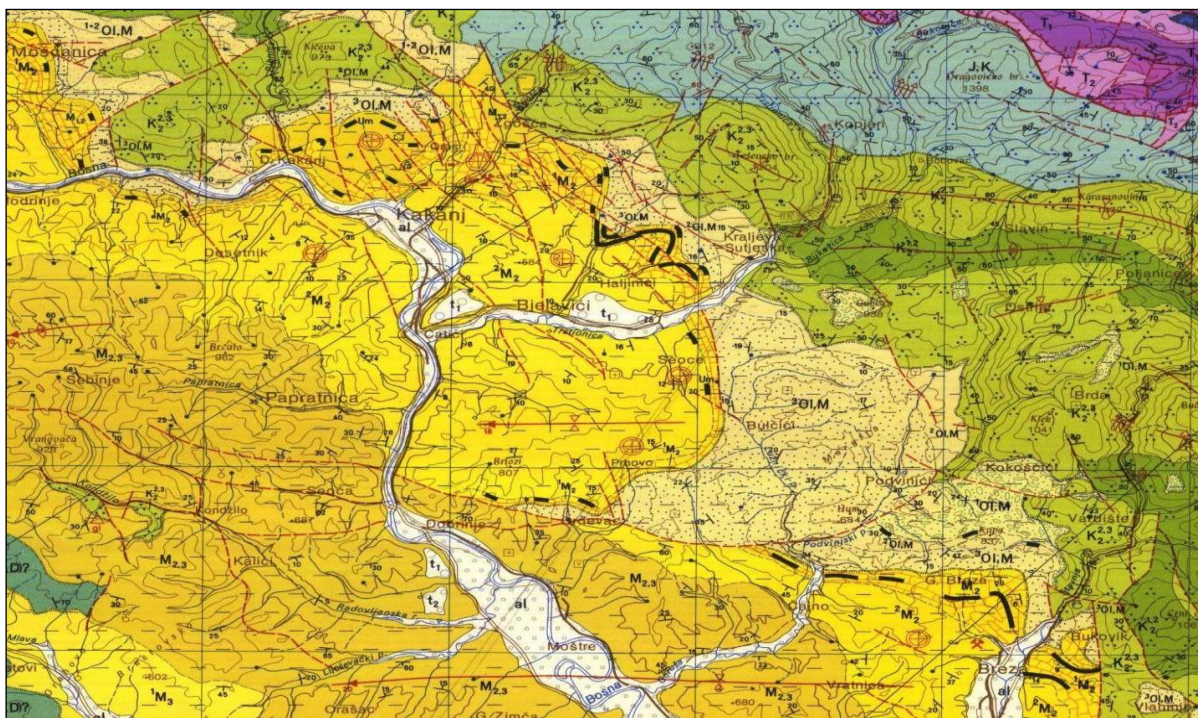
U geološkoj građi terena šireg područja učestvuju tvorevine paleozoika, trijasa, jure-krede, gornje krede, oligomiocena, miocena i kvartara U ovom prostoru dominantnu ulogu imaju dvije navlake: navlaka Bosanskog fliša i Durmitorska navlaka. Prema OGK-i, listovi Vareš i Zenica (1:100 000), ovo područje pripada rubnom dijelu zone središnjih Dinarida u kojem su izdvojene dvije dominantne geotektonske zone: Centralna ofiolitna zona i zona paleozojskih škriljaca i mezozojskih krečnjaka. U proučavanom terenu izdvojene su dvije osnovne hidrogeološke kategorije stijena: propusne stijene i nepropusne stijene.

Summary

The geological structure of the terrain of the wider area includes the Palaeozoic, Triassic, Jurassic, Upper Cretaceous, Oligomiocene, Miocene and Quaternary formations. According to OGK, Vareš and Zenica (1: 100 000), this area belongs to the marginal part of the Central Dinaric Zone, which distinguishes two dominant geotectonic zones: the Central Ofiolite zone and the Paleozoic shale zone and the Mesozoic limestones. In the studied terrain, two basic hydrogeological categories of permeable rock and impermeable rock were distinguished.

1. Geološka građa

U geološkoj građi terena šireg područja učestvuju tvorevine paleozoika, trijasa, jure-krede, gornje krede, oligomiocena, miocena i kvartara (sl.1).



Slika 1. Geološka karta šireg područja sjeveroistočnog oboda Zeničko-sarajevskog basena (OGK-a list Vareš 1:100 000)

Paleozoik (Pz)

Stijene paleozojske starosti utvrđene su u gornjem dijelu toka Radovljanske rijeke, sjeverozapadno od Visokog. Predstavljene su metamorfitima silur-devona (S,D?) i gornjeg perma (P₃).

Silur-devon (S,D?)

Naslage silur-devona su registrirane na lokalitetu Gustog graba i Križala. Predstavljene su kvarc-sericitskim škriljcima žuto-sive boje. Često na površinama škriljavosti, kao i po prelomnim površinama, pojavljuju se žute mrlje tzv. *limonitske skrame* koje se formiraju raspadanjem piritnih i sideritnih zrna. Vrlo su škriljave teksture, tako da su nekad tankolističavi i raspadnuti. Najzastupljeniji sastojci su kvarc i sitnolistasti sericit. Prema OGK-i, list Vareš, debljina silur-devonskih naslaga nije utvrđena.

Perm (P₃)

Naslage gornjeg perma su registrirane na lokalitetu Kondžilo (sl.2). Predstavljene su konglomeratima, pješčarima, glincima, te, najvjerojatnije, kao i u drugim dijelovima srednjobosanskih škriljavih planina, laporovitim krečnjacima sa slojevima i sočivima gipsa. Naslage gipsa su izdvojene na lokalitetima Javorci i Prževine kod Visokog. Boje je bijele do prljavo-sive. Sadrži proslojke i lamine glinovitih komponenti sa organskim tvarima. Naslage gornjeg perma transgresivno leže preko silur-devonskih tvorevina. Debljina gipsnih naslaga je u rasponu 30-40 m.



Slika 2. Permske naslage sa gipsom u Kondžilu kod Visokog

Važno je naglasiti da su naslage gipsa nabušene i na području Vareša bušotinom S-XIX koja je izvedena 1949. godine, (M. M i l a d i n o v i ć, 1987, str. 102.). Ove naslage su prema Miladinoviću vezane za naslage donjeg trijasa (eventualno perma) tako da nije isključena mogućnost da naslage gipsa u rejonu Vareša imaju neku vezu sa naslagama perma u jugozapadnom obodu Zeničko-sarajevskog basena, posebno ako se ima u vidu da su sve termalne vode u sjeveroistočnom obodu Zeničko-sarajevskog basena sulfatnog tipa.

Naslage gipsa su od prvorazrednog značaja za formiranje pitkih (hladnih) voda sulfatnog tipa na izvoru Kondžilo, te formiranje termalnih voda sulfatnog tipa u sjeveroistočnom obodu Zeničko - sarajevskog basena.

Mezozoik (Mz)

Mezozojske naslage su predstavljene pretežno naslagama jursko-krednog i gornjokrednog fliša, te podređeno krečnjacima trijasa.

Trijas (T)

Sedimenti srednjeg trijasa utvrđeni su u jugozapadnom obodu basena. To su oko 200 m debeli masivni dolomiti, dolomitični krečnjaci, krečnjačke masivne breče i krečnjaci. Nalaze se u podini miocenske serije, a izdvojeni su na lokalitetima: Dobrinje, Kalića brdo, Krečane i Devetaci (sl.3).



Slika 3. Trijaski krečnjaci u Dobrinju kod Visokog

Na lokalitetu Dobrinje kod Visokog, snimljen je veći izdanak srednjetrijskih (anizičkih) krečnjaka debljine oko 80 m i dužine oko 70 m (sl.4). Krečnjaci predstavljaju podinu miocenskoj seriji. Boje su bijele i sivobijele. Djelimično su mermerizirani, tvrdi i jako ispucali.

Paleontološkim ispitivanjima određena je slijedeća mikrofosilna zajednica: *Meandrospira dinarica*, *Endothyranella cf. wirzii*, *Neoendot hyra sp.*, *Glomospira sp.* i druge forme koje nesumljivo ukazuju na anizičku starost krečnjaka na lokalitetu Dobrinje kod Visokog.

U rejonu Vareša trijas je predstavljen krečnjacima, dolomitičnim krečnjacima, pjeskovitim glincima, pješčarima i kvarcnim pješčarima. Debljina ovog stratigrafskog člana iznosi oko 800 m.

Jura-kreda (J,K)

Jursko-kredni flišni sedimenti imaju veliko rasprostranjenje sjeveroistočno od Zeničko-sarajevskog basena. Predstavljaju dio velikog flišnog kompleksa koji se formirao u trogu na margini ofiolitske zone, od Banja Luke na sjeverozapadu, preko Sarajeva do Gacka na jugoistoku. Na OGK karti, list Vareš, ove flišne naslage su izdvojene kao jura-kreda (J,K). Brojni profili ovih naslaga otkriveni su u dolini Bosne i njenim pritokama: Ribnice, Zgošće, Trstionice, Misoče i Stavnje. Izgrađeni su od laporaca, pješčara i glinaca iz jedinice J,K naslaga, dok se rjeđe javljaju i brečasti krečnjaci (sl.4). Ukupna debljina ovog stratigrafskog člana je oko 600 m.



Slika 4. Jursko-kredni fliš u dolini Trstionice kod Vareša (Šarić, Ć. 2015.)

Gornja kreda (K_2)

Sedimenti gornje krede imaju najveće rasprostranjenje u sjeveroistočnom obodu Zeničko-sarajevskog basena. Predstavljani su naslagama fliša, cenoman-turona ($K_2^{1,2}$) i turon-senona ($K_2^{2,3}$).

Gornja kreda, cenoman-turon ($K_2^{1,2}$)

Cenoman-turonske naslage registrirane su u gornjem toku rijeke Ribnice na sjeverozapadu, preko Kraljeve Sutjeske do Slivnog na jugoistoku Zeničko-sarajevskog basena. Predstavljani su naslagama krečnjačkih breča, krečnjaka, pjeskovitih krečnjaka, glinovitim rožnaca i pješčara, koji leže transgresivno preko jursko-krednog fliša (sl.5). Debljina naslaga cenoman-turonskog fliša je oko 200 m.



Slika 5. Sedimenti gornje krede (cenoman-turon) – Kapija kod Vareša (foto Hajdarević, I. 2012.)

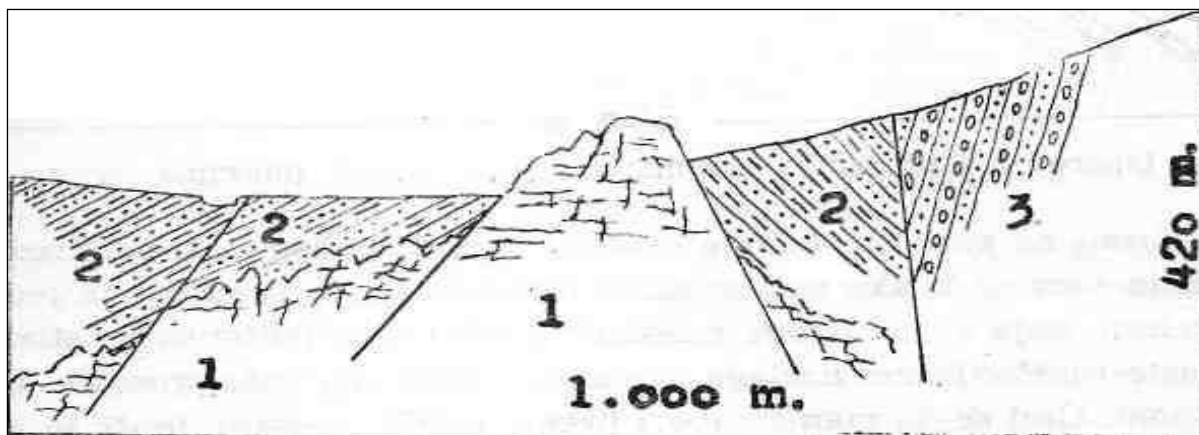
Gornja kreda, turon-senon ($K_2^{2,3}$)

Sedimenti gornje krede izdvojeni su sjeverno i sjeveroistočno od Kaknja u rejonu Crnača, Zgošće, Zagrađa i dr. U ovom stratigrafskom horizontu preovlađuju raznovrsni krečnjaci: kalkareniti, areniti, kalkruditi i laporoviti mikriti. Podređeno se pojavljuju slojevi i sočiva laporaca koji, lokalno, prelaze u pjeskovite i laporovite mikrite. Na svim otvorenim profilima ovi su krečnjaci karstificirani, ispucali i izdjeljeni u blokove različite veličine. Razvijeni su u debelim slojevima i bancima, koji po karakteru izmjene imaju odlike fliša (sl.6). Njihova debljina je procijenjena od 400-800 m.



Slika 6. Izdanak fliša gornje krede (turon-senon) u Podvinjcima kod Visokog

M. M u f t i ć (1965.) u svojoj doktorskoj disertaciji navodi da kod Dobrinja, daleko od matičnog prostranstva, a gotovo u središtu basena, izbijaju dvije male krpe krečnjaka, a za koje je K a t z e r (1918.) smatrao da nemaju dubljeg korijena, već da su preko tercijara navučene sa sjeveroistočnog ruba basena. Smatra da se iz geoloških odnosa, koje je prikazala na profilu (sl.7), vidi da su krečnjaci Dobrinja autohtoni i da je ispravno tumačenje Stevanovića (1964.) koji navodi da oni predstavljaju izdanke stijena iskonskog dna basena. Također, u njima nije nađena fauna, petrografskim izgledom su isti kao oni iz oboda, samo što su tektonski više izmijenjeni. M u f t i ć zaključuje da se prema zapažanjima o tektonici krednih naslaga može pretpostaviti da postoji nesumnjiva veza krečnjaka ruba basena i krečnjaka Dobrinja, Kozice, Hadžića, te onih u dolini Lašve, što bi značilo da kredne naslage izgrađuju najveći dio podloge tercijarnih sedimenata.



Slika 7. Izdanci gornje krednih sedimenata u Dobrinju kod Visokog (Muftić M., 1965. str. 25.)

Legenda: 1 - Krečnjaci g. krede, 2 - Pješčenjaci i lapori - g. miocen, 3 - Konglomerati i pješčenjaci - d. pliocen

Kenozoik (Kz)

Kenozojske naslage su predstavljene pretežno naslagama oligomiocena, miocena i kvartara.

Oligomiocenski polifacijalni kompleks (Ol,M)

U okviru ovog kompleksa izdvajaju se tri jedinice: bazalna zona, sedrasti krečnjaci i šarena zona. Ukupna debljina ovog kompleksa iznosi oko 600-700 m.

Bazalna zona (^{1,2}Ol,M)

Sedimenti bazalne zone registrovani su mjestimično, a najrasprostranjeniji su na lokalitetu Kapa-Kokošići u općini Breza u sjeveroistočnom obodu Zeničko-sarajevskog basena (sl.8). Predstavljani su pješčarima, konglomeratima, željezovitim i oolitičnim krečnjacima, laporima i glinama. Najviši dijelovi zone predstavljaju tzv. koščanski ugljeni sloj koji je onečišćen.

Debljina ove zone je oko 100 m. Sjeverozapadno od Trstionice gdje nije razvijen koščanski ugljeni sloj, bazalnu zonu i sedraste krečnjake nije bilo moguće raščlaniti, pa su prikazani kao neraščlanjeni (^{1,2}Ol,M).



Slika 8. Bazalni konglomerati u dolini Podvinjskog potoka

Sedraști krečnjaci (²Ol,M)

Sedraști krečnjaci registrovani su sjeverno od Breze, na lokalitetu Kapa, i na području Kraljeve Sutjeske. Dosta su kvrgavi i oolitični, a u bazalnim dijelovima su konglomeratični ili brečasti. Nalaze se u krovini koščanskog ugljenog sloja. Ukupna debljina ovog kompleksa je oko 200 m.

Šarena zona (³Ol,M)

Sedimenti šarene zone najveće rasprostranjenje imaju na području Bukovika, Podvinjaca, Bulčića i Grđevca na području Visokog. Izgrađeni su pretežno od konglomerata koji se izmjenjuju s pješčarima, laporima i glinama. Konglomerati su, uglavnom, sitnozrni sa valuticama pretežno krečnjaka i rožnaca, a javljaju se u bancima ili debljim slojevima između kojih dolaze tanji slojevi pješčara, konglomeratičnih sedrastih krečnjaka, lapora i glinaca. Ova zona leži konkordantno preko sedrastih krečnjaka. Debljina ove zone je promjenljiva i iznosi oko 300-500 m.

Miocen (M)

Sedimenti miocena su predstavljeni jezerskim naslagama donjo-srednjeg, srednjeg i srednje-gornjeg miocena

Donji-srednji miocen (M_{1,2})

Sedimenti donjeg-srednjeg miocena registrovani su na području donjeg Kaknja, Vrtlišta i Zgošće. Predstavljeni su glavnom ugljenom zonom koju čine laporci, pješčari, konglomerati i gline sa glavnim i oraškim ugljenim slojem. Debljina ove zone je oko 150 m.

Srednji miocen (M₂)

Sedimenti srednjeg miocena najviše su rasprostranjeni na području Roščevine, Zgošće, Haljinića i Seoca. Predstavljani su povlatnom krečnjačkom zonom sa povlatnim ugljenim slojem (¹M₂) ukupne debljine oko 70 m, te prelaznom zonom (²M₂) tankoslojevitih laporaca i pješčara debljine 350-450 m (sl.9).



Slika 9. Povlatna krečnjačka zona sa ugljem - Krkeljaši kod Kaknja

Srednje-gornji miocen (M_{2,3})

Ovaj litostratigrafski član predstavljen je lašvanskom serijom koja ima veće rasprostranjenje sa obje strane rijeke Bosne od Dobrinja kod Kaknja do Podlugova. Predstavljena je konglomeratima, pješčarima, laporcima i rijetko krečnjacima, često u pravilnim ritmičkim sekvencama, zbog čega ih je M. M u f t i ć označila kao fliš (1965.), dok ih R. M i l o j e v i ć (1964.) smatra molasoidnom naslagom (sl.10).



Slika 10. Kaverna u lašvanskoj seriji - Buci kod Visokog

Značajno je da konglomeratske banke u nižim dijelovima izgrađuju valutice krečnjaka rožnaca, a u gornjem su dominantna zrna pješčara, škriljaca i magmata iz paleozojskog kompleksa, koji izgrađuju jugozapadni rub basena. Ukupna debljina je oko 400 do 800 m.

Koševska serija (M₃)

Koševska serija je izdvojena u području Brestovskog i Butila, a izgrađena je pretežno od glina, glinovitih pješčara i lapora. Ove naslage nisu zastupljene u sjeveroistočnom dijelu Zeničko-sarajevskog basena između Zenice i Breze. Debljina serije je oko 200 m.

Kvartar (Q)

Tvorevine kvartara imaju veće rasprostranjenje u dolini rijeke Bosne i na ušćima njenih pritoka Ribnice, Misoče, Trstionice, Goruše i Stavnje. Kvartar je u ovom prostoru predstavljen aluvijem (al) u čijem sastavu su šljunci razne granulacije i stepena zaobljenosti, a sa njima se redovno pojavljuju pijesci i gline. Na području Dobrinje kod Visokog izdvojene su dvije terase: viša (t₂) i niža (t₁) izgrađene od šljunka i pijeska, odnosno pijeska i gline.

2. Hidrogeološke karakteristike terena

U proučavanom terenu izdvojene su dvije osnovne hidrogeološke kategorije stijena:

- propusne stijene i
- nepropusne stijene

Propusne stijene su prema strukturi poroznosti izdvojene na:

- propusne stijene međuzrske poroznosti
- propusne stijene međuzrske i/ili pukotinske poroznosti
- propusne stijene pukotinske poroznosti i
- propusne stijene kavernozno-pukotinske poroznosti

Propusne stijene međuzrske poroznosti su aluvijalne i terasne naslage (al, t₁, t₂) izdvojene u dolini rijeke Bosne i njenih pritoka. Izgrađene su od krupnih valutica stijena, slabosortiranog šljunka, pijeska i gline. Hidrogeološki parametri u prosjeku imaju sljedeće vrijednosti: T = 15-50 m²/dan; q=0,1-0,3 l/s/m i Q_{max} = 0,5-2,0 l/s. U ovim naslagama su u proširenim dolinama rijeka formirani akviferi običnih pitkih voda sa slobodnim nivoom. Rezerve podzemnih voda u ovim akviferima su ograničene usljed malog rasprostranjenja i debljine aluvijalnih naslaga, a također su uslovljene kolebanjem proticaja i vodostaja rijeka koje ih prihranjuju. Jedinstven primjer ovog tipa poroznosti je izvorište *Pitka voda* kod Kaknja na desnoj strani rijeke Zgošće (sl.11).



Slika 11. Izvorište „Pitka voda“ kod Kaknja (Skopljak, F. 2013.)

Propusne stijene međuzrske i/ili pukotinske poroznosti su naslage „lašvanske serije“ (M_{2,3}) izdvojene u širem prostoru sa obje strane rijeke Bosne. Izgrađene su od konglomerata, laporaca, pješčara i krečnjaka. Hidrogeološki parametri u prosjeku imaju sljedeće vrijednosti: T = 15-50 m²/dan; q = 0,1-0,3 l/s/m. U ovim stijenskim masama se lokalno pojavljuju ograničene izdani običnih voda sa slobodnim nivoom, mjestimično pod pritiskom, koje se prazne na izvorima, uglavnom male izdašnosti (Q_{max} = 0,5-2,0 l/s). Važniji su izvori *Sotnica* (sl.12), *Zimča*, *Papratnica*, *Sebinje* i drugi koji su kaptirani za potrebe vodosnabdijevanja lokalnog stanovništva.



Slika 12. Izvorište „Sotnica“ kod Kaknja (Begić, S. 2013.)

Propusne stijene pukotinske poroznosti su izdvojene u tri klase:

- dobropropusne stijene pukotinske poroznosti
- srednjepropusne stijene pukotinske poroznosti i
- slabopropusne stijene pukotinske poroznosti

Dobropropusne stijene pukotinske poroznosti predstavljene su naslagama gornje krede ($K_2^{2,3}$) izdvojene sjeverno od Breze u koritu rijeke Stavnje, u dolinama Podvinjske rijeke i Trstionice, Podvinjcima i Kraljevoj Sutjesci, gornjem toku rijeka Zgošće i Ribnice kod Kaknja, i dalje prema Zenici. Izgrađene su od brečastih krečnjaka, kalkarenita, glinaca, alevrolita, laporaca i mikrita. Transmisibilnost ove formacije je različita ovisno o zasupljenosti pojedinih članova; slaba u faciji glinaca, laporaca i dobra u faciji kalkarenita i brečastih krečnjaka. Hidrogeološki parametri u prosjeku imaju slijedeće vrijednosti: $T = 50-300 \text{ m}^2/\text{dan}$; $Q_{\text{min}} = 0,5-5,0 \text{ l/s}$. Ove stijene imaju hidrogeološke funkcije akvifera običnih hladnih voda i sekundarne akvifere termalnih voda u sjeveroistočnom obodu Zeničko-sarajevskog basena.

Najveći izvor koji nastaje i ističe u okviru stijena ovog tipa poroznosti je izvor pitke vode *Milkino vrelo* u Brezi (sl.13).



Slika 13. Izvorište pitke vode „Milkino vrelo“ kod Breze

Izvor *Milkino vrelo* ističe u zoni rasjeda iz brečastih krečnjaka turon-senona. Izvor je pukotinskog tipa i uzlaznog mehanizma isticanja. Izvor je kaptiran za potrebe vodosnabdijevanja Breze. Izdašnost izvora je $Q_{\min.} = 15,0$ l/s i $Q_{\max.} = 120$ l/s. Voda je HCO_3 -Ca tipa i temperature oko $9,0$ °C. Poslije obilnih padavina registrirana je pojava mutnoće vode na izvoru.

Srednjepropusne stijene pukotinske poroznosti su naslage nižeg nivoa oligomiocena ($^{1,2}\text{O}_1, \text{M}$, $^2\text{O}_1, \text{M}$) izdvojene na širem području Mošćanice, Tičića, Kaknja, Podvinjaca i okoline Breze. U građi ovih naslaga pretežno učestvuju sedrasti krečnjaci, pjeskoviti krečnjaci, konglomerati i pješčari. Transmisibilnost ovih naslaga je relativno slaba do dobra, a hidrogeološki parametri u prosjeku imaju slijedeće vrijednosti: $T = 15-50$ m²/dan; $Q_{\min} = 0,05-5,0$ l/s. U ovim stijenskim masama se lokalno pojavljuju ograničene izdani običnih voda sa slobodnim nivoom, mjestimično pod pritiskom, koje se prazne na izvorima uglavnom male izdašnosti ($Q < 1,0$ l/s). Važniji su *Bjelac*, *Baretak*, *Begino vrelo* i *Gajevi* kod Breze, zatim, izvori *Megara*, *Sekina česma*, *Vrela*, *Andrijina voda* i *Dvor* kod Kaknja i drugi. Kaptirani su za potrebe vodosnabdijevanja lokalnog stanovništva.

Slabopropusne stijene pukotinske poroznosti su naslage gornjeg perma i srednjeg miocena ($\text{P}_3, ^1\text{M}_2$) izdvojene u rejonu Kondžila, Javoraca i Prževina kod Visokog, te na širem području Mošćanice, Kaknja i Breze. U građi ovih naslaga pretežno učestvuju laporoviti krečnjaci sa slojevima i sočivima gipsa, pjeskoviti krečnjaci sa povlatnim ugljenim slojem. Transmisibilnost ovih naslaga je relativno slaba do dobra, a izdašnost izvora $Q_{\min} = 0,05-5,0$ l/s. Tipičan izvor koji se pojavljuje iz permskih naslaga je izvor *Konžilo* ($Q = 2,5$ l/s) koji se, iako ima visok sadržaj sulfata, planira koristiti za vodosnabdijevanje (sl.14).

Naslage srednjeg miocena imaju hidrogeološke funkcije akvifera običnih hladnih voda, dok naslage gornjeg perma, pored izvora obične vode sulfatnog tipa, imaju važne hidrogeološke

funkcije primarnih akvifera termalnih voda u sjeveroistočnom obodu Zeničko-sarajevskog basena.



Slika 14. Izvor „Kondžilo“ kod Visokog

Propusne stijene kavernožno-pukotinske poroznosti su predstavljene naslagama srednjeg trijasa (T_2) izdvojenih na lokalitetu Dobrinje kod Kaknja, Kalića brda i Krečana kod Visokog gdje su izgrađene, uglavnom, od krečnjaka i dolomitičnih krečnjaka, te u rejonu Vareša gdje pored krečnjaka značajno učešće imaju glinci i pješčari donjeg trijasa.

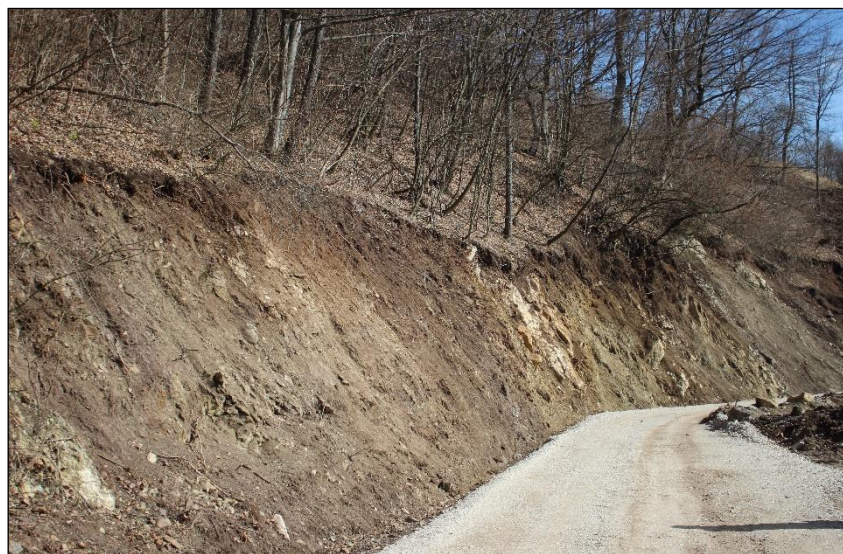
Transmisibilnost ovih naslaga je, uglavnom, dobra, a hidrogeološki parametri prema OHK-i, listu Vareš, u prosjeku $T = 15-50 \text{ m}^2/\text{dan}$. Ove stijene imaju hidrogeološke funkcije akvifera običnih hladnih voda u rejonu Vareša i akvifera termalnih voda u sjeveroistočnom obodu Zeničko-sarajevskog basena. Najveći i najvažniji izvori termalnih voda su Sidica, Tičići i Ribnica kod Kaknja, Kraljeva Sutjeska, Toplik u Podvinjcima i Sedra u Brezi.

Nepropusne stijene su razvrstane u dvije podklase:

- pretežno nepropusni kompleksi
- pretežno nepropusne stijene

Pretežno nepropusni kompleksi na proučavanom području predstavljaju litostratigrafske cjeline u kojima se u vertikalnom smislu izmjenjuju propusne i nepropusne stijene. U ovim terenima nepropusni kompleksi predstavljeni su klastitima jursko-krednog (J,K) i gornjokrednog fliša ($K_2^{1,2}$), višeg nivoa oligomiocena ($^1O_1, M$, $^3O_1, M$), donjesrednjeg miocena ($M_{1,2}$), prelaznom zonom srednjeg miocena (2M_2) i gornjeg miocena (1M_3). Utvrđene su skoro u svim dijelovima proučavanog terena (sl.15). Vodopropusnost u ovim stijenama je vrlo slaba

tako da u njima nisu formirane izdani podzemnih voda. Transmisibilnost ovih naslaga je veoma slaba $T \leq 15 \text{ m}^2/\text{dan}$, a izdašnost izvora ako se pojavljuju veoma mala $Q \leq 0,05 \text{ l/s}$.



Slika 15. Nepropusni kompleksi (jursko-kredni fliš) u usjeku puta za Lipnicu kod Kaknja

Praktično nepropusne stijene predstavljaju paleozojske metamorfne naslage. U širem području proučavanog terena, predstavljene su tvorevinama silur-devona (S,D?). Ovo su naslage bez akvifera, transmisivnost im je nikakva, a izvori se ne pojavljuju.

Literatura

1. Atanacković, M. (1968.): Stratigrafija i tektonika područja Borovica kod Vareša, Geološki glasnik, knj. 12., Sarajevo
2. Čičić, S. & Milojević, R. (1977.): Terestrično-limničke naslage tercijara u Bosni i Hercegovini, Geologija BiH, knj. III, Kenozojske periode, str. 67-106., Sarajevo
3. Čičić, S. (2002.): Geološki sastav i tektonika BiH, Monografija, str. 1-350., Earth Science Institute, Sarajevo
4. Čičić, S. (2003.): Geološka karta Bosne i Hercegovine 1: 300 000, Institut za geologiju Građevinskog fakulteta, Sarajevo
5. Demir, V. (2009.): Analiza kontakta gornjojurskih-donjokrednih i gornjokrednih flišnih tvorevina u blizini naselja Skenderovići kod Kaknja, Diplomski rad, RGGF Univerzitet u Tuzli
6. Federalni zavod za geologiju (2009.): Tumač za geološku kartu Sarajevsko-zeničkog basena, Sarajevo
7. Katzer, F. (1926.): Geologija Bosne i Hercegovine, Direkcija državnih preduzeća, p.288, 345-351., Sarajevo
8. Kamberović, E. (2009.): Geološka građa središnjeg dijela Zeničko-sarajevskog bazena, Doktorska disertacija, Tuzla
9. Hajdarević, I. (2012.): Strukturno-tektonske karakteristike Bosanskog fliša u slivu Stavnje, Magistarski rad, RGGF, Univerzitet u Tuzli
10. Hrvatović, H. (2006.): Geološki vodič kroz Bosnu i Hercegovinu, Sarajevo
11. Milojević, R. (1964.): Geološki sastav i tektonski sklop Srednjobosanskog basena, Geološki zavod u Sarajevu, Posebna izdanja, knj. VII, p. 5-120., Sarajevo
12. Muftić, M. (1965.): Geološki odnosi ugljonosnih terena Srednjobosanskih ugljenokopa Bile, Zenice, Kaknja i Breze, Geološki zavod u Sarajevu, Posebna izdanja, knj.V, p. 2-108., Sarajevo

13. Nevena, A. et.al (2015.): The link between tectonic and sedimentation in an asymmetric extensional basin: the late Miocene evolution of the Sarajevo-Zenica basin, Bosnia and Hercegovina, Beograd
14. Pamić, J., et.al (1978.): Tumač za osnovnu geološku kartu 1 : 100 000 - list Vareš, Beograd
15. Skopljak, F., Hrvatović, H., Žigić, I., Pašić - Škripić, D. (2011.): Novi prilog hidrogeološkoj rejonizaciji Bosne i Hercegovine, Zbornik radova IV Savjetovanja geologa Bosne i Hercegovine sa međunarodnim učešćem, Sarajevo
16. Soklić, I. (1963.): Prilog poznavanju glavne ugljene zone između Kaknja i Ričice u srednjobosanskom basenu, Geološki glasnik br.8, str. 139., Sarajevo
17. Šarić, Ć. (2015.): Hidrogeološke karakteristike termalnih voda sjeveroistočnog oboda Zeničko-sarajevskog basena, RGGF Tuzla

DETERMINATION OF THE PRESENCE OF NANO-PLASTIC IN BOTTLED DRINKING WATER IN THE REPUBLIC OF MACEDONIA BY APPLYING THE SEM-EDX METHOD

Ivan, B¹., Mirakovski, D¹., Lazarova, M. ¹, Arianit, R.,² Blazo, B¹

¹Faculty of Natural and Technical Sciences, “Goce Delcev” University, Stip, R. of Macedonia
blazo.boev@ugd.edu.mk

² Faculty of Natural Sciences and Mathematics, University of Tetovo, Tetovo, R. of Macedonia

Key words: nano plastic, scanning electronic microscopy, drinking water

Abstract

The material presents the preliminary results of the testing for the presence of micro plastic (nano-particles) in the bottled drinking water in Macedonia by applying the method SEM-EDX. The term plastic refers to any synthetic or semi-synthetic polymer with thermo-plastic or thermal characteristics, which can be synthesized from hydrocarbons or biomass. The production of plastic mass exponentially increases with the increase in its application, from 1 million tons in 1945 to over 300 million tons in 2014. Some of the characteristics of plastic arising from the very process of its production can pose a problem in the environment. Its low weight contributes to its spread over very large distances, while at the same time it is resistant to the processes of surface degradation. These characteristics are a consequence of its chemical structure. In many cases, this incoherent hydrocarbon chain structure may be food for a particular type of microorganisms. The plastic is also fragmented into small particles by means of photo-oxidative mechanisms). These small micro particles or nano-particles of plastic can be found in many parts of the environment (water, soil, food) and they very easily pass through the gastrointestinal tract.

The increase in the production of plastic is also associated with the increased environmental pollution. The first reports date from the early 1970s and they are mainly about the pollution in the world's oceans, and more recently plastic contamination has been reported in freshwater lakes, inland seas, rivers, wetlands and organisms from plankton to whales (and almost all species in-between). With the increased presence of pollution in the external environment, more and more researchers are examining the presence of plastic in various foods. Fish, shells, beer and sea salt are among those most investigated. A study of pollution of tap water with plastic has been conducted at a global level (a total of 159 samples from seven geographic regions, covering five continents).

Methodology and results

The methodology of work anticipates filtration of bottled water through a fiber filter with filter openings of less than 10 microns, drying of the filter and putting it into the electron microscope chamber.

The electronic microscope is a team TESCAN SEM VEGA3 LMU with an Oxford EDX detector.

The research of such prepared filters shows the presence of particles of nano-plastic with dimensions smaller than 10 microns (Fig. 1 and Fig. 2).



Fig.1. SEM photograph of nano-plastic



Fig.2. SEM photograph of nano-plastic

Conclusion

Preliminary investigations of the presence of plastic nano-particles in bottled drinking water in Macedonia with the application of the SEM-EDS method show the presence of plastic particles with dimensions less than 10 microns.

References

1. Brennecke, D., E. C. Ferreira, T. M.M. Costa, D. Appel, B. A.P. de Gama, and M. Lenz (2015). Ingested microplastics are translocated to organs of the tropical fiddler crab *Uca rapax*. *Marine Pollution Bulletin*, 96, 491-495.
2. Carpenter, E.J. and K. L. Smith (1972). Plastics on the Sargasso Sea surface. *Science*, 175, 1240-1241.
3. Erni-Cassola, G., M. I. Gibson, R. C. Thompson, and J. Christie-Oleza (2017). Lost, but found with Nile Red: a novel method to detect and quantify small microplastics (20um-1mm) in environmental samples, *Environmental Science & Technology*, 51, 13641-13648.

4. Hidalgo-Ruz, V., L. Gutow, R. C. Thompson, and M. Thiel (2012). Microplastics in the marine environment: A review of the methods used for identification and quantification. *Environmental Science & Technology*, 46, 3060-3075.
5. Horton, A. A., A. Walton, D. J. Spurgeon, E. Lahive, and C. Svendsen (2017). Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. *Science of the Total Environment*, 586, 127-141.
6. Kosuth, M., S. A. Mason, and E. V. Wattenberg (2018). Anthropogenic contamination of tap water, beer, and sea salt. *PLOS One*, in review.
7. Liebezeit G. and E. Liebezeit (2014) Synthetic particles as contaminants in German beers. *Food Additives & Contaminants*, 31, 1574-1578.
8. Lusher, A. L., P. C. H. Hollman, and J. J. Mendoza-Hill (2017). Microplastics in fisheries and aquaculture: status of knowledge on their occurrence and implications for aquatic organisms and food safety. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*. No. 615. Rome, Italy.
9. Maes, T., R. Jessop, N. Wellner, K. Haupt, and A. G. Mayes (2017). A rapid-screening approach to detect and quantify microplastics based on fluorescent tagging with Nile Red. *Scientific Reports*, 7, 44501-44511.
10. PlasticsEurope (2015). *Plastics – The Facts 2015: An analysis of European plastics production, demand and waste data*.
11. Renner, G., T. C. Schmidt, and J. Schram (2018). Analytical methodologies for monitoring micro(nano)plastics: which are fit for purpose? *Environmental Science & Health*, 1, 55-61.
12. Schymanski, D., C. Goldbeck, H.-U. Humpf, and P. Furst (2018). Analysis of microplastics by micro-Raman spectroscopy: Release of plastic particles from different packaging into mineral water. *Water Research*, 129, 154-162.
13. Sharma, S. and S. Chatterjee (2017). Microplastic pollution, a threat to marine ecosystem and human health: a short review. *Environmental Science Pollution Research*, 24, 21530-21547.
14. UNEP (2016). *Marine plastic debris and microplastics: global lessons and research to inspire action and guide policy change*. United Nations Environment Programme, Nairobi
15. Van Cauwenberghe, L. and C. R. Janssen (2014). Microplastics in bivalves cultured for human consumption. *Environmental Pollution*, 193, 65-70.
16. Yang, D., H. Shi, L. Li, K. Jabeen, and P. Kolandhasamy (2015). Microplastic Pollution in Table Salt from China. *Environmental Science & Technology*, 49, 13622-13627.

TRANSBOUNDARY CONTAMINATION RISK ASSESSMENT AND MODELLING IN THE DRAVA RIVER FLOODPLAIN

Robert Šajn, Jasminka Alijagić, Győző Jordán, Josip Halamić

Robert Šajn, Geological survey of Slovenia, robert.sajn@geo-zs.si

Jasminka Alijagić, Geological survey of Slovenia, jasminka.aliagic@geo-zs.si

Győző Jordán, Applied Chemistry Department, Szent Istvan University, Hungary,
gyozojordan@gmail.com

Josip Halamić, Croatian Geological Survey, Croatia, josip.halamic@hgi-cgs.hr

Keywords: potential toxics elements, pollution, alluvial planes, Drava catchment

Abstract

The water catchment area of the Drava River has been an important area of mining and industrial activities since the ancient times, with highest intensity during the last centuries. Technological innovation and inventions led to very intensive anthropogenic impact, especially in upper part of Drava (numerous mines and smelters in Austria, Italy, and Slovenia) and influenced a chemical composition of floodplains along the entire Valley. In previous research, in Slovenia and Croatia, very high concentrations of potential toxic elements (PTE) such as Pb, Zn, Cu, As, and Cd have been determined. The critically contaminated area covers more than 130 km² (Šajn et al, 2011).

The proposed project is a logical continuation of such studies, mainly focused on the Hungarian lower part, since we expect that sizeable parts of Drava floodplains are contaminated with PTE, which are important arable areas. The project provides an excellent opportunity for transnational coordination of research protocols, laboratory procedures as well as design of uniform geochemical dispersion models of PTE contamination in trans-boundary floodplains along the entire Valley. At the same time, a risk assessment in the system soil-plant-food production and potential risk assessment of natural river habitats and wetlands, one of the last refuge places for riparian flora and fauna will be obtained.

In order to model the PTE distribution, the advanced methods of linear and nonlinear mathematical modelling had been applied. Particularly promising are preliminary results after application of artificial neural network (multilayer perceptron) for predicting the change in chemical concentration in the particular area depending on various spatial and climatic parameters, that affect these changes.

Beside the determination of aforementioned trans-boundary impact of PTE, the aim of project is to deliver a coordinated research approach, involving experts active in various disciplines, and consequently to build a large synergistic effect. The joint results will represent an important contribution to regional risk assessment of PTE as well as their dynamics in the food web.

SEDIMENT-QUALITY INFORMATION, MONITORING AND ASSESSMENT SYSTEM TO SUPPORT TRANSNATIONAL COOPERATION FOR JOINT DANUBE BASIN WATER MANAGEMENT – SIMONA PROJECT

Jasminka Alijagić*

Geological Survey of Slovenia

*corresponding author: (jasminka.aliagic@geo-zs.si)

Keywords: Danube River Basin, monitoring, sediments, hazardous substances, harmonisation

Abstract

Over the past decades, human activities within the Danube River Basin (DRB) have led to strong changes in the sediment quality. Hazardous Substances (HSs) pollution can cause severe damage to the ecosystems and can have direct effects to the health of the human population. The Joint Danube Surveys (JDS 1 and 2) characterized HSs in the Danube sediment several years ago and they concluded that contaminated sediment with HSs is an existing problem in the Danube River Basin. Most of the DTP countries face serious challenges of the implementation of the HSs concentration monitoring in the surface water sediments as required by the EU Water Framework Directive (WFD) and the 2013/39/EU Directive, due to the lack of harmonized international sediment quality monitoring protocols and procedures. Most of the countries have no experience in sediment quality monitoring because it was not a routinely monitored matrix for any environmental assessment. The lack of relevant experience is particularly soaring in the transnational DRB where contamination propagation is often a transboundary problem.

Stemming from the above facts there is a territorial need in all the Danube Transnational Programme (DTP) countries to build and sustain a DRB-wide harmonized transnational sediment quality monitoring network in order to mitigate hazardous substances water pollution. Fundamentally, Danube countries need help in solving this task in a harmonized way. Moreover, DTP countries have different existing national methodologies and legislative frameworks (EU and non-EU members) for water quality assessment and monitoring. The availability of DTP countries' relevant technological capacities and resources for sediment quality monitoring implementation differs a lot. The most suited way to build a harmonized sediment quality monitoring network is a transnational cooperation to share the Danube-wide knowledge represented by the experience of SIMONA partnership in order to establish the protocols, tools, services and skills. the SIMONA project delivers 'ready-to-deploy' transnationally harmonized protocols and the SIMONA-tool to support the RBMPs in DTP countries that may serve as a basis for assessing the strategic quality of transnational cooperation projects.

The SIMONA partnership has 17 full partners (11 ERDF, 4 IPA, and 2 ENI) and 12 ASPs, which is strongly balanced and representative of the almost whole geographic Danube River Basin from the following countries: Austria, Bosnia and Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Germany, Hungary, Moldova, Montenegro, Romania, Serbia, Slovakia, Slovenia and Ukraine.

THE CONDITIONS OF THE WATER INFLOW IN THE PIT „ŠUTA RASOVAČA“, THE LEAD/ZINC ORE deposit „LECE“, AND APPLIED SYSTEM OF DEWATERING

Vaso Kitanović¹ Bsc geol., Zoran Popović, dipl.ing.geol., Ljiljana Popović² dipl.ing.geol.

¹) Lece Mine, Božidara Stojanovića 1, Medveđa, e-mail: kitanovic.vaso@gmail.com

²) Geološki zavod Srbije, Rovinjska 12, Beograd, e-mail: zoran.popovic@gzs.gov.rs

Кључне речи: оводњеност, одводњавање, рудничке воде

Key words: inflow, drainage, mine water

Summary

The Lece mine is located in the SE part of the lecky andesitic massif, on the southeast slopes of the Radan Mountain and belongs to the Territory of the Medveđa municipality. The exploitation field covers a surface of 12.5 km². The deposit of lead and zinc within the exploitation field of the Lece mine, consisting of three ore structures: Šuta Rasovača, Jezerina 1 and Jezerina 2, have been intensively exploited since 1953. The topic of this paper will be the conditions of the water inflow, and the problem of dewatering of the pit "Šuta Rasovača".

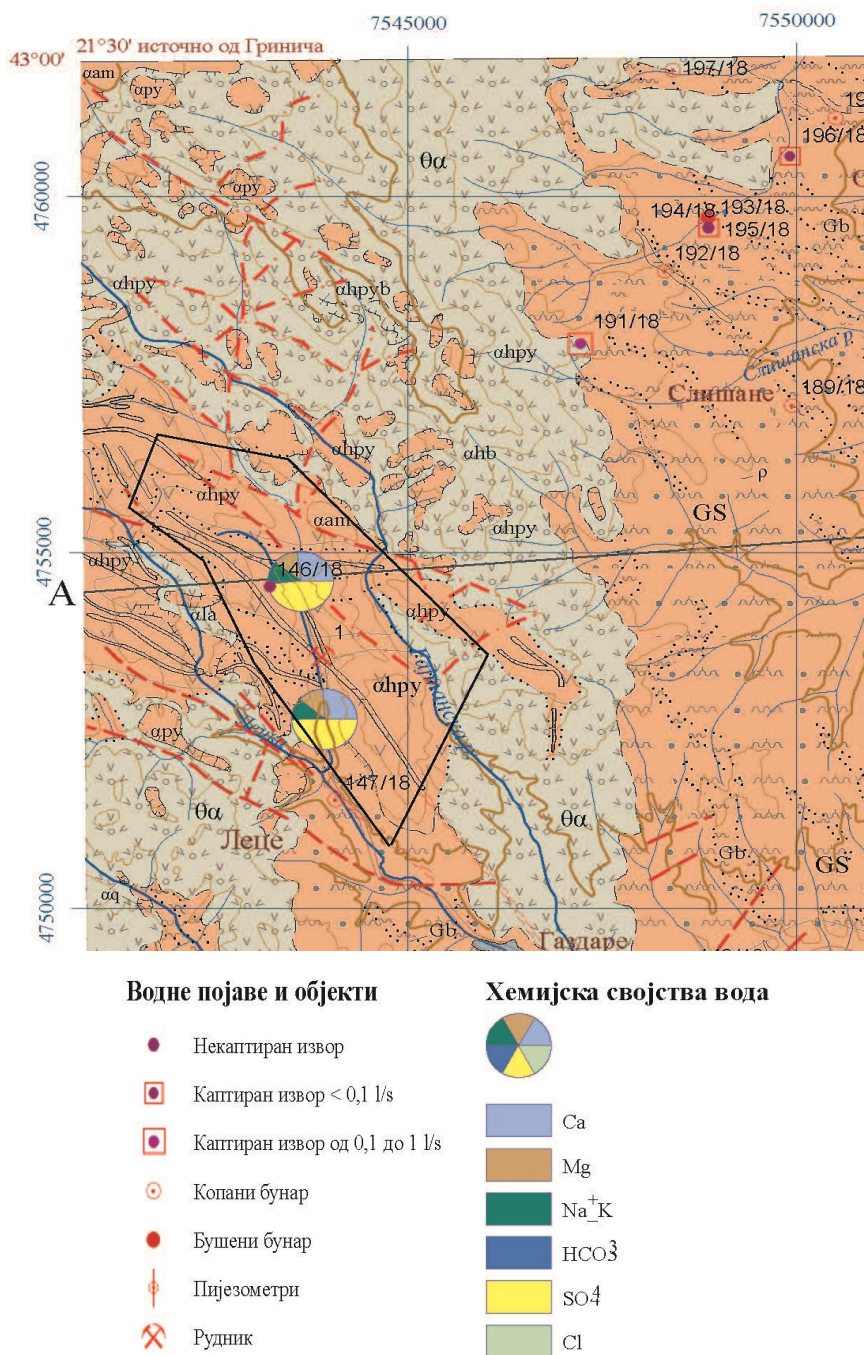
The area of deposit is mainly constructed from the andesitic rock complex of tertiary age in which is formed a fracture aquifers. In the cave corridors, made up to a depth of 300 m, appears an influx of groundwater with a higher or lower intensity depending on different factors. In the fractured rock systems, several local aquifers were formed and subvertical position of these structures allows the circulation of infiltrated water from precipitation and the water outflow from the river to deeper parts of the Andesitic massif. Crossing The intersection of these fractured rock systems through the cave corridors leads to water discharge into them. According to the registered data, the amount of the inflow of mine water is from 5 to 25 l/s.

In the cave horizons with constant groundwater inflow a drainage system for the pit has been established. The drainage system of the pit "Šuta Rasovača" is based on accepting the inflow of mine water, by making channels and directing water towards temporary and stationary ground water reservoirs. From them, mine water is pumping to the main water tank on the -170 horizon and beyond to the surface of the terrain.

It is interesting to note that as the depth of exploitation increase, the amount of the mine water inflow does not decrease, but on the contrary, it increases and until the end of the exploitation period, constant protection of the mine from the ground water inflow must be implemented.

1. Увод

Рудник Леце се налази у ЈИ делу лецког андезитског масива, на југоисточним падинама планине Радан и територијално припада С.О. Медвеђа-Република Србија. Експлоатационо поље захвата површину од 12,5 km² (слика 1). Лежиште олова и цинка у оквиру експлоатационог поља рудника Леце кога чине три рудне структуре: "Шута Расовача", "Језерина1" и "Језерина2", интензивно се експлоатише од 1953 године. Тема овог рада биће услови оводњености и проблематика одводњавања јаме "Шута Расовача".



Слика 1. Положај лежишта олово-цинкане руде Леце

Подручје лежишта углавном изграђују стене андезитског комплекса терцијарне старости у којима је формиран пукотински тип издани. У јамским ходницима који су израђени до дубине од 300 m јавља се прилив подземних вода са већим или мањим интензитетом, који зависи од различитих фактора. У пукотинским системима је формирано више локалних издани, и субвертикални положај ових структура омогућава циркулацију инфилтриране воде од падавина и из речног тока до дубљих делова андезитског масива. Пресецањем ових пукотинских система јамским ходницима долази до истицања воде у исте. Према регистрованим подацима величина прилива рудничких вода је од 5 до 25 l/s.

У јамским хоризонтима који су са константним приливом подземних вода успостављен је систем одводњавања јаме. Систем одводњавања јаме "Шута Расовача" се заснива на прихватању дотока рудничких вода израдом канала и усмеравањем воде према привременим и стационарним водосабирницима. Из њих се рудничка вода испумпава до главног водосабирника на хоризонту -170 и даље на површину терена.

Интересантно је поменути да се са повећањем дубине експлоатације не смањује величина прилива рудничких вода, већ се напротив повећава и до краја експлоатационог века мора се спроводити константна заштита рудника од прилива подземних вода.

У раду ће се за јаму "Шута Расовача" приказати примарни фактори који утичу на оводњеност лежишта олова и цинка као што су : геолошко тектонски услови, литолошки састав и раседне структуре и проблематика одводњавања јаме "Шута Расовача".

Рудна тела су депонована у раседним структурама које су субвертикалног положаја и углавном су везана за кварцне брече, кварцно андезитске брече, андезитске брече и измењене зоне пирокластита. Преко раседа је остварена хидрауличка веза са површинским водама и раседи представљају главне путеве кретања подземних вода.

2. Методе истраживања и испитивања

На подручју лежишта олово цинкане руде Леце нису вршена детаљна хидрогеолошка испитивања. Подаци о геолошком саставу терена, просторном положају и распрострањењу рудних тела, структурно геолошким карактеристикама, прихрањивању, кретању и истицању подземних вода, квантитативном режиму подземних вода и квалитету подземних вода добијени су кроз основна и детаљна геолошка истраживања и то: геолошким и хидрогеолошким картирањем површине терена и непосредно у јами (ускопа, етажа и откопа), истражним бушењима (вертикалне и косе бушотине) са картирањем језгра, геохемијским и хидрохемијским испитивањима као и кроз мониторинг количина испумпаних вода из јаме.

3. Приказ резултата

3.1. Хидрогеолошке карактеристике лежишта

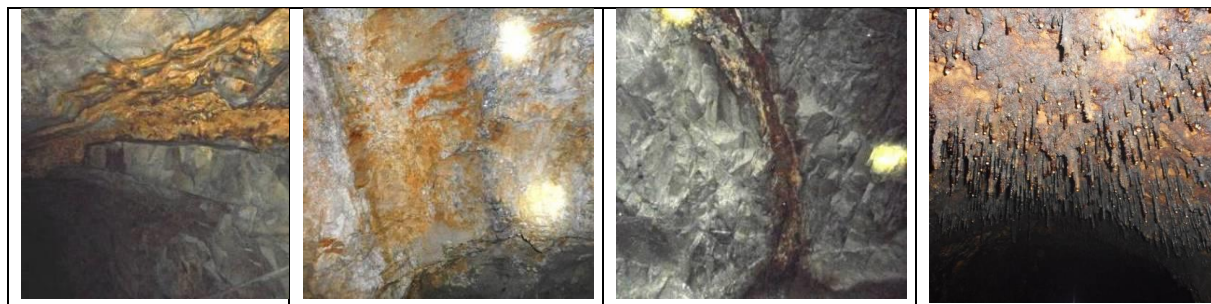
Хидрогеолошке карактеристике стенских маса и хидрогеолошки услови формирања и струјања подземних вода углавном су упознати на основу радова у јами-теренског осматрања и картирања јамских радова, на 5 разрађених јамских хоризоната и резултата истражног бушења, која су спроведена са површине терена и из јаме.

На основу тих сазнања у оквиру стенских маса које изграђују лежиште, издвојен је пукотински тип издани.

Пукотински тип издани је преовлађујући тип издани у лежишту олово цинкане руде Леце, и формиран је у андезитима које су и најзаступљеније стене у масиву (са преко 50 % учешћа) и пирокластичним творевинама (брече и туфови) које их окружују. У оквиру раседних зона и пукотинских система формирана је издан.

Водопропусност није иста у свим деловима овог комплекса стена и у зависности је од степена разломљености стенских маса и запуњености пукотинских система продуктима распадања и хемијским талозима. Дуж пукотинских система испуњених компактном и хомогеном силицијумском масом онемогућена је циркулација подземних вода, а на

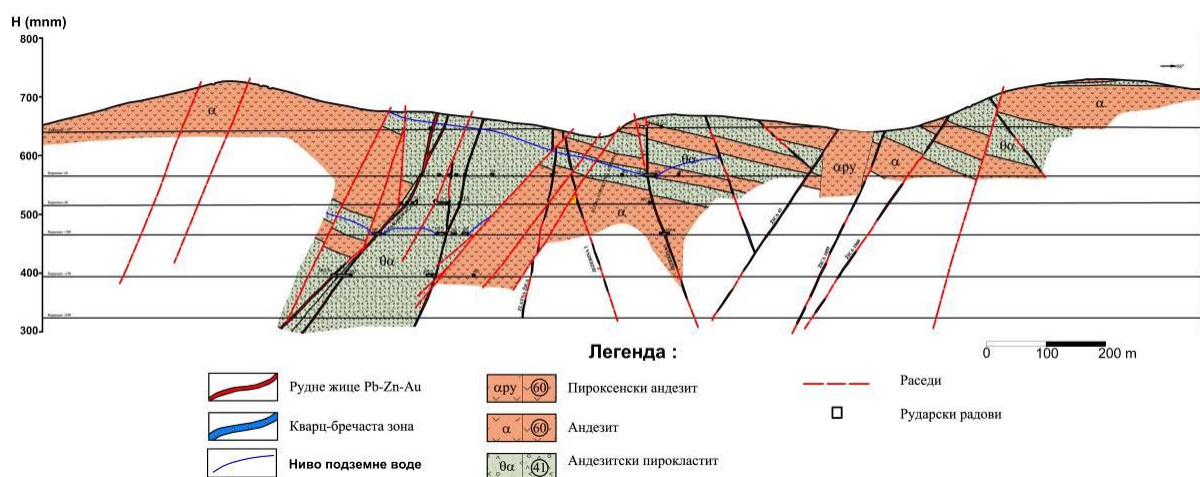
смањење водопрпусности утиче и формирање сталактита у стропу ходника и скрама по боковима ходника, насталих из минералних раствора (слика 2).



Слика 2. Пукотински системи у стропу и боковима јамских ходника испуњени бречастом кварцном масом са рудом олово цинка, сулфидима гвожђа и мангана и појавама сталактита

Ниво издани није континуиран и налази се на различитим нивоима, што је утврђено током израде јамских просторија.

На хидрогеолошком профилу (слика 3) урађеном кроз лежиште Леце, приказани су јамски хоризонти са положајем нивоа подземних вода.



Слика 3. Хидрогеолошки профил кроз лежиште Леце, потез Радојевића чука-Грбовића брдо (из Елабората о резервама-модификован)

На профилу се види да је положај подземних вода у нивоу хоризоната -100 и -170. Главни приливи подземних вода се у јамским ходницима јављају дуж раседних структура које су испуњене кварцним, кварцно андезитским и андезитским бречама, које су уједно и носиоци рудне минерализације као и из канала бушотина који су пресечени рударским радовима (слика 2).

У јамским ходницима, вода се појављује у виду концентрисаног и дифузног истицања из бокова и дна јамских ходника као и прокапавањем из стропа ходника. Концентрисани приливи воде су од 0,01 l/s до 1 l/s и највећи приливи воде су регистровани на хоризонту -222 у количини од око 2 l/s (слика 4).



Слика 4. Појаве истицања подземних вода на хоризонту -222 са протицајем од 0,1 до 1 l/s и температуром од 25,4 до 27°C

На левој слици види се да су воде чисте и прозачне, на средњој слици вода је жуто мрке боје а на десној слици је вода мутна и појављује се из ново урађеног јамског ходника.

При изради и разради јамских ходника, приливи подземних вода у почетној фази износе и до 20 l/s да би се након одређеног периода стабилизовали на око 2-3 l/s.

Основни вид прихрањивања издани је на рачун инфилтрације вода од падавина и инфилтрацијом воде из Лецке реке која протиче изнад јамских радова. Подручје виших делова лежишта дренирају Лецка и Гајтанска река, које настају од више извора мале издашности који пресушују у сушном периоду године. На површини од око 12,5 km² колико захвата експлоатационо поље рудника Леце, дренирање дубљих делова издани се врши истицањем воде у јамске просторије, са укупном дужином ходника од 35 km и у истражне ускопе дужине 5,1 km, све до најнижег хоризонта -222, на коти 310,4 mm.

На основу резултата хидрохемијских испитивања, ради се о термоминералним водама са минерализацијом од 2,44 gr/l и температуром од 25 до 27 °C. На основу садржаја макрокомпоненти воде су сулфатне класе калцијске групе. По рН вредности спадају у киселе воде (рН-5,61) а по тврдоћи су веома тврде воде (71,3°dH) и са вредношћу електропроводљивости од 1600 μS/cm. Рудничке воде су са повишеним садржајем гвожђа (41,8 до 44,4 mg/l), мангана (46,9 до 47,7 mg/l), кобалта (0,34 до 0,36 mg/l), никла (0,28 до 0,29 mg/l), цинка (1,02 до 1,14 mg/l), стронцијума (4,72 до 4,76 mg/l), алуминијума (0,34 до 0,38 mg/l), бора (0,85 до 19,7 mg/l). Гасови у води нису испитивани али је евидентно да исти постоје јер се појављују мехурићи на местима истицања воде. Садржај SiO₂ (29,3 до 35,3 mg/l) указује на циркулацију воде кроз андезите. Хидрохемијски тип воде је приказан формулом Курлова:

$$M_{2,44} \frac{SO_{95,9}^4}{Ca_{53,7} Mg_{24,7} Na + K_{21,5}} t_{25,4} Q_{0,2}$$

3.2. Приказ система одводњавања јаме "Шута Расовача"

Систем одводњавања јаме "Шута Расовача" се заснива на прихватању дотока рудничких вода каналима и гравитационим одвођењем воде до привремених водосабирника који су урађени у боковима јамских ходника, ниже од хоризонта -170. На овим водосабирницама су инсталиране преносне електричне пумпе типа "Flygt" и "Weda" (сл 5).



Слика 5. Привремени водосабирници са инсталираним преносним пумпама

Од пумпних агрегата типа "Flygt" рудник располаже са следећим серијама пумпи : BS 2640 тип В 251 НТ и В 226 МТ (4 ком.); BS 2670 тип В 251 НТ (4 ком) и BS 2201 SH тип В 243 НТ (2 ком.). Пумпни агрегати серије В су намењени за испумпавање контаминиране воде која садржи абразивне честице.

Кроз вертикална окна којима су повезани поједини руднички хоризонти монтирани су потисни цевоводи и вода се неколико пута пребацује из нижих до виших рударских хоризоната (слика 6).



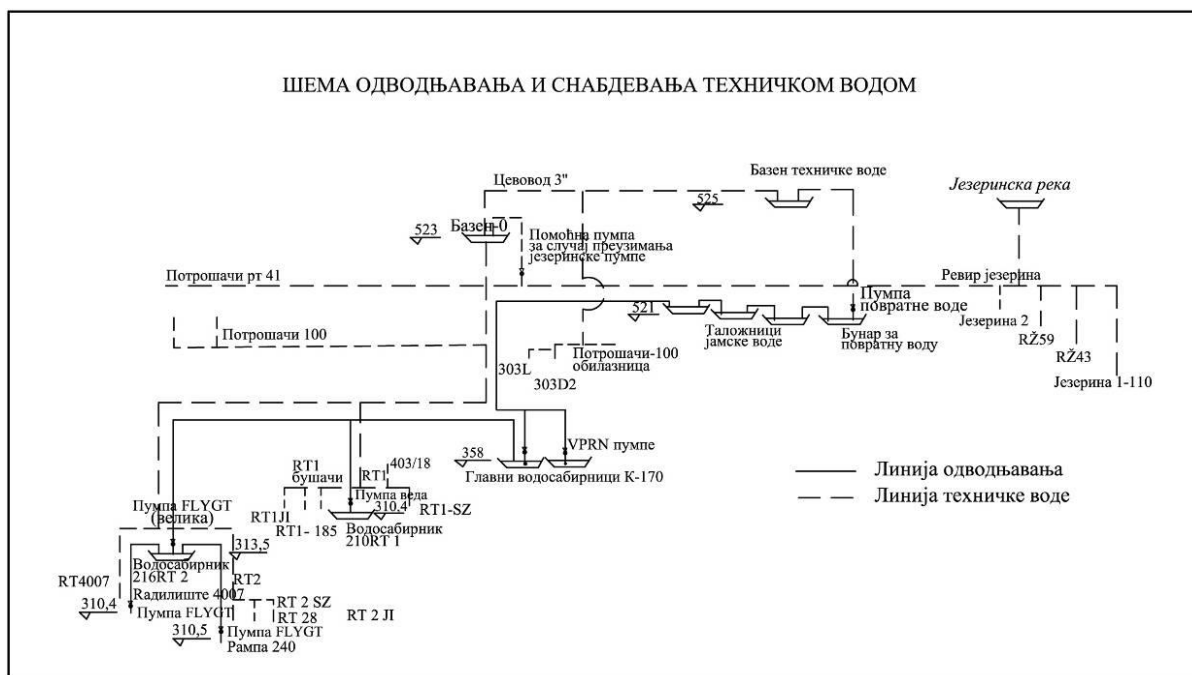
Слика 6. Препумпавање рудничких вода са једног хоризонта на други

На рудничком хоризонту -170 израђен је стационарни главни водосабирник према коме се усмерава сва испумпана вода из јаме. На главном водосабирнику су инсталиране две вишестепене центрифугалне пумпе типа VPNR, снаге 250 kW свака помоћу којих се вода испумпава на површину терена (слика 7).



Слика 7. Приказ главног водосабирника на хоризонту -170 и хидромашинске опреме

На слици 8 је приказана технолошка шема одводњавања јаме Шута Расовача са положајем водосабирника и ангажованим пумпним агрегатима.



Слика 8. Технолошка шема одводњавања јаме Шута Расовача и шема снабдевања рудника водом за техничке потребе

Подаци о количини испумпаних вода (тренутни и кумулативни проток) из јаме се региструју континуирано, помоћу ултра звучног мерача протока, постављеног на излазу из јаме (слика 9).



Слика 9. Ултра звучни мерач протока типа "Nivus PVM-PD"

Према мерењима, количина испумпаних вода из јаме у изразито сушним периодима износи до 5 l/s, док је у периодима са вишедневним падавинама и након отапања снега до 20 l/s. Пумпе нису у 24 часовном режиму рада и по подацима за II квартал 2019 год., укупна месечна количина испумпаних вода из јаме, варира од 3015 до 4621 m³/мес. Систем одводњавања је "рањив" и у зависности је од редовне снабдевености пумпних агрегата електричном енергијом. У случају дужег квара на електро инсталацијама, прети опасност од потапања нижих јамских ходника као што је то био случај у ранијем периоду (слика 10).



Слика 10. Линија воденог огледала до које је била потопљена јама

Систем одводњавања у јами "Шута Расовача", са постојећом хидромашинском опремом је конципиран тако, да поред редовних прилива подземних вода (5 до 20 l/s) може да прихвати и евакуише и повећане приливе воде и у досадашњој пракси се показао као ефикасан.

Продубљивањем јамских радова и израдом нових објеката (водосабирника и канала), могуће је остварити везу са већ постојећим системом одводњавања, и на тај начин обезбедити адекватну заштиту радне средине.

3.3. Третман испумпаних вода из јаме

Испумпана вода из главног водосабирника се улива у бетонски канал који је израђен дуж излазног ходника јаме и даље до бетонских базена (3 базена) на излазу из јаме (слика 11).



Слика 11. Таложни базени за испумпану воду из јаме

Кроз ова три базена испумпана вода циркулише и ослобађа се суспендованог материјала. Исталожени материјал (муљ) у базенима се помоћу покретне центрифугалне пумпе на колицима, усисава и упумпава у тзв. камион каду и одвози до привремене депоније где се оцеђује а затим се поново утоварује у камион и транспортује до флотацијског јаловишта на прераду.

Део воде из базена се након третмана испушта у Лецку реку а део воде се одводи у четврти базен који је покривен бетонском плочом. Из њега се вода препумпава у два базена на оближњем брду одакле се гравитационо одводи у јаму где се користи за техничке потребе (за ручни чекић,..).

4. Дискусија

Према подацима о просечној годишњој количини испумпаних вода ($V=103.905 \text{ m}^3$) и годишњој производњи руде ($P=155.000 \text{ t}$), величина коефицијента водообилности ($K=V/P$) за јаму "Шута Расовача" износи 0,67.

Према класификацији М.Širovatka лежиште олово цинкане руде Леце спада у класу слабо оводњених лежишта ($K=0,5$ до 2).

На прилив подземних вода у јаму утичу како природни тако и вештачки фактори. Од примарних природних фактора оводњености могу се издвојити: инфилтрација воде од атмосферских талога у рударске радове, геолошка грађа, тектоника и хидрогеолошки услови.

Према мерењима количине испумпаних вода у изразито сушним периодима, приливи подземних вода износе до 5 l/s док у периодима са вишедневним падавинама и након отапања снега, региструју се максимални приливи воде до 20 l/s.

Основну структурну карактеристику подручја лежишта олова и цинка Леце, претстављају моћне и дуге пукотинска зоне запуњене бречастим материјалом, састављеним од кварца и околног силификованог и каолинисаног андезита. Пружање пукотинских зона је углавном ССЗ-ЈИ. У пукотинским системима је формирано више локалних издани са повољним филтрационим карактеристикама. Субвертикални положај ових структура омогућава циркулацију инфилтриране воде од падавина и речног тока до дубљих делова андезитског масива. Пресецањем ових пукотинских система јамским ходницима и каналима бушотина, долази до истицања воде у исте.

Потврда томе је и да се са повећањем дубине експлоатације, не смањује величина прилива рудничких вода, већ се напротив повећава.

Поред наведених природних фактора од значаја за оводњеност су и вештачки фактори: димензије рударских ходника, димензије контуре експлоатационог поља, дубина експлоатације, нагиб рударских радова, истражни радови бушења (укупна дужина бушотина око 17 km) и начин експлоатације (коришћење експлозива при откопавању).

У том смислу, са свим овим радовима је омогућено повезивање пукотинских система, и дотицај воде у рударске радове из различитих нивоа.

Општа је оцена да су услови оводњености олово цинканог лежишта Леце повољни, и да не утичу значајније на извођење радова као и на стабилност радне средине у јами.

5. Закључак

У рудној структури "Шута Расовача" налази се већи број рудних тела (4 главна рудна тела) са дубином залегања преко 300 m. Њихова експлоатација се врши у зависности од дубине појаве рудног тела на следећим хоризонтима (+75; +27; ± 0 (525 mm); -33; -40; -63; -100; -170; -198; -222). Рудна тела су депонована у раседним структурама, субвертикалног су положаја и углавном су везана за кварцне брече, кварцно андезитске брече, андезитске брече и измењене зоне пирокластита.

Израда рударских истражних радова се обавља савременом самоходном опремом што омогућава праћење рудних тела по паду и пружању.

Лежиште је изграђено од стена андезитског комплекса које су пукотинског типа порозности. У раседним структурама и пукотинским системима којима су ове стенске масе издељене, формирана је пукотинска издан која се одликује dobrим условима

прихрањивања и обнављања подземних вода. Пресецањем раседних структура рударским радовима, издан се дренира у јамске просторије и тај прилив варира од 3-20 l/s. У јами "Шута-Расовача" примарни фактори који утичу на оводњеност лежишта олова и цинка су : геолошко тектонски услови, литолошки састав и раседне структуре. Поред природних фактора, на оводњеност лежишта значајан утицај имају и вештачки фактори, пре свега рударски радови са јамским ходницима дужине 35 km и ускопима дужине 5,1 km, истражне бушотине укупне дужине бушења око 17 km (косе и вертикалне-око 100 бушотина) дубине 150 до 350 m, начин експлоатације коришћењем експлозива и др. Сви ови фактори условљавају да се формира сталан прилив подземних вода у јамске ходнике, из знатно већег подручја него што заузима експлоатационо поље, чија је површина око 12,5 km².

На основу садржаја макрокомпоненти воде су сулфатне класе калцијске групе, са минерализацијом од 2,44 mg/l. По физичко хемијским карактеристикама рудничке воде немају штетно дејство на људство и опрему.

Општа је оцена да су услови оводњености лежишта олово цинкане руде Леце повољни и да не утичу значајније на извођење радова као и на стабилност радне средине у јами.

Систем одводњавања јаме "Шута Расовача" се заснива на прихватању дотока рудничких вода каналима и гравитационим одвођењем воде до привремених водосабирника који су урађени у боковима јамских ходника. На рудничком хоризонту -170 израђен је стационарни главни водосабирник, према коме се усмерава сва испумпана вода из јаме. На главном водосабирнику су инсталиране две вишестепенне центрифугалне пумпе типа VPNR, снаге 250 kW свака помоћу којих се вода испумпава на површину терена.

Постојећа хидромашинска опрема је димензионисана тако да поред редовних прилива подземних вода (3 до 20 l/s) може да прихвати и евакуише и повећане приливе воде и у досадашњој пракси се систем заштите јаме од подземних вода показао као ефикасан.

Продубљивањем јамских радова и изградом нових објеката (водосабирника и канала), могуће је остварити везу са већ постојећим системом одводњавања и на тај начин обезбедити адекватну заштиту радне средине.

С обзиром да је граница стена вулканогеног комплекса и кристалних шкриљаца на неколико стотина метара испод садашњег нивоа најнижих јамских радова, захваљујући бројним пукотинским, разломним и рудним структурама које су са субвертикалним положајем, појачани приливи подземних вода се при продубљивању јаме могу очекивати и испод тренутно најнижег хоризонта на -222.

У суседном лежишту олово цинкане руде "Језерина" нема прилива подземних вода јер се иста налази у утицајној дренажној зони јаме "Шута Расовача", и у најнижој тачки јаме "Језерина" температура ваздуха је око 57 степени Целзијуса.

Литература

1. Поповић, З., Поповић Љ., (2019): Анекс пројекта-Израда основне хидрогеолошке карте лист Лесковац 1:100.000, Геолошки завод Србије, Београд
2. Радисављевић, Н., (2018): Елаборат о ресурсима и резервама руде олова, цинка и пратећих метала у лежишту Леце код Медвеђе-Геосфера, 2018.г. Београд,

ZNAČAJ IZBORA GEOMEHANIČKIH PARAMETARA ZA GEOTEHNIČKE PRORAČUNE

THE IMPORTANCE OF GEOMECHANICAL PARAMETERS SELECTION FOR GEOTEHNICAL CALCULATIONS

Dr sc. Kenan MANDŽIĆ, vanr. prof., Dr sc. Adnan IBRAHIMOVIĆ, vanr. prof., Dr sc. Enver MANDŽIĆ, prof. emeritus

Dr sc. Kenan MANDŽIĆ, vanr. prof., RGGF Tuzla, kenan.mandzic@untz.ba

Dr sc. Adnan IBRAHIMOVIĆ, vanr. prof., RGGF Tuzla, adnan.ibrahimovic@untz.ba

Dr sc. Enver MANDŽIĆ, prof. emeritus, ANU BiH

Korespondent: kenan.mandzic@untz.ba

Ključne riječi: geomehanika, geotehnika, geomehanički parametri, geotehnički proračuni

Key words: geomechanics, geotechnics, geomechanical parameters, geotechnical calculations

Sažetak

Osnovu svih geotehničkih proračuna predstavljaju ulazni parametri koji se dobiju provođenjem geomehaničkih istraživanja i ispitivanja. Sva istraživanja za sanaciju klizišta ili izgradnju objekata, počinju sa geološkim i inženjerskogeološkim istraživanjima, koja deskriptivno prikazuju uslove u i na terenu. S obzirom da geotehnički proračuni podrazumjevaju kvantitativno izražavanje nekog parametra (faktora sigurnosti, nosivost, slijeganja), sam deskriptivni prikaz materijala ne može biti osnova za izvođenje proračuna. Zbog toga, geomehanika predstavlja sponu između inženjerske geologije i geotehnički proračuna, kao dijela geotehnike. Definisane fizičko-mehaničke parametara materijala, odnosno definisanje geomehaničkih karakteristika materijala, predstavlja osnovu za provođenje proračuna u geotehnici. U radu su razmatrani problemi pravilnog određivanja, i utvrđivanja geomehaničkih parametara kroz vrstu i način laboratorijskih ispitivanja, kao dominantnog uticajnog faktora na rezultate geotehničkih proračuna. Osnovni motiv za ovaj rad su negativni rezultati pojedinih geotehničkih proračuna koji se mogu naći u brojnim studijama i drugim geotehničkim dokumentima, a posljedica su neadekvatnog utvrđivanja i usvajanja ulaznih parametara za geotehničke proračune.

Summary

The basis of all geotechnical calculations are input parameters that are defined by conducting geomechanical research and testing. All the research for landslide remediation or construction of buildings begins with geological and engineering geological research, which descriptively presents the conditions in and on the field. Since geotechnical calculations imply the definition of numerical values of a parameter (safety factor, bearing capacity, settlement), the descriptive representation of a material cannot provide the basis for calculation. Therefore, geomechanics represents the link between engineering geology and geotechnical calculations, as part of geotechnics. The definition of the physical-mechanical parameters of the material, i.e. the

determination of geomechanical characteristics of the material, is the basis for carrying out the calculation in geotechnics. The paper consider the problems of proper determination, and the determination of geomechanical parameters thru the type and the way of laboratory testing, as a dominant influence factor on the results of the geotechnical calculations. The main motive for this paper are the negative results of geotechnical calculations that can be found in numerous studies and other geotechnical documents, and are the consequence of inadequate determination and adoption of input parameters for geotechnical calculations.

1. Introduction

Geomechanical research, as part of geotechnics, is the basis for defining the conditions for stabilization and/or remediation of slopes, as well as the construction of geotechnical structures as a general part of the construction. In order to define the terrain conditions for the construction of structures on the slopes, it is necessary to know and analyze all those influential factors related to the soil-object interaction that can cause damage to the objects and loss of their functionality, as well as to know the effect of the object on the stability of the slope. If it is a landslide, it is necessary to define all the influencing factors on the appearance of the sliding process, as well as the current state of the terrain. In this paper, the focus will be on the importance of geomechanical parameters in the calculation of slope stability in the process of geotechnical study design, due to the fact that there are a large number of active landslides in BiH that directly or indirectly endanger people and material assets.

All activities carried out on the study and field research are aimed at obtaining a rational, i.e. economically and technically optimal solution to the problem. Remedial measures should ensure that the landslide process is stopped, ensure use of the terrain affected by the previous sliding process, in such a way that it will not cause further deterioration in terms of landslide development or that existing movements will not interfere with the use of the area.[6] Also, the purpose of geomechanical exploration is to provide reliable information on the slope material in the construction area. This defines the impact of the built facility on the overall stability of the slope on which it is built. Based on the proper definition of the geotechnical terrain model, we are able to design a rational solution of landslide remediation, look at problems that may arise during the construction phase of an object on or in a slope, define the impact of the object on the stability of the slope, give a forecast of its behavior in interaction with the soil and its impact on surrounding objects. Often, errors occur in the process of defining slope stability, which ultimately lead to an inadequate assessment of stability and, consequently, inadequate remediation or activation of the sliding process on a previously stable slope. Errors can occur at some of the stages that make the very process of calculating stability and designing a geotechnical study.[18]

2. Geomechanical research

The planning, that is, the program and project of geomechanical (field) research works, in order to find the optimal solution to the problem, should be clearly defined. If we do not have complete basic data, which can only be provided by proper planning of the research program and project implementation, and relying only on assumptions, it is quite certain that a remedial action, carried out at the landslide or in solving any geotechnical problem, will be economically inadequate.[7]

Geomechanical testing can be performed in the field and in the laboratory. Geomechanical data on the composition and depth of soil layers on a slope are usually collected from the results of drilling operations. Depending on the type of soil and terrain conditions, all other necessary penetration and share probe tests are conducted in the boreholes. Also, as a field test, it is possible to do the penetration or shear test on the drilled material.

Soil samples taken during drilling, based on a detailed analysis of the drilled material, are further tested in the geomechanical laboratory, and then the results obtained are interpreted. Proper sampling, i.e. the selection of representative samples for laboratory testing, is the first important step in determining the stability of a slope.

Proper determination of the sample testing methodology and interpretation of the obtained results is the basis for the selection of adequate parameters for geotechnical calculation. The obtained and interpreted data are further used for the purpose of designing remedial or other geotechnical measures on the slope, or in general when solving geotechnical problems. The purpose and goal of performing geomechanical works, for example in landslide remediation, is to:

- Determine the spread of soil material (rock) layers with different geotechnical characteristics, located in the slope on which the sliding process occurs,
- Determine the position and shape of the sliding plane along which sliding occurs,
- Determine the resistant parameters of material necessary for: calculation of slope stability before sliding, current slope condition, as well as designing remedial measures and checking stability after performed geotechnical remediation measures, or checking their effectiveness.

From the above, it can be seen that determining the resistance parameters of the material, on properly selected samples (representative samples for the given realistic case), is one of the key steps for solving the problems related to the stability of slopes in the soil. One of the most significant influencing factors on the results obtained for geotechnical calculations is the selection of samples to be tested in the laboratory. If tests are to be carried out on a slope, the samples must be selected in such a way that the results obtained reflect the most unfavorable conditions in the slope. In addition, the samples can be divided into two basic qualitative groups according to the quality of the condition in terms of the natural state of the components that build the test soil or rock relationship: disturbed and undisturbed samples.[1] It is obvious that the quality of the sample is conditioned by the method of its sampling in the field, but its quality is primarily influenced and limited by the drilling technique as well as the sampling skills.

The quality of the sample also determines its use in obtaining reliable results in laboratories. In this regard, four qualitative classes of samples and the possibilities of obtaining data from these samples are defined. These must be taken into account when performing the tests and analyzing the results obtained (Table 1).

Tabela 1. Class of samples [4]

Qualitative class	sample	Possibilities of using the sample in tests
Class 1		Classification, water content, volume weight, unit weight, shear strength, odometer test.
Class 2		Classification, water content, volume weight.
Class 3		Classification, water content.
Class 4		Classification only.

Geomechanical testing is performed on the samples, defining the most important material parameters required for geotechnical calculations, such as the relevant shear strength parameters - cohesion (c), the friction angle (φ) and the volume weight of that soil (γ). Since, depending on the soil type, water content has a great influence on the above parameters, it is important to define the natural water content of the material. For this reason, the samples must be kept in a certain way, to prevent water content from changing before testing. In addition to these tests, water saturation tests, classification tests, etc. are also being conducted.

The methodology for laboratory testing of materials is defined by current standards, which clearly define the test procedures for samples.[1]

However, the soil itself is most often heterogeneous and anisotropic, which has a significant impact on the results of the tests performed. In addition, when performing tests to determine the resistance of material, all influential factors that may more or less lead to illogical results must be taken into account. The number and significance of the influencing factors also depends on the type of apparatus and the experiment being performed. In Bosnia and Herzegovina, the most common experiment for defining the cohesion and friction angle of a material is the direct shear test with controlled shear stress or deformation, while the triaxial experiment is less commonly used.

The most significant influencing factors on the results of the direct shear test, which represent the standard disadvantages of this experiment, are the following:

- The stress state in the soil sample in the shear box is very complex due to the change in the shear surface during the experiment,
- The water content of the sample changes during the experiment,
- Inserting a filter plate tooth into a sample significantly reduces its original structure, translating it into new conditions,
- When subjected to shear force, the sample presses on the walls of the shear box,
- Impact of complete lateral interlocking of the specimen in the shear box.[6]

In addition to these influencing factors, there are also influential factors that the laboratory examiner must pay attention to, such as:

- Shear plane shape (smooth planar, rough undulating plane, etc.),

- Development of sample deformation (sudden decrease or increase of deformation in the sample caused by the presence of rock material inserts in the clay, which can also be seen in the stress-strain diagram),
- Type and way of the sample fracture (brittle, plastic, semi plastic, progressive fracture, etc.),
- Impact of shear rate speed,
- Impact of sample consolidation before shear.

Also, the subjectivity of the examiner and errors in the performance of the exam can significantly influence the test results obtained. [11]

It is only by knowing how certain influencing factors reflect on the obtained values that occur during the experiment, as well as how much and what the extent of their impact on the obtained values, one can conclude how much obtained results represent the material in the slope and how reliable their use is in geotechnical calculation.

3. Geotechnical calculation

In order to accurately define the safety of a slope, or its stability under certain conditions, it is necessary to calculate the stability. Geotechnical calculations of slope stability are performed after the geotechnical terrain model has been defined. In the geotechnical terrain model, each environment separated on the basis of engineering-geological terrain mapping and material descriptions is joined by testing determined value of geomechanical parameters. In some cases, in environments that are defined by engineering-geological characteristics as one environment, two or more separate environments may be isolated according to geomechanical parameters. This approach is due to significant differences in the geomechanical parameters of the material in depth, or to differences in the water content of the material on the vertical profile.

Also, by examining one type of material where there is variation of data horizontally within the layer (samples of the same material-layer taken from different boreholes), different values of the resistive parameters further complicate the definition of the geotechnical terrain model and the selection of parameters for the calculation, if we do not know the reasons that led to results like this.

The calculations, which rely on laboratory results, that is, the geomechanical characteristics of the material, are evidence of the slope state under certain conditions and the basis for safe and economical construction.

That the geotechnical calculations rely on geomechanical data, as the main input to the calculation, it can be seen by the algorithms of these calculations and the formulas in which the critical parameters of each material that construct the slope are crucial. These calculations are based on determining the ratio of the shear strength and the average shear stress or mobilized strength required to keep the hypothetical sliding body in a state of boundary equilibrium. This relative stability index is called the "Factor of safety".

The factor of safety is defined as:

$$F_s = \tau_f / \tau_m$$

τ_f - shear strength of soil

τ_m - the average magnitude of the shear stresses on the sliding surface required to maintain the hypothetical sliding body in equilibrium, or the mobilized shear strength.[13]

3.1. Methods for stability calculation

In engineering boundary equilibrium methods in soil mechanics, it is understood that the factor of safety is a constant along the sliding plane. In principle, all methods of calculating the factor of safety can be conditionally divided into accurate and approximate ones. Accurate methods satisfy all conditions of equilibrium by introducing different assumptions without neglecting individual components of external and internal forces, while approximate methods ignore individual forces and/or ignore some conditions of equilibrium.[3]

There are a number of methods of stability calculations applied in geotechnics that have their limitations. In addition to the accuracy of the methods, the constraints are also related to the shape of the existing or potential sliding plane for which stability conditions are tested. Thus, there are methods most commonly used in calculations where the sliding plane is circularly cylindrical, or methods used in planar or arbitrary sliding planes.

However, what is common to all methods is the basic formula for the factor of safety, that is, the appearance of shear resistance, which represents the fundamental geomechanical characteristic of the material needed to perform the calculation. Given that the shear strength of the material is defined through the resistance parameters of cohesion (except for incoherent materials) and the friction angle of the material, this emphasizes the importance of these parameters in geotechnical calculations. [8]

By including inadequate material resistance parameters as input parameters, since each calculation is done according to an already established algorithm and formulas for calculating the equilibrium and taking into account the given resistance parameters obtained by laboratory testing of materials from slopes, the outputs will not give a realistic image of the slope state.

4. Selection and significance of geomechanical parameters for geotechnical calculations

4.1. Selection of geomechanical parameters

After the field research and laboratory testing, it goes on to the stage of interpretation of the obtained results, which are obtained through research and testing. Interpretation of the results requires careful critical analysis and evaluation of these data in order to obtain relevant parameters, usually numerical values, which are further used in geotechnical calculations and further analysis. In some simpler cases of terrain, which are characterized by non-contradictory and consistent field data, the procedure for interpreting the results seems very simple, but again the details of the method used to obtain the numerical values must be taken into account. In addition, there are cases where the data obtained is a very confusing set of data, so decisions must also be made in circumstances where we have insufficient and inadequate information and data.

Obtained laboratory results should be verified by comparative analysis with literature, experimental, previously published and authoritatively accepted data, since the data obtained can be burdened by conditions in which they were obtained.

If the obtained data is not checked and are taken without any necessary corrections, two cases can occur, as a result of this approach:

- Geotechnical solution characterized by irrationality and excessive safety component - oversized geotechnical construction,
- Geotechnical solution characterized by the inability to eliminate the existing problem, with clearly visible occurrences of deformations, demolitions and in general damage created after geotechnical remedial measures were performed - under-dimensioned geotechnical construction.

In both cases, these are wrong conceptual solutions that have a significant financial burden, as a common feature. In the first case, during the course of remedial measures, and in the second case, by undertaking additional or completely new remediation measures (the so-called remediation of remediation).

A deterministic or probabilistic approach may be used to select soil resistant parameters and other conditions in the analysis.

A deterministic approach assigns a value at each soil point to a parameter, which may correspond to the mean value or be greater than or less than that value. Also, the value of the parameters can vary from point to point or from zone to zone, which are assumed to have a constant value of these parameters. The magnitudes of the pore pressures are fixed, but they are subject to change over time, while the external loads are generally of constant size. The values of these parameters usually contain a certain measure of conservatism, which provides a certain coefficient of engineering security, i.e. a reserve in the capacity of the geotechnical structure, i.e. undertaken geotechnical remedial measures. [5]

The probabilistic approach treats the parameters as random variables that move at a certain interval, and their occurrence is described by a distribution function. At the global level of descriptions of individual parameters and typical geotechnical problems, this approach enables the quantification of hazards and risks and, on the basis of this, the selection of relevant sizes for incorporation into standards and norms, making those sizes quasi-deterministic sizes for the end user. This approach can rarely be applied to specific tasks, only if extensive geotechnical research has been carried out and geotechnical interventions that have verified that research in a technical and economic manner have been carried out.

4.2. Importance of geomechanical parameters

According to the above, it can be concluded that the deterministic approach is much better at defining the input parameters for geotechnical calculations, but also that there are disadvantages of this approach if all the influencing factors are not considered. Thus, the values obtained for one material may show differences or significant individual deviations or unrealistic values of some obtained parameter. For example, in some tests very close values of friction angle may occur in two samples and a significant deviation in the third sample; very high friction angle for material classified as CH; unrealistically high values of resistance parameters due to inadequate storage of samples (sample lost natural water content). For this, it is also necessary to analyze how the change in water content influences the change in the resistive parameters of the material and whether the increase in the water content of individual samples of the same material influences the change of parameters as usual. All this needs to be defined, because for geotechnical calculations small variations in the resistive parameters can give unrealistic results of the geotechnical calculation, that is, they can

significantly change the values of the geotechnical calculation results (e.g. factor of safety). For example, for some materials, reducing humidity by 10% can lead to an increase in the resistance parameters, and thus an increase in the factor of safety by three times. The results of such geotechnical calculations can give satisfactory factors of safety for slopes (over 1.5) in which landslides are active, and it does not correspond to the real situation on the ground.

Also, errors in defining the resistance parameters of cohesion and the friction angle of materials in which, for example CH clay has a friction angle of 35 °, and incorporating such results into the calculation, will give us a much higher factor of safety than is currently the case in the slope. In order to select the right values for the materials to be used in the calculation, it is necessary to know the answer to the questions of the relevant selection and use of the real values of the resistive parameters and, if necessary, to repeat the experiment in order to obtain the calculation of the real (logical) values of the factors of safety.

Also, in some cases, in addition to adequate analysis and relevant geomechanical data, unrealistic values of geotechnical calculations are obtained. This indicates a sampling error, i.e., adequate samples were not taken for determination of geotechnical terrain model.

The role of test results, as well as the consequences of analyzing the obtained results, can best be illustrated by the following scheme:

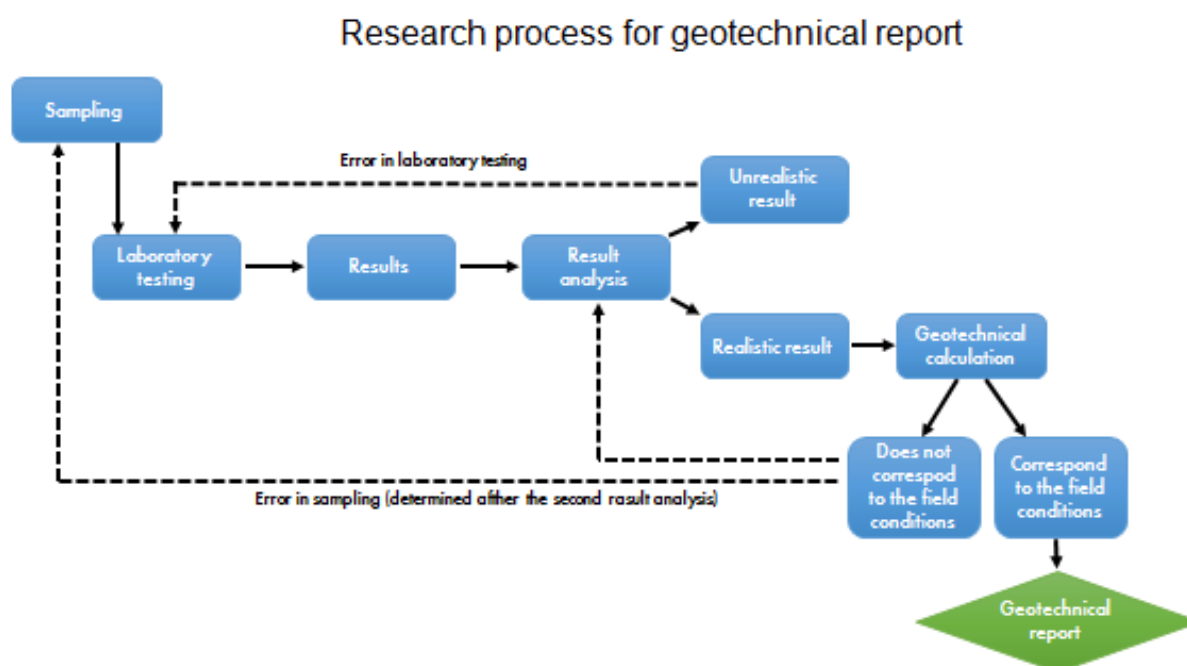


Figure 1. Schematic representation geomechanical parameters role in the process of geotechnical study design

As can be seen in the scheme (Figure 1), laboratory testing is a key step in the geotechnical design process. Laboratory tests and analysis of the results obtained may show inconsistencies in the results obtained, some of which have already been mentioned, meaning that the tests were not performed in accordance with the standards or some specifics that appeared during the laboratory tests were ignored (laboratory error).

If the test results seem realistic (logical) for the materials tested and the geotechnical calculations give stability values that do not correspond to the current slope conditions (e.g. safety factor for active landslide greater than 1 or vice versa), additional analysis of the obtained data should be performed, paying particular attention to the parameters selected to define the geotechnical model (possible error in the selection of parameters for analysis). If additional analysis proves that the parameters selected are adequate for the materials sampled in the field and that the re-analysis still does not correspond to the actual state of the slope, an error is made at the beginning of the process during sampling (sampling errors). Such errors are significant, so it is necessary to sample the slope again and repeat the whole process in order to ensure (meet) the condition that all stages in the process of geotechnical study are done in professionally. In each of the steps involved in the elaboration process, there should be some responsibility for individual team members. The role of each is illustrated in the RACI chart (Figure 2).

RACI chart					
	Sampling	Laboratory testing	Results	Analysis	Geotechnical calculation
Project manager	A	A	A	A	A/R
Engineer	R	C	C/I	R	I
Laboratory technician	I	R	R	I	I

Responsible	Those who do the work to complete the task.
Accountable	The one ultimately answerable for the correct and thorough completion of the deliverable or task, the one who ensures the prerequisites of the task are met and who delegates the work to those responsible.
Consulted	Those whose opinions are sought, typically subject matter experts; and with whom there is two-way communication.
Informed	Those who are kept up-to-date on progress, often only on completion of the task or deliverable; and with whom there is just one-way communication.

Figure 2. RACI chart showing the role of each participant in the creation of geotechnical report

5. Conclusion

Geomechanical research is a very significant step in performing geotechnical works based on geotechnical calculations. Errors that occur when determining, analyzing, and selecting geomechanical parameters for geotechnical calculations or even when sampling, have a large impact on the obtained factors of safety values, which most often result in inefficient or excessive measures of slope remediation. Although the methods of testing soil materials in the laboratory are clearly defined by existing standards and regulations, there are a significant number of influential factors both on the results obtained and on the selection of the parameters themselves, which need to be addressed in order for the results to be realistic (logical). Only through a systematic approach to the determination of geomechanical parameters in the laboratory, as well as a self-critical review of the obtained results, adequate parameters for the creation of geotechnical terrain model can be defined and geotechnical calculation can be performed.

It is very important that, if any illogical values of the obtained resistance parameters are observed, the additional analysis should be carried out and, if necessary, tests should be repeated in order to define the real geomechanical parameters of the material.

Each participant in the process of geotechnical study creation must do their part in accordance with the rules and pay attention to all the specifics in the process, all in order for the final result to be a geotechnical study that will define the optimal remediation measures.

6. References

1. BAS EN 1997-1:2017; BAS EN 1997-2:2017 (2017), Institut za standardizaciju BiH
2. BAS CEN ISO/TS 17892-10:2009; BAS CEN ISO/TS 17892-9:2009 (2009); Institut za standardizaciju BiH
3. Ćorić, S., (2006): Geostatički proračuni, Rudarsko – geološki fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd
4. Ibrahimović A., Mandžić K., (2013), Sanacija klizišta, d.o.o. Mikroštampa, Tuzla
5. Maksimović M., (2014), Mehanika tla, AGM knjiga, Beograd
6. Mandžić E., (1977), Mehanika tla, RGGF, Tuzla
7. Mandžić E., (2000), Inženjersko geološki procesi, Autorizovana predavanja, Postdiplomski studij geologije, Rudarsko-geološko-građevinski fakultet Tuzla, Tuzla,
8. Mandžić, E., Mandžić, K., Ibrahimović, A., (2011): Geotehnički i geodetski aspekti istraživanja klizišta u škriljcima, Zbornik radova 4. Naučno-stručnog savjetovanja: Geotehnički aspekti građevinarstva, Zlatibor, Srbija, str. 261 – 266
9. Memarian, H., (1992): Engineering Geology and Geotechnics, Teheran University Press, Teheran
10. Mitrović P. (2014), Sanacija klizišta i nedovoljno nosivog tla, AGM knjiga Beograd-Zemun, Beograd
11. Najdanović N., Obradović, R., (1981): Mehanika tla u inženjerskoj praksi, Rudarski institut beograd, Beograd
12. Nonveiller, E., (1981): Mehanika tla i temeljenje građevina, Školska knjiga Zagreb, Zagreb
13. Nonveiller, E., (1987): Kliženje i stabilizacija kosina, Školska knjiga Zagreb, Zagreb
14. Ortigao J.A.R., Sayao A.S.F.J., (2004), Handbook of slope stabilisation, Springer-Verlag, Berlin
15. Selimović, M., (2000): Mehanika tla i temeljenje, Dio I Mehanika tla, Građevinski fakultet Univerziteta „Džemal Bijedić“ u Mostaru, Mostar
16. Selimović, M., (2000): Mehanika tla i temeljenje, Dio II Temeljenje, Građevinski fakultet Univerziteta „Džemal Bijedić“ u Mostaru, Mostar
17. Terzaghi, K., (1972): Teorijska mehanika tla, Naučna knjiga Beograd, Beograd
18. Terzaghi, K., Peck, R., B., Mesri, G., (1996): Soil Mechanics in Engineering Practice, John Wiley and Sons, Inc., New York

INŽENJERSKOGEOLOŠKE I GEOTEHNIČKE KARAKTERISTIKE KLIZIŠTA U NASELJU LIPOVICE, OPĆINA KALESIJA

ENGINEERING GEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF LANDSLIDE IN THE PLACE LIPOVICE, MUNICIPALITY KALESIJA

Jasenko Čomić¹, Aida Hrustić²

¹ Mr.sc.JASENKO ČOMIĆ, dipl.inž.geol., Georad d.o.o.Tuzla, jaskocomic@gmail.com

² AIDA HRUSTIĆ, dipl.inž.građ., Georad d.o.o.Tuzla

Key words: amphitheater form, degrees of stability, hipsometrically drains the surface water, denivelation road

Abstract

In the suburbs of Lipovice in the borough of Kalesija, there is a very large slope of the amphitheater, characterized by different degrees of stability and western exposure. In May 2014, major landslides were activated during the course of the elemental disasters, which affected the damage of the asphalt road with the interruption of the road communication between suburbs of Lipovica and Meškovići. In the central part of the activated landslide, the complete structure of the maktab was destroyed, and the endangering and damaging several individually residential buildings (old and newer) of buildings concentrated in the front and central zone of the landslide. After the activation of the landslide in the organization of the Kalesija municipality, emergency interventional sanction measures were implemented which were reflected in the regulation and evacuation of surface, precipitation and faecal water with the creation of open shallow canals. Due to the present movement and the chaotic intermittent sedimentation of the sliding body, more concentrated shallow channels were performed through the body of landslides in the central part to the natural cut-off channel that gravitationally hipsometrically drains the surface, faecal water to the so-called. "Jovan Creek". The Jovan stream represents a collector, draining all surface and faecal waters from the wider area. Due to the mass deficit, part of the damaged, collapsed road in the length of about 60 m, the passageways of Lipovice-Meškovići settlements were established by filling crushed limestone material. The mentioned route vertically cuts the slope, which means an activated slide. After the performed interventional sanitary measures, reactivation of certain parts of the landslide with the denivelation of the trunk of the road, the displacement, the augmentation of the coluil material and the formation of "abdominal" protrusions in the central part of the landslide are noticeable. The intervening gap underneath and the shallow drainage drainage channels, over time, have been vegetated and clogged, thus preventing their passage. Geophysical surveys in the central part of the landslides (wells B3, B4, B7, B9) revealed multiphase activity of landslides. A high water level (PV) and high level (NV) level was established by measuring after 24.48 h after drilling.

The high coverage of the cover, clay swelling in the upper horizons of the cover, the tightening of the borehole, ie the formation of the sliding surface through the multiphase movement of the material through the geological substrate has been noted. Part of the amphitheatrical slopes with an average slope of up to 12° (excluding local deviations) where there is an activated sloop in the exploration area of 5 hectares is currently endangered by 12 individual dwellings as well as more auxiliary facilities that are generally concentrated in the central and central zone landslides, while in the blade part of the landslides are in a razed relationship. The slope is developed from the hipsometric slope of the slope, ie the local stream to the top of the reef (water zone), 521.78 m long and 60.0 m wide in the central part (clogged traffic road). For geotechnical drilling (10) boreholes, the Geotechnical Survey, which will serve as the basis for the design of rehabilitation within the exploration area, was performed. Based on the established engineering geological, hydrogeological, geotechnical, endogenous and geodynamic processes, an engineering geological map was made in the scale (1: 500) with the reanimation of the terrain according to the degree of stability, the prudential sheets of individual housing units with all relevant data. Recommendations and conditions for remediation of unstable and conditionally stable terrain are given.

Uvod

U naselju Lipovice u općini Kalesija, nalazi se veoma velika padina amfiteatarskog oblika koja se odlikuje različitim stepenom stabilnosti i zapadnom ekspozicijom. U maju 2014. godine u toku elementarnih nepogoda aktivirano je veće klizište koje je uticalo na oštećenje asfaltnog puta sa presjecanjem putne komunikacije naselja Lipovice-Meškovići. U središnjem dijelu aktiviranog klizišta u potpunosti je uništen objekat mekteba, ugrožavanje i oštećenje više individualno stambenih objekata (stare i novije) gradnje skoncentrisanih u čeonj i središnjoj zoni klizišta. Nakon aktiviranja klizišta u organizaciji općine Kalesija provedene su hitne interventne sanacione mjere koje su se ogledale u regulisanju i evakuaciji površinskih, oborinskih i fekalnih voda sa izradom otvorenih plitkih zemljanih kanala. Zbog prisutnog ujezeravanja i haotične isprekidane zavodnjenosti kliznog tijela, izvedeno je više koncentrisanih plitkih kanala preko tijela klizišta u središnjem dijelu sve do prirodnog usječenog kanala koji gravitaciono hipsometrijski drenira površinske, fekalne vode prema tzv. "Jovan potoku". Jovan potok predstavlja kolektor, drenirajući sve površinske i fekalne vode sa šireg područja. Usljed deficita masa, dio oštećenog, smaknutog puta u dužini od oko 60 m, nasipanjem drobljenog krečnjačkog materijala uspostavljena je putna komunikacije naselja Lipovice-Meškovići. Pomenuti put okomito presjeca pružanje padine tj aktivirano klizište.



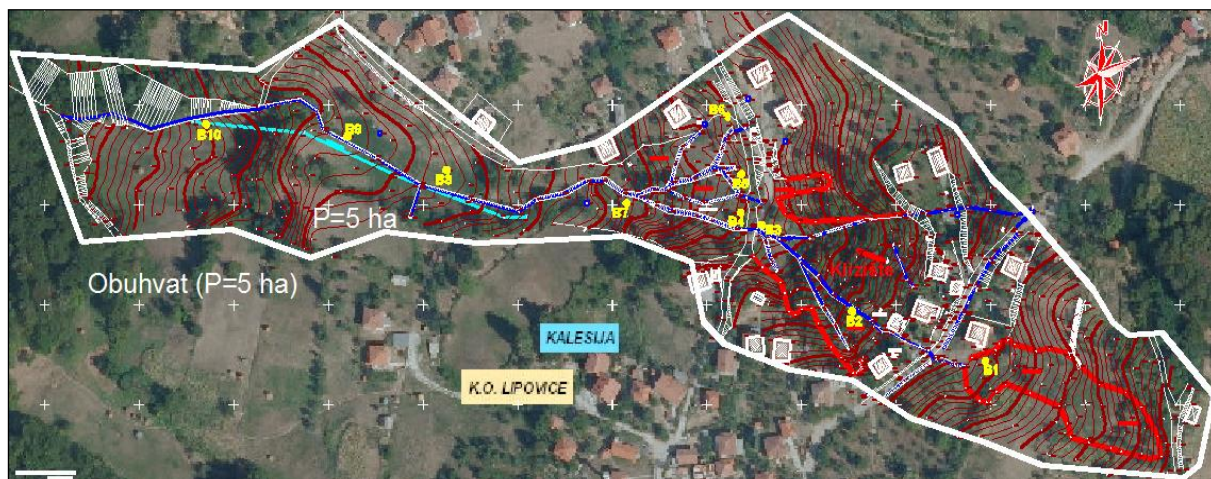
Slika 1. Prikaz a-b) nivelete puta Lipovice-Meškovići prije aktiviranja klizišta, smičuće deformacije sa denivelacijom (konkavnim udubljenjem puta), c-c') interventno-neadekvatno izvođenje propusta ispod puta, d-d') pravac aktivnosti klizišta. (Foto J. Čomić, januar 2018 godine).

Nakon izvedenih interventnih sanacionih mjera primjetna su reaktiviranja pojedinih dijelova klizišta sa denivelacijom trupa puta, premještanje, naguravanje kolvijalnog materijala i formiranje "trbušcastog" ispuščenja u središnjem dijelu klizišta. Interventno izvedeni propust ispod puta i plitko kopani drenažni kanali, vremenom su zarasli vegetacijom i zatpani čime je spriječena prohodnost istih. Geomehničkim ispitivanjima u središnjem dijelu klizišta utvrđena je višefazna aktivnost klizišta. Ustanovljen je visok nivo pojave vode (PV) i visok nivo (NV) mjerenjem nakon 24,48 h od izvršenog bušenja. Evidentirana je velika zavodnjenost pokrivača, bubrenje glina u gornjim horizontima pokrivača, stezanje bušotine tj obrazovanje klizne plohe kroz višefazno kretanje materijala preko geološkog supstrata. Dio amfiteatarske padine sa prosječnim nagibom do 12° (ako se izuzmu lokalna odstupanja) gdje se nalazi predmetno aktivirano klizište u istražnom obuhvatu na površini od 5 ha, trenutno ugrožava 12 individualno stambenih kao i više pomoćnih objekata koji su generalno skoncentrisani u čeonj i središnjoj zoni klizišta, dok se u nožičnom dijelu klizišta nalaze u razuđenom odnosu. Klizište je razvijeno od hipsometrijski nožičnog dijela padine tj. lokalnog potoka do vrha grebena (vododjelična zona), dužine 521,78 m i širine 60,0 m u središnjem dijelu (saobraćajnice zahvaćene klizištem). U cilju definisanja egzaktnih geotehničkih karakteristika u okviru istražnog obuhvata, izvršeno je geomehničko bušenje (10) bušotina. Na istražnom području prvo su provedeni reambulacija, rekognosciranje i upoznavanje sa problematikom predmetnog lokaliteta, lociranje geomehničkih bušotina, detaljno geodetsko snimanje istražnog terena u državnom koordinatnom sistemu R 1: 500.

Na osnovu utvrđenog inženjerskogeološkog i hidrogeološkog sastava i svojstava terena, stepena zastupljenosti egzogenih geoloških procesa i endogenih pojava, reonizacije terena, definisanog mehanizma klizanja, predstavljene su bitne preporuke i uslovi načina sanacije nestabilnog i uslovno stabilnog terena.

1. Geografske, geomorfološke karakteristike istražnog područja

U naselju Lipovice u općini Kalesija, nalazi se veoma velika padina amfiteatarskog oblika koja se odlikuje različitim stepenom stabilnosti i zapadnom ekspozicijom.



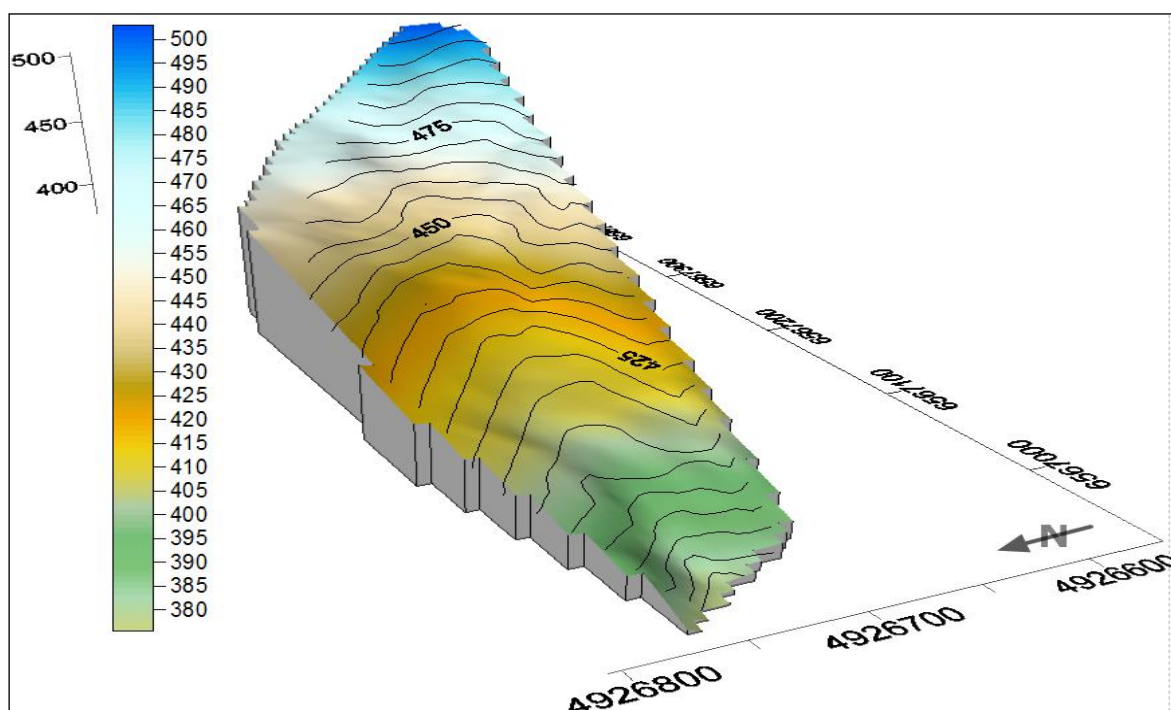
Slika 2. Prikaz istražnog obuhvata površine ($P=5$ ha).

Obuhvatom istraživanja koji je dat u (slika 2.) obuhvaćen je dio nestabilnosti koji predstavlja jednu morfogenetsku cjelinu, dok se u neposrednom okruženju u okviru velike amfiteatarske padine nalaze druga zasebna i djelimično spojena veća ili manja klizišta kao i labilne padine, koje utiču na oštećenja objekata u različitim dijelovima prostranog naselja Lipovice i pripadaju (posebnoj prostornoj cjelini za naredna istraživanja i sanaciju). Na širem području prema geomorfološkoj klasifikaciji koja je bitna prilikom oblikovanja predmetnog terena mogu se izdvojiti padinski oblici nastali padinskim procesima, fluvijalni reljef i antropogeni reljef. Geomorfologija istražnog područja predstavlja preduvjet svih procesa koji su vladali od prirodnih do antropogenih. Od morfometrijskih analiza upotrebljena je analiza visinskih odnosa (hipsometrija), vertikalne raščlanjenosti i nagib padine. Predmetni lokalitet prema obliku i uzdužnom profilu spada u uravnotežene, a prema poprečnom profilu padine sa konkavnim oblikom tj akumulacijske padine. U središnjem dijelu padine je razvijena tipična morfologija koja ukazuje da je veći dio terena nestabilan i da je zastupljeno konstantno i višefazno pomjeranje glinovitog i raskvašenog pokrivača preko tvorevina geološkog substrata. Prilikom istraživanja korištenjem topografske osnove - karte razmjere 1: 25 000 na način superpozicije sa Google Earth poslužila nam je da sagledamo i prikažemo konfiguraciju predmetnog terena u 3D modelu.



Slika 3. Prikaz 3D superpozicije (predmetnog lokaliteta-ground-level view).
Topografska "kozmetička" karta R 1: 25 000, preklopljena na Google Earth.

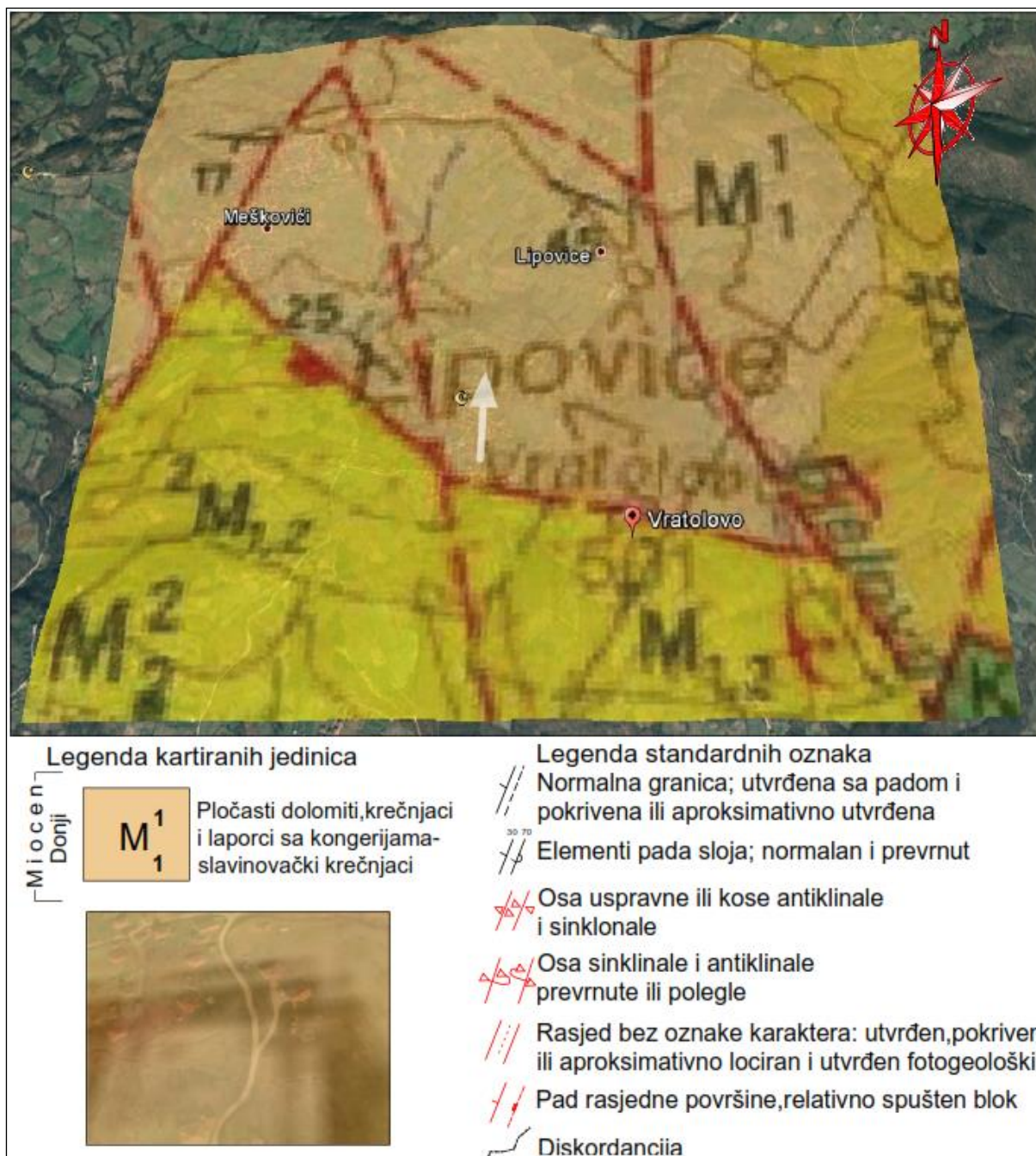
Digitalnim prikazom geomorfološkog modela istražnog područja, uočava se oblikovanje reljefa usljed procesa koji su vladali. Prirodni ugao nagiba padine iznosi $\alpha = 9^\circ$ - 14° .



Slika 4. Digitalni geomorfološki 3D model sa izohipsama terena.

2. Geološke karakteristike istražnog područja

Na osnovu podataka postojeće OGK R 1: 100 000-list Tuzla, (slika 5.), poslužila je pri stratigrafskom raščlanjenju zastupljenih tvorevina. Predmetni teren u geološkom smislu grade od bjeličasti do sivi laporci sa raspadnutim dolomitima, koji pripadaju miocenskim sedimentima (M_1^1).



Slika 5. Uvećani detalj OGK R 1: 100 000, (list Tuzla) sa satelitskom podlogom- (ground-level view).

Donji miocen (M_1^1)

Donjomiocenske tvorevine razvijene u faciji krečnjaka i laporaca „Slavinovića“, odnosno "lipovački krečnjaci" izgrađuju terene na područjima Slavinovići-Požarnica-Cviljevina i duž jugozapadnog i sjeveroistočnog ruba Majevičkog horsta, u Lipovačkom potoku i široj okolini Banj brda. Višegodišnjim ispitivanjima utvrđeno je da horizont "slavinovičkih i lipovačkih" krečnjaka stvaran u isto vrijeme kada i ugljevačka odnosno banovačka ugljonošna serija u jedinstvenom sedimentacionom basenu u kome su bile velike razlike u dubini vode i uslovima sedimentacije. Oni leže konkodantno, sa postupnim prelazom u sedimentno sonu formaciju. Donji miocen u tuzlanskom basenu u užem smislu započinje sivim, lijepo uslojenim laporima sa slobodno očuvanim moluscima rodova Bithinia i Limnea, preko kojih leže žuti pločasti krečnjaci u alternaciji sa laporcima, a zatim pločasti krečnjaci i dolomiti. Ukupne debljine donjomiocenskih naslaga ne prelaze 200 m, a često je i znatno manja. Ove naslage najbolje su proučene u Lipovačkom potoku u šibošničko-loparskom basenu. Prema zapadu prelaze u svjetlo sive lapore.

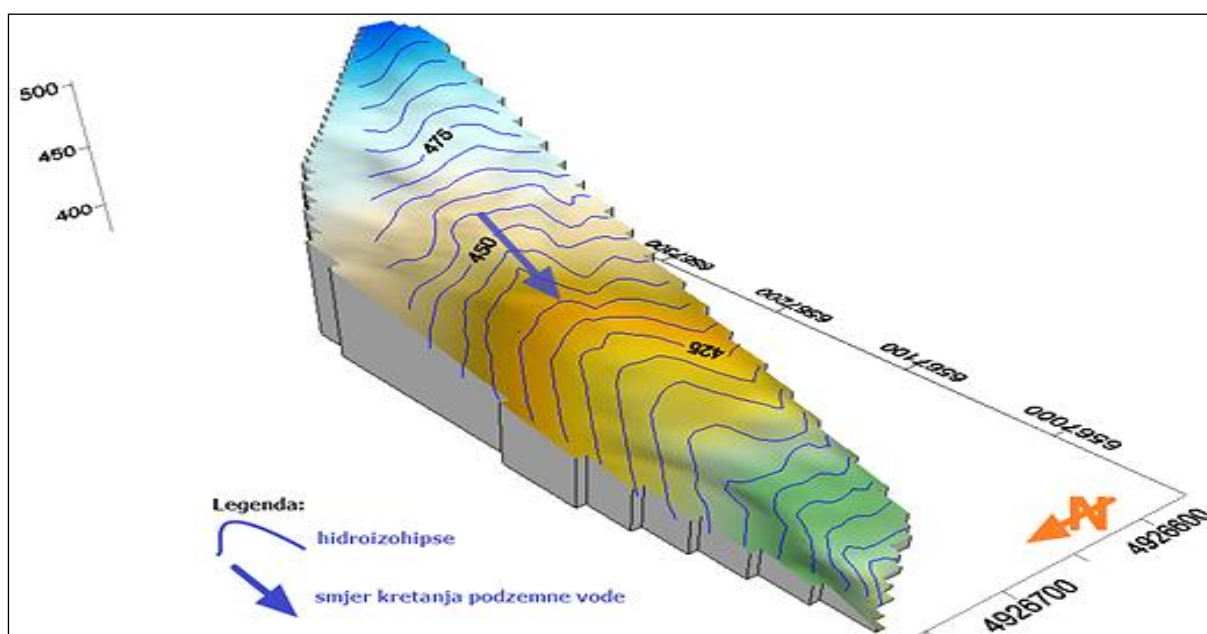
3. Hidrogeološke karakteristike istražnog područja

Hidrološke i hidrogeološke karakteristike predmetne padine analizirane su kako za potrebe utvrđivanja opštih inženjerskogeoloških svojstava terena, rekonstrukcije mehanizma klizanja, rejonizacije terena prema stepenu stabilnosti, tako i za potrebe sanacije predmetnog istražnog područja. U toku geomehantičkog ispitivanja vršeno je hidrogeološko osmatranje pojava podzemne vode koja djeluje u tlu, krajnje razine tj NPV, mjereno nakon 24,48 h od završetka ispitivanja. Geomehantičkim ispitivanjima u središnjem dijelu klizišta (bušotine B3, B4, B7, B9), utvrđena je višefazna aktivnost klizišta. Konstatovan je visok nivo pojave vode (PV) i visok nivo (NV) mjerenjem nakon 24,48 h od završetka ispitivanja. Utvrđena je velika zavodnjenost pokrivača, bubrenje glina u gornjim horizontima pokrivača, stezanje bušotine tj obrazovanje klizne plohe kroz višefazno kretanje koluvijalnog materijala preko geološkog supstrata. U toku kartiranja terena posvećena je pažnja kontinuiranim tokovima površinskih voda gravitaciono preko tijela klizišta, nastale usljed: nerješene odvodnje oborinskih voda sa asfaltnog puta Lipovice-Ibralići, neregulisanim vanjskim uređenjem oko individualno stambenih objekata, olučnih voda, kaptiranog izvora-javne česme u naselju, preliva iz hidrotehničkih objekata (bunara), fekalnih voda iz domaćinstava, difuzno procjeđivanje voda iz kliznog tijela ugrožavajući time individualno stambene objekte, putnu komunikaciju kroz naselje (Lipovice-Meškovići), šireći nestabilnost na dijelove terena koji se prema trenutnom stepenu stabilnosti nalaze na uslovno stabilnom i stabilnom terenu.

Navedeni uzroci narušavaju prirodnu ravnotežu predmetne padine i kretanja klizne mase pod neposrednim dejstvom gravitacije i razvoja tj. formiranja koluvijalnog procesa naročito izraženo usljed ekcesnog-ekstremnog hidrološkog režima.



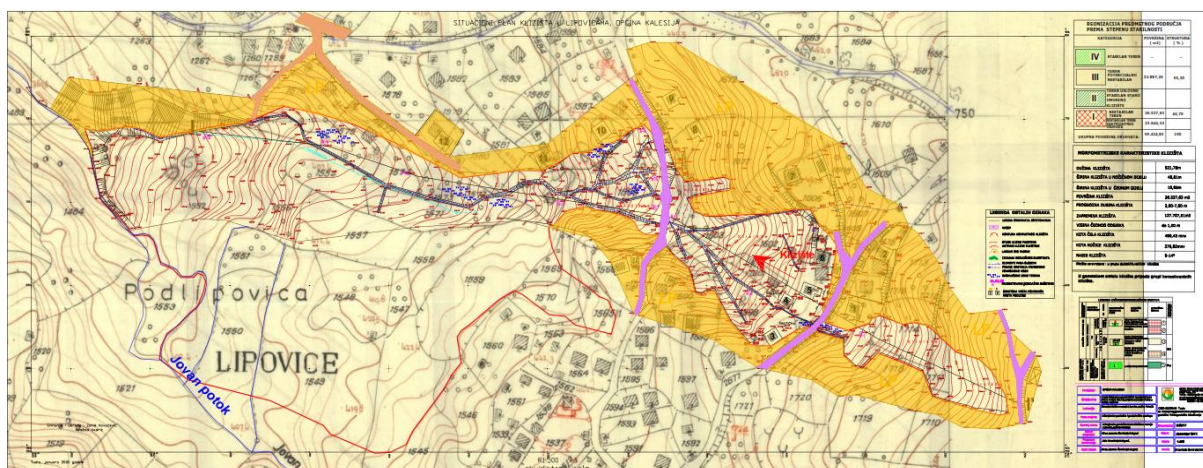
Slika 8. Prikaz neadekvatnog tretmana otpadnih voda iz domaćinstava i izvedenih preliva iz bunara.
(Foto J.Čomić, januar 2018 godine).



Slika 9. Hidrogeološki model "nestabilnog dijela padine u naselju Lipovice, općina Kalesija, sa prikazanim smjerom kretanja podzemne vode.

4. Inženjerskogeološke karakteristike istražnog područja

U sklopu terenskih istražnih radova nakon geodetski snimljenog terena pristupilo se inženjerskogeološkom kartiranju terena, a na osnovu dobijenih rezultata (nakon izvršenih geomehaničkih ispitivanja, hidrogeoloških istraživanja, laboratorijskih, izrađena je detaljna inženjerskogeološka karta u razmjeri 1: 500.



Slika 10 . Prikaz inženjerskogeološke karte istražnog obuhvata i georafencirane "kozmetičke" karte šireg područja koja nisu predmet ovih istraživanja. (Razmjera prilagođena formatu printanja).

Georeferenciranjem priložene IG karte šireg područja uočava se šira zona tj kontura klizišta, zahvata dio terena gdje nema izgrađenih individualno stambenih objekata i pripadaju (posebnoj prostornoj cjelini za naredna istraživanja i sanaciju). Na osnovu dobijenih rezultata na predmetnoj lokaciji izdvojeno je 5 inženjerskogeoloških jedinica od kojih jedna pripada geološkom substratu, a preostale četiri skupini pokrivača. Prema vrsti procesa na padini predmetno klizište spada u višegodišnje klizanje-puzanje kliznog tijela. Prema građi padine i položaju klizne površine klizište spada u kosekventna klizišta. Prema stanju aktivnosti je primireno. Prema distribuciji aktivnosti klizišta spadaju u regresivna. Prema brzini aktivnosti spadaju u vrlo spora klizišta.

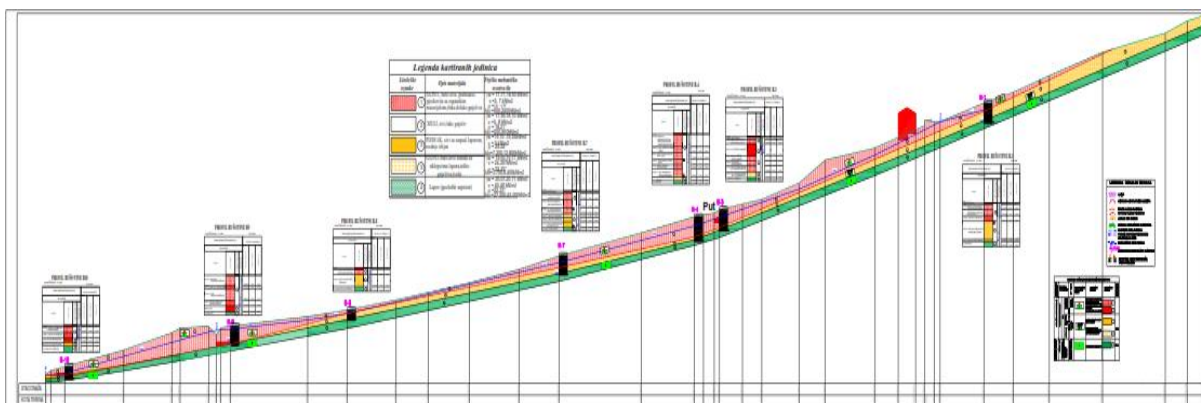
Morfometrijske karakteristike klizišta:

dužina klizišta	521,78 m;
širina klizišta u nožičnom dijelu	48,81 m;
Širina klizišta u čeonom dijelu	19,95 m;
površina klizišta	25.537,63 m ² ;
prosječna dubina klizišta	2,80-7,00 m;
zapremina klizišta	127.707,51 m ³ ;
visina čeonog odsjeka	do 1,00 m;
kota čela klizišta	499,43 mnv;
kota nožice klizišta	376,92 mnv;
nagib klizišta	9° – 14°.

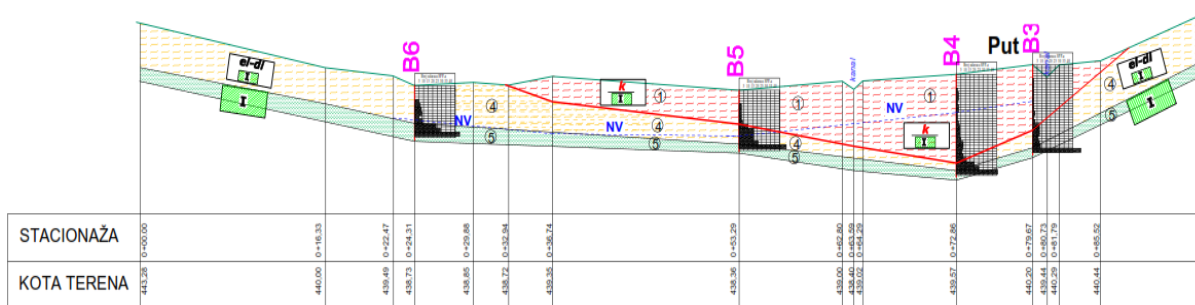
Prema veličini - površini kliznog tijela klizište spada u veliko. Prema zapremini kliznog tijela klizište spada u veliko. Prema morfologiji kliznog tijela spadaju u amfiteatarski tip klizišta. Prema mjestu iniciranja i priraštaju mase kliznog tijela i tipu razvoja klizište spada u delapsiona klizišta.

LEGENDA INŽENJERSKOGEOLOŠKOG SASTAVA							
LITOGENETSKA PRIPADNOST	GENETSKA PRIPADNOST		IG VRSTA	NUMEROLOŠKA OZNAKA NA KARTI	LITOLOŠKI SASTAV	LITOLOŠKIA OZNAKA	STRATIĞRAF. PRIPADNOST
LITOLOŠKI KOMPLEKSI (LC)	POLUVEZANI MATERIALI	TLO	KLIZIŠNI NANOS (k)		KOLUVIJALNI POKRIVAČ, GLINA ŽUTO SIVA SA KONKRECIJAMA ORGANS. MATERIJALA, ŽITKA, LAKO GNJEČIVA	①	
						②	
LITOLOŠKI KOMPLEKSI (LT)	VEZANI MAT.	SLABO DO DOBRO OKAMENJENE STIJENE SEDIMENTNE TVOREVINE	P O K R I V A Č I ELUV.DEL. (el-dl)		GLINE SMEĐE SIVA, PJEŠKOVITAPOROVITA SREDNJE I TEŠKO GNJEČIVA GLINE SIVO SMEĐA SA UKLOPCIMA LAPORA, TEŠKO GNJEČIVA I ČVRSTA	③	(Q ₂)
						④	
LITOLOŠKI KOMPLEKSI TIP (LT)	VEZANI MAT.	GEOLOŠKI SUBSTRAT (OSNOVNA PODLOGA)			LAPORI SIVI, PJEŠKOVIT	⑤	(² M ₃)

Slika 11. Legenda inženjerskogeološkog sastava



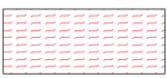




Slika 12. Podužni profil klizišta I-I'. (Razmjera prilagođena formatu printanja).



Slika 13. Poprečni profil terena II-II'. (Razmjera prilagođena formatu printanja).

Geotehnički parametri za proračune

Tabela 1. Geomehantički parametri za proračun.

<i>Litološke oznake</i>	<i>Opis materijala</i>	<i>Fizičko mehanička svojstva tla</i>
 ①	GLINA, žuto-siva, prašinsto-pjeskovita sa organskim materijalom, žitka dolako gnječiva	$\gamma_w = 17,77-18,50 \text{ kN/m}^3$ $c = 3-7 \text{ kN/m}^2$ $\varphi = 16-19^\circ$ $Mv = 600-2400 \text{ kN/m}^2$
 ②	MULJ, sivi, lako gnječiv	$\gamma_w = 17,99-18,10 \text{ kN/m}^3$ $c = 3-8 \text{ kN/m}^2$ $\varphi = 19^\circ$ $Mv = 600-900 \text{ kN/m}^2$
 ③	PIJESAK, sivi sa raspad. laporom, srednje zbijen	$\gamma_w = 19,10-19,35 \text{ kN/m}^3$ $c = 0 \text{ kN/m}^2$ $\varphi = 29-34^\circ$ $Mv = 7.200-12.800 \text{ kN/m}^2$
 ③	GLINA žuto, sivo smeđa sa uklopcima lapora, teško gnječiva, tvrda	$\gamma_w = 19,50-19,77 \text{ kN/m}^3$ $c = 24-267 \text{ kN/m}^2$ $\varphi = 23-25^\circ$ $Mv = 3.750-8.400 \text{ kN/m}^2$
 ④	Lapor (geološki supstrat)	$\gamma_w = 20,07-20,11 \text{ kN/m}^3$ $c = 40-46 \text{ kN/m}^2$ $\varphi = 22-23^\circ$ $Mv = 27.200-43.000 \text{ kN/m}^2$

5. Prijedlog sanacije

Izrada drenažnog sistema, glavnog drena i sekundarnih drenova. Riješiti odvodnju površinskih voda kartiranih akumulacija. Ispod izvedenih saobraćajnica projektovati i izvesti propuste. Izvedene postojeće bunare, upojiti preljeve u drenažni sistem. Riješiti kanalizacionu mrežu za odvodnju fekalnih i otpadnih voda u naselju. Izvršiti inspeksijsku provjeru izvedenih septičkih jama. Sanaciju glavnog puta izvesti sa AB bušenim šipovima čija 1/3 šipa mora biti uklještena u sloj geološkog supstrata. Po završenim sanacionim radovima površinu terena planirati tako da se ne formiraju zabarenja i akumulacije vode.

6. Zaključak

Na osnovu provedenih inženjerskogeoloških i geomehantičkih istraživanja, utvrđenog inženjerskogeološkog i hidrogeološkog sastava i svojstava terena, stepena zastupljenosti egzogenih geoloških procesa i endogenih pojava, reonizacije terena prema stepenu stabilnosti, definisanog mehanizma klizanja, predstavljene su bitne preporuke i uslovi načina sanacije nestabilnog i uslovno stabilnog terena. Provođenjem sanacionih mjera treba uspostaviti generalnu stabilnost klizišta i naseljskog puta, kako bi u narednoj fazi lokalno stanovništvo moglo sigurno i konačno sanirati svoje objekte.

Reference

1. Nonveiller, E., 1987.: Klizanje i stabilizacija kosina, Školska knjiga, Zagreb.
2. Rokić LJ. 2011; Fizička geologija, Nacionalna i univerzitetska biblioteka COBISS BiH –ID 19008006.
3. Mihalić, S., 2007.: Osnove inženjerske geologije, (Interna skripta), RGN fakulteta, Zagreb.
4. Soklić, I.; 1964, Postanak i struktura tuzlanskog bazena, Geološki glasnik.

GEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA KAO PREDSTUDIJA ZA IZRADU URBANISTIČKIH PLANOVA NEKAD I SAD

**Mr Petar Begović, dipl.inž.geol, Branko Ivanković, dipl.inž.geol., Prof. dr Aleksej Milošević,
dipl.inž.geol.,**

Ključne riječi: Geološke podloge, urbanističko planiranje, geološka istraživanja, geološki uslovi za planiranje prosotora

Abstrakt

Područja koja su kompromitovana savremenim geološkim procesima i pojavama, predstavljaju izazov za Urbanističko planiranje. Geološka faza u planiranju tih područja predstavlja jednu od najvažnijih analiza od koje zavisi realizacija plana i njegova izvodljivost. Da bi se moglo pristupiti pravilno tj. optimalno ka izradi geoloških podloga u Urbanističkim planovima neophodna su određena geološka istraživanja koja bi bila usmjerena ka definisanju geoloških karakteristika terena u širem smislu.

Za potrebe izrade Urbanističkog plana Banjaluke izvršena su obimna geološka istraživanja kako bi se definisale sve relevantne geološke karakteristike terena na osnovu kojih su postavljene smjernice tj. uslovi za planiranje i izgradnju područja koja su pokrivena Urbanističkim planom. Sadašnja praksa izrade Urbanističkih planova ne predviđa izvođenje geoloških istraživanja na nekom području. Geološke faze se svode na formalnu fazu jer se ne ostavlja dovoljno budžeta ni vremena za provođenje adekvatne analize. Zbog toga često imamo planska rješenja u suprotnosti sa stanjem na terenu, što planska odnosno tehnička rješenja čini preskupim i neizvodljivima, a planove je nemoguće realizovati pa se postavlja pitanje kome trebaju takvi planovi.

REZULTATI GEOLOŠKIH I GEOTEHNIČKIH ISTRAŽIVANJA ZA NIVO GLAVNOG GRAĐEVINSKOG PROJEKTA REGIONALNE DEPONIJE „KALENIĆ” – I FAZA GRADNJE

Dragana Savic¹, Petar Isaković², Dejan Živković¹ Dejan Nikolić¹,

¹) Geoing Group, Beograd, SRBIJA, e-mail: d.savic@geoing.rs, d.zivkovic@geoing.rs
d.nikolic@geoing.rs

²) Enviro System, Bulevar Kralja Aleksandra br. 300/15, 11000 Belgrade, SRBIJA,
petar.isakovic@enviro-system.rs

Keywords: Municipal Waste, Municipal Waste Landfill, Open Pit Mine, Geological Exploration, Reclamation

Summary:

The planned location for the regional municipal waste landfill „Kalenić” is situated on the territory of the municipality of Ub and Lajkovac and sanitary disposal of non-hazardous municipal waste in eleven cities and municipalities is predicted by its construction. The planned location is defined by the General Regulation Plan of Area of TPP „Kolubara B”, at the site of a former opencast mine „Tamnava – West Field” of Kolubara mining basin in the southern zone of General Regulation Plan. This is the best of three alternative locations for the establishment of a regional center. The paper presents a detailed surveys done in order to consider the geological, geotechnical and hydro-geological characteristics and settings of the intended location for the construction of a regional landfill „Kalenić”, and for the purposes of the Main Project.

1. Uvod

Danas su problemi koje stvara komunalni čvrst otpad izjednačeni sa problemima koje stvara industrijski otpad i saobraćaj. Polovina komunalnog čvrstog otpada koja se stvara u svetu odlaze se haotično na neuređenim prostorima pri čemu se ne primenjuje nijedan tehničko-tehnološki proces u smislu zaštite životne sredine. Pri ovakvom odlaganju čvrstog komunalnog otpada nastaju kontaminirane procedne vode koje zagađuju podzemne i površinske vode, kao i geosredinu. Dekontaminacija ovih sredina je tehnički veoma složena, ograničena i skupa. U razvijenim zemljama nastoji se da se čvrsti komunalni otpad odlaze isključivo na sanitarnim deponijama koje predstavljaju prostorno, urbanistički i inženjersko uređen prostor. Odlaganje se vrši doslednom primenom propisane tehnologije čime se eliminiše zagađivanje vazduha, voda i geosredine, nastojeći da se postigne maksimalna moguća zaštita postojećeg ekosistema [1].

Definicija deponije data je u „Strategiji upravljanja otpadom za period 2010.-2019. godine” prema kojoj je deponija „mesto za odlaganje otpada na površini ili ispod površine terena”. Bez obzira što se deponija definiše kao „mesto”, ona svakako predstavlja građevinu koja sa pratećim objektima, pored ekonomskih i ekoloških aspekata, treba da ispuni i opšte tehničke zahteve za gradnju [2].

Uredba o odlaganju otpada na deponije objavljena Sl. Glasniku RS br. 92/ 2010 imala je za cilj donošenje novih zakonskih odredbi o uslovima i kriterijumima za određivanje lokacije, tehničko-tehnološkim uslovima za projektovanje, izgradnju i rad deponija. Uredba je urađena u saglasnosti sa najnovijim direktivama Evropske unije o odlaganju neopasnog i opasnog otpada. Predviđeno je da se u budućnosti komunalni čvrsti otpad u Republici Srbiji odlaže samo na sanitarnim deponijama [3]. Za lokacije se biraju lokaliteti koji nisu upotrebljivi za stanbenu ili industrijsku gradnju, a ni kao poljoprivredno zemljište (umirena klizišta, napušteni majdani, površinski kopovi, rudničke jame, močvarno zemljište, jaruge i uvale). Prilikom izbora lokacije za izgradnju sanitarne deponije geološka istraživanja moraju da utvrde opšte geomorfološke karakteristike terena, hidrogeološke uslove sredine, inženjerskogeološke karakteristike terena i seizmološke karakteristike oblasti.

U Studiji za izbor mikrolokacije Regionalnog centra za upravljanje otpadom (IAUS, 2005), identifikovane su tri alternativne lokacije: PK „Tamnava-Zapadno polje” (Kalenić), Bogdanovica (Ub) i Carić (Valjevo). Nakon vrednovanja kandidovanih lokacija, izabrana je lokacija PK „Tamnava-Zapadno polje” (Kalenić) kao najpovoljnija za uspostavljanje regionalnog centra, slika 1 [4].

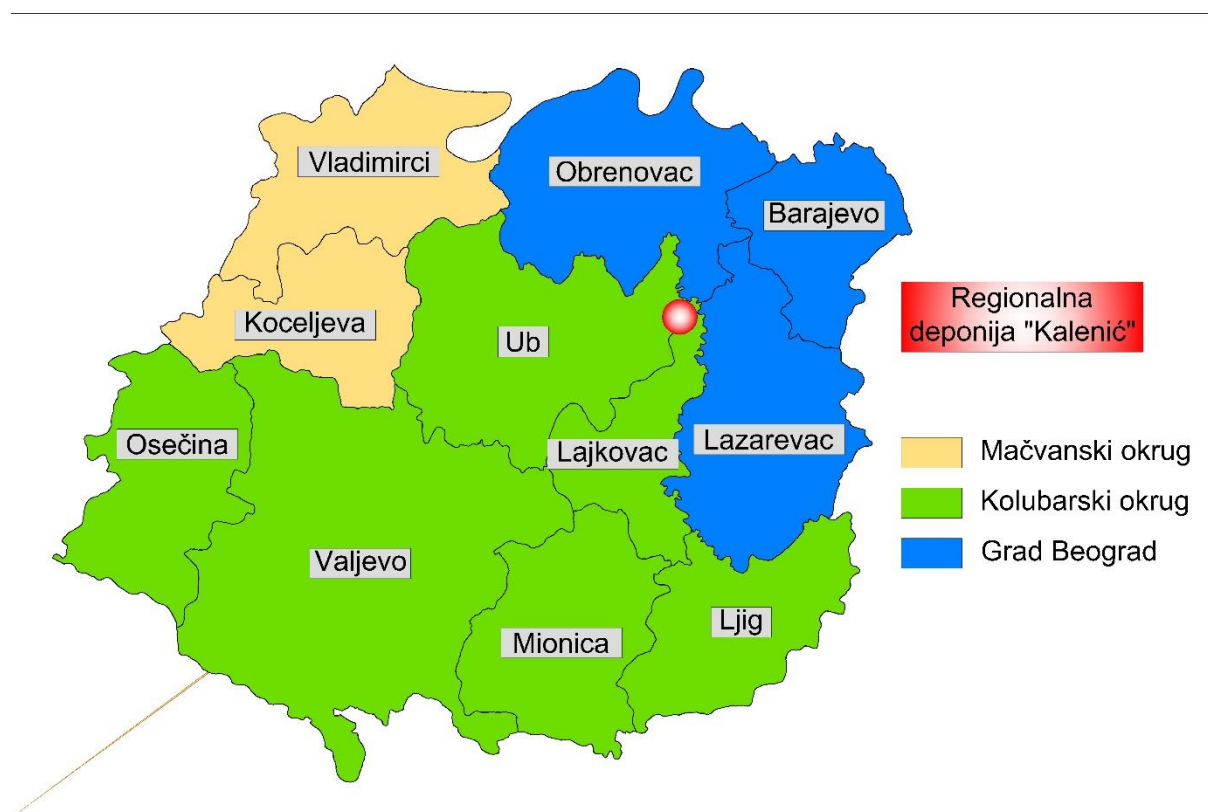


Slika 1: Lokacija regionalne deponije „Kalenić“

Kompleks buduće regionalne sanitarne deponije komunalnog i neopasnog otpada za 11 opština Kolubarskog okruga predviđen je na lokaciji Kalenić, na udaljenosti od oko 13 km vazдушnom linijom severoistočno od centra Uba i oko 5,8 km severozapadno od Velikih Crljena.

Planirana lokacija za regionalnu sanitarnu deponiju komunalnog i neopasnog otpada „Kalenić“ nalazi se na teritorijama opština Ub i Lajkovac, u neposrednoj blizini četvoromeđe opština Ub, Lajkovac, Lazarevac i Obrenovac, u dolini reke Kladnice i u neposrednoj blizini termoelektrane „Kolubara B“, slika 2. Ovom regionalnom centru za upravljanje komunalnim otpadom gravitira jedanaest gradova i opština, koji zajedno čine Kolubarski region za upravljanje otpadom. Sa

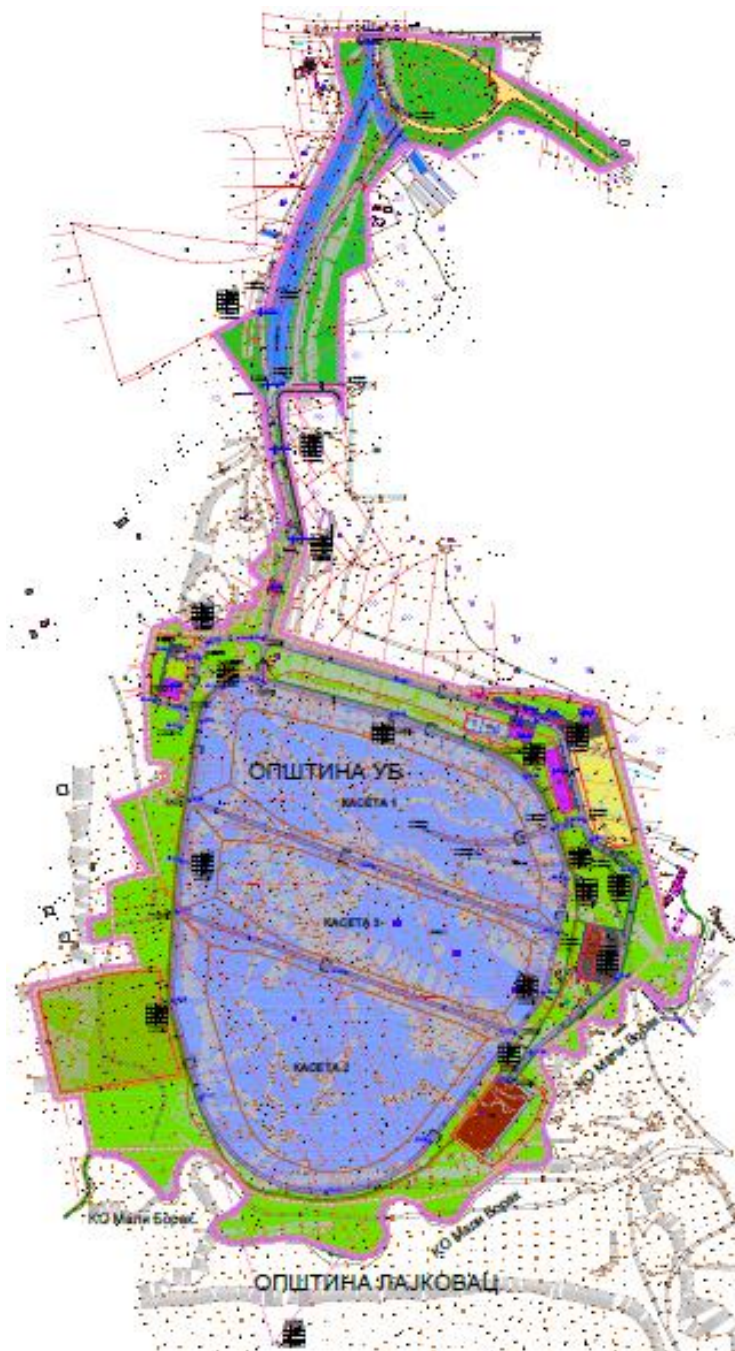
područja Kolubarskog upravnog okruga planirano je dovoženje komunalnog (neopasnog) otpada iz grada Valjeva i opština Lajkovac, Ljig, Mionica, Osečina i Ub, sa područja Mačvanskog upravnog okruga iz opština Vladimirci i Koceljeva, a sa područja grada Beograda iz opština Barajevo, Lazarevac i Obrenovac. Prema poslednjem popisu stanovništva, na teritoriji ovih jedanaest opština živi ukupno 363.360 stanovnika. Procenjena prosečna godišnja količina mešovitog komunalnog otpada koji će se odlagati na deponiju je oko 120.000 t/god. Ukupna zapremina tela deponije u I fazi je oko 1.400.000 m³. Projektovani životni vek tela deponije u I fazi je oko 9 godina.



Slika 2: Situacioni prikaz gradova i opština koji gravitiraju ka regionalnoj deponiji „Kalenić”

2. Vrste i obim izvedenih kompleksnih geoloških istraživanja na području regionalne deponije (neopasnog) komunalnog otpada „Kalenić“ za nivo Glavnog građevinskog projekta - I faza

Urbanističkim rešenjem kompleksom deponije obuhvaćen je prostor za infrastrukturni koridor, liniju separacije, dezinfekciono postrojenje za vozila, upravnu zgradu i postrojenja za tretman građevinskog otpada. Centralni deo kompleksa regionalne deponije namenjen je za telo deponije, za koje je predviđena fazna izgradnja, slika 3. Predmetni projekat obuhvata izgradnju I faze tela deponije koja je dodatno podeljena na tri kasete, kako bi se maksimalno redukovalo stvaranje procednih voda. Prethodnom dokumentacijom je planirano da se telo regionalne deponije „Kalenić“ razvija u tri faze, relativno ujednačenih kapaciteta i oblika.



Slika 3. Urbanističko rešenje regionalne deponije komunalnog otpada „Kalenic“

Telo deponije je sačinjeno od sanitarne kade koja je dodatno podeljena na još tri kasete. Kosine tela deponije su projektovane sa nagibima kosina od 1:2 i 1:2,5. Ukupna površina tela deponije u I fazi je oko 76.000 m² u gornjem obimu (u ravni linije okolnog terena), odnosno oko 49.000 m² u donjem obimu (u ravni dna tela deponije). Telo deponije je u I fazi podeljeno na tri kasete ujednačenih površina odnosno kapaciteta. Svaka od tri kasete se dodatno još deli na 4 sektora, svaki od sektora ima svoju drenažnu cev za prihvatanje i evakuaciju procednih voda iz tela deponije. Dno projektovane deponije je pod nagibom od severoistoka ka jugozapadu, tako da su projektovane završne kote dna deponije od 77 mm do 75,00 mm. Za prihvat procednih voda su projektovani vodonepropusni bazeni ukupne zapremine od oko 7.800 m³.

Rezultati geoloških, geomehaničkih i hidrogeoloških istraživanja objedinjeni rezultatima prethodnih faza istraživanja, trebalo je da utvrde neophodne karakteristika terena za nivo Glavnog građevinskog projektovanja – I faza, a u cilju dobijanja odgovora na sledeća pitanja:

- Debljinu pojedinih litoloških članova, njihovo lateralno rasprostranjenje i genezu;
- Litološki sastav, sklop terena i stepen fizičko-hemijske raspadnutosti;
- Inženjerskogeološke i hidrogeološke karakteristike terena i zastupljenih stenskih masa (hidrogeološka funkcija u sklopu terena, veličine koeficijenta filtracije, vrste izdani, količina i poreklo vode, pravac kretanja izdani);
- Hidrohemijska svojstva podzemnih voda (hemijski sastav, agresivnost na građevinske materijale);
- Stepem razvoja savremenih geodinamičkih pojava;
- Fizičko-mehanička svojstva zastupljenih stenskih masa;
- Uslove izvođenja građevinskih objekata, stabilnost veštačkih kosina, fundiranje nasipa i građevinskih objekata, analizu interakcije tela deponije sa podlogom.

Prema metodološkim postupcima izvedeni su sledeći terenski i laboratorijski istražni geološki, inženjerskogeološki i hidrogeološki radovi:

a) Terenski istražni radovi

1. Inženjerskogeološko i hidrogeološko kartiranje terena;
2. Instrumentalno lociranje i geodetsko snimanje istražnih bušotina, raskopa (jama) i „šliceva” na projektovanim pozicijama;
3. Istražno bušenje vertikalnih bušotina;
4. Inženjerskogeološko kartiranje bušotina;
5. Uzimanje uzoraka tla i stena za laboratorijska geomehanička iz istražnih bušotina, istražnih raskopa i „šliceva”;
6. Ugradnja 3 pjezometarske konstrukcije;
7. Refrakciona seizmička ispitivanja;
8. Uzimanje uzoraka za hemijska ispitivanja vode (iz akumulacije, pjezometara i reke Kladnice);
9. Iskop i inženjerskogeološko kartiranje istražnih raskopa „šliceva”;
10. Opiti standardne penetracije (SPT);
11. Određivanje parametara vodopropustljivosti „IN SITU”.

b) Laboratorijski radovi

1. Laboratorijska geomehanička ispitivanja;
2. Hemijska ispitivanja uzoraka vode.

c) Kabinetski radovi

1. Prikupljanje i izučavanje fondovskog materijala o dosadašnjim istraživanjima na širem istražnom području (sinteza i analiza sve raspoložive geološke, geotehničke i hidrogeološke dokumentacije, kako one vezane za problematiku izgradnje same deponije, tako i dokumentacije koja se odnosi na površinski kop);
2. Geotehnički proračuni;

3. Izrada elaborata o rezultatima istraživanja sa zaključcima i preporukama.

Dokument: Elaborat o izvedenim detaljnim geološkim, geomehaničkim i hidrogeološkim istraživanjima na području regionalne deponije (neopasnog) komunalnog otpada „KALENIĆ” za nivo idejnog projekta I Faza [5], predstavlja dokument koji je namenski urađen za potrebe formiranja regionalne deponije „Kalenić”, čiji rezultati su sintetizovani sa ispitivanjima i istraživanjima tokom 2019. godine [6].

3. Rezultati istraživanja i ispitivanja

Izvedeni terenski i laboratorijski istražni geološki, inženjerskogeološki i hidrogeološki radovi, dali su sledeće rezultate:

- 1) Površinsko iskopavanje uglja je u potpunosti izmenilo reljef područja i stvorene su specijalne geomorfološke karakteristike područja – takozvani antropogeni reljef. Hipsometrijski gledano, u severnom delu prostora predviđenog za telo deponije dominira brdo odloženog materijala na kojem su kote terena od 100,59 – 94,00 mnm. Najniži deo terena je na prostoru oko akumulacije – jezera, gde se kote obale kreću oko 65 mnm.
- 2) U oblasti Tamnava Zapad, glavni vodotok je reka Kladnica koja se davno pretvorila u vodotok sa isprekidanim tokom. Vodotok Kladnice se kontroliše, i značajno smanjuje u odnosu na prirodnu zapreminu. Takav režim rada Kladnice kao primarnog recipijenta otpadnih voda iz buduće deponije nameće potrebu za izgradnjom tehnički optimalnog i strogog sistema prerade otpadnih voda deponije. Takođe, neophodno je primeniti standardne mere za održavanje toka u vidu kontrole rasta vegetacije u koritu reke i sprečavanja odlaganja otpada u korito reke.
- 3) Geološku građu buduće deponije čine sedimenti paleozoika i mezozoika (paleoreljef), dok je sama lokacija izgrađena od neogenih (pontskih), kvartarnih sedimenata i veštačkih antropogenih tela - odlagališta.
- 4) Detektovani hidrogeološki članovi imaju različite hidrogeološke karakteristike koje variraju od skoro vodonepropusnih ($K_f = 1 \times 10^{-10}$ m/s) do jako vodopropusnih stenskih masa ($K_f = 1 \times 10^{-3}$ m/s). Na osnovu filtracionih karakteristika i prostornog položaja mogu se izdvojiti stene sa sledećim hidrogeološkim funkcijama:
 - *povlatnih propusnih sredina*: – litofacijalne jedinice koeficijenta filtracije u granicama od $K_f = 1 \times 10^{-8}$ m/s do $K_f = 1 \times 10^{-5}$ m/s, kvartarne, prašinate gline u povlati rečno-jezerskih i rečnih vodonosnih sredina (7a)
 - *hidrogeološkog kolektora*: – litofacijalne jedinice izražene koeficijentom filtracije većim od $K_f = 1 \times 10^{-5}$ m/s, podinski sitnozrni do srednjezrni kvarc-liskunski peskovi (1); međuslojni sitnozrni i srednjezrni, ređe krupnozrni, peskovi u neposrednoj povlati podinskog ugnjenog sloja – serije, odnosno u podini glavne ugljene serije (1a); rečni šljunkovi, peskoviti šljunkovi i peskovi (5,6).
 - *međuslojnih polupropustnih sredina*: – slojevi uglja debljine do 10 m, koeficijenta filtracije u granicama od $K_f = 1 \times 10^{-6}$ m/s do $K_f = 1 \times 10^{-5}$ m/s.
 - *hidrogeološkog izolatora*: aluvijalne žutomrke gline (7b), sivoplave gline (7c), kompaktni ugljeni sloj debljine veće od 10 m (2).

Formirana odlagališta u okviru regulacione linije (veštačka antropogena tela), po svom sastavu i načinu odlaganja su teško predvidivih permeabilnih svojstava i ne mogu se smatrati vododrživom sredinom.

- 5) Formirana akumulacija - jezero na lokaciji predviđenoj za izgradnju deponije potiče od površinskih voda (atmosfera) i voda podinske izdani. Pojava podzemne vode na površini terena, je posledica devastiranja terena i uklanjanje povlatnih izolatora, pa podzemne vode, prema hidrogeološkim i hidrodinamičkim odlikama predmetnog terena, nemaju prirodnu zaštitu od zagađenja. Apsolutna visina vodenog ogledala na prostoru predmetne lokacije izmerena je 15.06.2019. godine na koti 71,22 mnm. Apsolutna visina vodenog ogledala na prostoru predmetne lokacije pre poplave površinskog kopa Tamnava – Zapadno polje (maj 2014.) izmerena je 21.10.2013. godine na koti 65,34 mnm. U navedenom vremenskom periodu, vodeno ogledalo je značajno povećalo svoju površinu (sa 17821,71 m² na 36645 m²), dok je nivo vode u jezeru povišen za 5,88 m. Naveden podatak dokazuje da je sa udaljavanjem linije rudarskih radova došlo do postepenog porasta nivoa podzemnih voda na lokaciji regionalne deponije „Kalenić”, što nameće neophodnost uključivanja drenažnih bunara za odbranu lokacije deponije od visokih nivoa podzemnih voda ispod tela regionalne deponije, koji uvek treba da se nalazi ispod kote 70 mnm.
- 6) Za davanje nedvosmislene prognoze režima izdani u dužem periodu, urađen je nov hidrodinamički model [7]. U njemu su unete prognoze i planovi razvoja i odvodnjavanje kopa za zadati period, kao i varijantni proračuni rada drenažnih bunara i analize porasta nivoa podzemnih voda kao posledice isključenja bunara iz rada (havarijskim, ili tokom regeneracije objekta). Hidrogeološki model je definisao dinamiku promene režima podzemnih voda u zoni buduće regionalne deponije „Kalenić”.
- 7) Na osnovu inženjerskogeoloških odlika ovog prostora izdvojene su tri celine-kompleksa, a u okviru njih sredine koje se razlikuju po svojim inženjerskogeološkim osobinama. Posmatrano od površine terena pa do dubine koje će biti u interakciji sa budućim objektima i telom deponije izdvojeno je:
 - Unutrašnje odlagalište jalovine (sredina O_{g,p,s}, O_a, O_u i O_p), izgrađeno od nasutog materijala anizotropnog litološkog sastava (alevritskog, glinovitog, peskovitog i šljunkovitog) i fizičko - mehaničkih svojstava.
 - **Kvartarne gline (sredina al_g 7a, al_{gp} 7b, al_{gp} 7c i al_{gp} 7d**
 - **Aluvijalni šljunkovi i peskovi**
 - **Ugalj (sredina ²M₃² sredina 2**
 - **Pesak međuslojni (sredina 1a) i podinski (sredina 1)**
- 8) Analizom inženjerskogeološke građe, načina pojavljivanja i stanja stenskih masa, kao i njihovih fizičko - mehaničkih i hidrogeoloških svojstava, izvršena je kategorizacija terena prema stepenu stabilnosti. Analiza je sadržavala prognozu razvoja i širenja ovih pojava na terenu izgrađenog od stena lošijih vrednosti parametara fizičko - mehaničkih i vodno-fizičkih svojstava. Odlagani materijali heterogenog sastava, podložni su planarnoj i linijskoj eroziji, kao i lokalnom otkidanju delova kosina, pa je pri jačim i obilnijim kišama moguća pojava jaružanja kosina nasutog materijala. Pre iskopa, teren se mogao okarakterisati kao stabilan. U današnjim uslovima, sve otvorene završne kosine iskopa i kosine odlagališta, su u uslovno stabilnom stanju.

- 9) Prostor koji je predviđen za izgradnju RD(N)KO „Kalenić” nalazi u zoni intenziteta MSK-64 7° za povratni period od 50 godina, u zoni intenziteta MSK-64 8° za povratni period od 200 godina, odnosno zoni intenziteta MSK-64 9° za povratni period od 1000 godina. Pošto se seizmo otpornost projektovanih objekata na području deponije za fazu Glavnog projekta određuje bez seizmičke mikrojejonizacije uslova fundiranja, (refrakciona seizmička ispitivanja i seizmološka analiza sa ocenom seizmičkog hazarda i rizika u ovoj fazi nisu predviđene Projektom istraživanja), polazni osnov za ocenu seizmičnosti je oleata seizmološke karte za povratni period od 500 godina. Zemljotresnom intenzitetu osmog stepena u Pravilniku odgovara koeficijent seizmičnosti $k_s = 0,050 - 0,055$.

4. Diskusija

U ovom poglavlju osvrnućemo se na dobijene rezultate geostatičkih i hidrodinamičkih proračuna koji su od značaja za telo regionalne deponije i date geotehničke preporuke za izgradnju. Kod proračuna sleganja nasipa sprovedene su sledeće analize:

- Stabilnosti kosina nasipa, različitih visina, pod uslovom da se grade od odlaganog peskovitog materijala na samoj lokaciji;
- Prognoze sleganja visokih nasipa na podlogama različite stišljivosti;
- Proračun konsolidacionog sleganja dna deponije i
- Stabilnost kosina tela deponije.

Analize stabilnosti kosina nasipa vršene su korišćenjem *Bishop-ove* metode. Analizirano je više mogućih kliznih površina, s tim što je prikazana ona sa najmanjim faktorom sigurnosti. Izbor geotehničkih parametara sredina, je izvedeno na osnovu ukupnih terenskih i laboratorijskih geomehaničkih ispitivanja, kao i na osnovu raspoloživog fonda literaturnih podataka iz istih ili, po svojstvima, vrlo sličnih stenskih masa. U narednoj tabeli 1. su date vrednosti geotehničkih parametara korišćeni za proračun sleganja nasipa.

Tabela 1. Geotehnički parametri korišćeni za proračun sleganja nasipa

LITOLŠKA SREDINA		GEOTEHNIČKI PARAMETRI
<i>n</i>	<i>Kameni nabačaj</i>	$\gamma = 18,0 \text{ kN/m}^3$, $\varphi = 36^\circ$, $c = 0 \text{ kPa}$, $M_V = 25000 \text{ kPa}$
<i>O</i>	Odlagan peskovit materijal (Op)	$\gamma = 16,30 \text{ kN/m}^3$, $\varphi = 38^\circ$, $c = 10 \text{ kPa}$, $M_V = 21500 \text{ kPa}$
$^2M_3^2$	Međuslojni pesak (1a)	$\gamma = 19,50 \text{ kN/m}^3$, $\varphi = 37^\circ$, $c = 13 \text{ kPa}$, $M_V = 11000 \text{ kPa}$
	<i>Podinski pesak (1)</i>	$\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$, $\varphi = 39^\circ$, $c = 5 \text{ Pa}$, $M_V = 16000 \text{ kPa}$

- Analiza stabilnosti je urađena za slučaj mirnog opterećenja (bez zemljotresa) i za slučaj sa zemljotresom, gde je uticaj zemljotresa simuliran dodavanjem horizontalnih i vertikalnih sila.
- Postavljeni kriterijum minimalnog faktora sigurnosti usvojeni su na osnovu Pravilnika o tehničkim zahtevima za nasipe.
- Kod proračuna uzet je u obzir negativni uticaj podzemne vode na stabilnost kosine.
- Rezultati proračuna su prikazani u tabeli 2.

Tabela 2. Rezultati proračuna stabilnosti nasipa

Profil	Stanje	Opterećenje	Faktor sigurnosti Bishop (Slide)	Komentar
A-A'	Projektovano stanje kosine za deponiju Kalenić	Mirno	1.546	Proračun pokazuje da je projektovana završna kosina stabilna.
		Dinamičko	1.219	Proračun pokazuje da je projektovana završna kosina stabilna

Na osnovu sprovedenih analiza stabilnosti projektovanih kosina na deponiji Kalenić može se zaključiti da opterećenja nasipa usled kamionskog transporta komunalnog otpada nema uticaj na stabilnost projektovanih kosina (jer je $F_s > 1.2$).

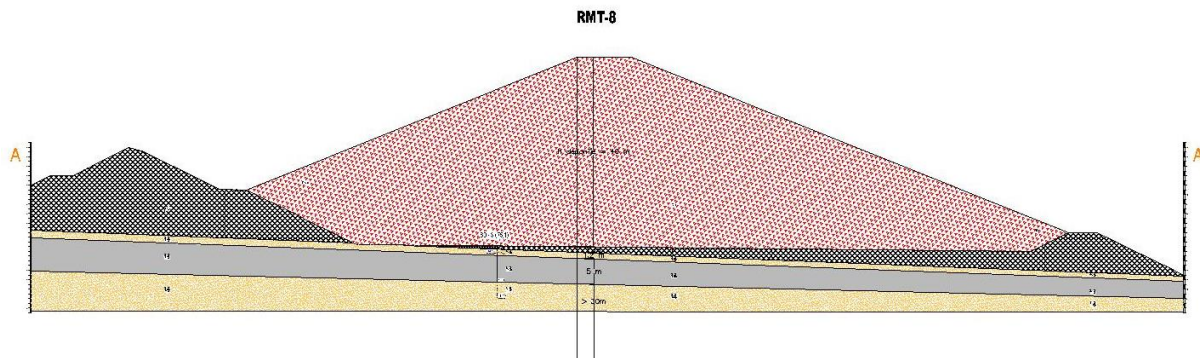
Proračun sleganja tla pod opterećenjem od nasipa izveden je na karakterističnim modelima terena i na mestima najviših nasipa. Veličina sleganja tla pod opterećenjem od nasipa, u mekim i stišljivim sredinama, određena je preko modula stišljivosti. Za rasprostiranje napona u osovini i ivici krune nasipa, korišćena je metoda *Osterberg-a*. Tačke ukojima je vršen proračun sleganja, označene su i prikazane na skici u tabeli 3. Fizičko - mehaničke karakteristike litogenetskih jedinica u podlozi, dobijene su na osnovu laboratorijskih ispitivanja.

Sprovedene su analize prognoznih sleganja za nasipe visine 4,50 m, 4,00 m i 3,00 m, koji će biti oslonjeni na pripremljenu podlogu od malo stišljivih materijala (kamenog nabačaja ili peskovitih materijala). Proračunima su dobijena maksimalana sleganja od 2,38 – 3,62 cm (Tabela 3).

Tabela 3. Proračun sleganja nasipa

Projektovana geometrija nasipa					Prognozna sleganja tla pod nasipom u tačkama				
širina krune		širina kosine		Visina nasipa	B	C	D	E	F
levo	desno	levo	desno						
(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
2,75	2,75	11,00	11,00	4,50	0,29	2,28	2,38	2,28	0,29
2,75	2,75	10,00	10,00	4,00	0,69	3,32	3,46	3,32	0,69
3,25	3,25	10,00	10,00	4,00	0,64	3,47	3,62	3,47	0,64
2,75	2,75	8,50	8,50	3,00	0,56	2,48	2,61	2,48	0,56

Proračun konsolidacionog sleganja dna deponije urađen je prema usvojenom inženjerskogeološkom modelu prilazanom na slici 4.



Slika 4. Usvojen inženjerskogeološki model terena za proračun sleganja podtla

Veličina vremenske konsolidacije po metodi Terzagija i Frohlichia za teorisko vreme konsolidacije $t_1=0$ do $t'=36,5T_v$ u mesecima, je dobijena $S_c=23,6$ cm, dok je ukupno očekivano sleganje tela deponije $S_u = 68,76$ cm. Geotehnički modeli za analizu stabilnosti kosina tela deponije I faze izgradnje prikazani su na slici 5 i 6. Prilikom geostatičke analize usvojene su sledeće vrednosti fizičko-mehaničkih parametara zastupljenih materijala u kosinama:

$$\gamma = 15,30 \text{ kN/m}^3, \varphi = 24^\circ, c = 10 \text{ kN/m}^2 \text{ (odlagan alevrit)}$$

$$\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3, \varphi = 39^\circ, c = 5 \text{ kN/m}^2 \text{ (podinski pesak)}$$

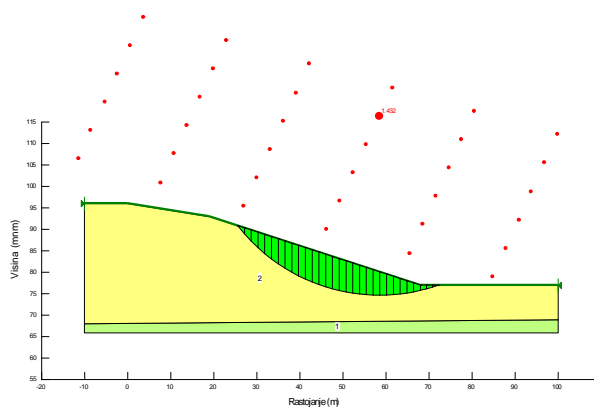
$$\gamma = 19,90 \text{ kN/m}^3, \varphi = 16^\circ, c = 19 \text{ kN/m}^2 \text{ (glina 7b)}$$

$$\gamma = 20,50 \text{ kN/m}^3, \varphi = 23^\circ, c = 7 \text{ kN/m}^2 \text{ (pesak 6)}$$

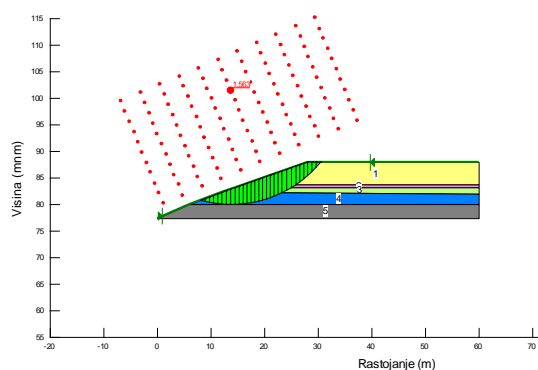
$$\gamma = 19,40 \text{ kN/m}^3, \varphi = 14^\circ, c = 29,50 \text{ kN/m}^2 \text{ (glina 7c)}$$

$$\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3, \varphi = 28^\circ, c = 5 \text{ kN/m}^2 \text{ (šljunak 5)}$$

$$\gamma = 11,00 \text{ kN/m}^3, \varphi = 30^\circ, c = 150 \text{ kN/m}^2 \text{ (ugalj 2)}$$



Slika 5. Geotehnički model terena sa analizom stabilnosti za $r_u = 0.0$ i koeficijentom seizmičnosti $k_s=0.15$ – Profil 1



Slika 6. Geotehnički model terena sa analizom stabilnosti za $r_u = 0.0$ i koeficijentom seizmičnosti $k_s=0.15$ - Profil 2

Na profilu 1 analizirana je stabilnost generalne kosine koja ima visinu 19,00 m, nagib kosine 18°, dok je na profilu 2 analizirana stabilnost generalne kosine koja ima visinu 11,50 m, i nagib kosine 22° (1:2,5). Rezultati proračuna su prikazani u tabeli 4.

Tabela 4. Proračun stabilnosti kosina

Koeficijent pornog pritiska (r_u)	metoda	Faktor sigurnosti (Fs) Profil 1	Faktor sigurnosti (Fs) Profil 2
0.0	<i>Bishop</i>	1.429	1.543
	<i>Janbu</i>	1.327	1.449
	<i>Spencer</i>	1.432	1.563
0.2	<i>Bishop</i>	1.205	1.303
	<i>Janbu</i>	1.094	1.229
	<i>Spencer</i>	1.213	1.324

Iz rezultata proračuna stabilnosti prikazanih u tabeli 4, zaključuje se da utvrđeni faktori sigurnosti za analizirane kosine zadovoljavaju uslov stabilnosti, za sve razmatrane veličine pornog pritiska, u zemljotresnim uslovima i za projektovane geometrijske parametre severne i zapadne kosine tela deponije.

Podtlo ispod deponije potrebno je mehanički sabiti tako da se opitom sa kružnom pločom u završnom sloju ostvariti modul stišljivosti od $M_s \geq 30$ MPa. Sa aspekta povećanja bezbednosti preporučujemo da se kontaktno tlo tretira bentonitskom glinom što bi obezbedilo potpunu vodonepropusnost podloge.

Postavljanje vodonepropusne folije po utvrđenom postupku. Zbog dobijanja vrednosti konsolidacionog sleganju > 50 cm (68,76 cm) za visinu odloženog komunalnog otpada od 40 m, potrebno je zaštitnu vodonepropusnu foliju uraditi sa naborom od 0,50 m na obe strane.

Obezbediti očeđivanje tela deponije u drenažne kanale, a dalje vršiti prečišćavanje (kondicioniranje) procedne deponijske vode pre eventualne eliminacije iz zone deponije. Prateće rezervoare-bazene za prikupljanje ocednih voda iz tela deponije uraditi od vodonepropusnih materijala.

Svojtvo prašina peskovitih i peskova da naglo gube čvrstoću pri iskopu, predstavlja glavno geotehničko ograničenje koje utiče na uslove rada na iskopu za izgradnju objekata. Da ne bi bila ugrožena stabilnost terena, iskope do planiranih dubina vršiti u nagibu 1:2. Kosine koje nije moguće raditi prema preporučenom uglu nagiba kosine obavezno podgraditi.

Napominje se da se prilikom zatvaranja temeljnog iskopa može koristiti prašinasti pesak iz iskopa koji se dobro sabijaju.

Efekat ukupnih antropogenih uticaja na režim osnovne izdani (površinske eksploatacije uglja, izgrađenih sistema zaštite površinskih kopova od podzemnih voda i eksploatacije podzemnih voda za vodosnabdevanje), je konstantno sniženje pijezometarskog nivoa. Napredovanjem rudarskih aktivnosti ka jugu ležišta, na prostoru PK „Tamnava-Zapadno polje” pomeriće se i primarni drenažni objekat – površinski kop. Sa udaljavanjem kopa smanjivaće se i uticaj „drenažnog objekta”, pa će nivo podzemnih voda težiti da se vrati u početni stadijum, odnosno kontinualnim prihranjivanjem podzemnih voda, uz smanjeno dreniranje nivo će rasti.

Podinski peskovi čine jedinu poroznu sredinu koja se ne otkopava u procesu eksploatacije uglja, a takođe predstavlja vodonosnu sredinu u kojoj je formirano izvorište podzemnih voda. Saglasno tome podinski peskovi moraju biti potpuno izolovani u pogledu infiltracije iz deponije koja će na njima ležati.

5. Zaključak

U cilju zaštite životne sredine, pri projektovanju i izgradnji regionalne deponije je potrebno primeniti tehnološke metode kojima se negativni produkti proizvodnog procesa eliminišu ili svode na dozvoljeni minimum. Radi zaštite podzemnih akvifera od uticaja buduće deponije (neopasnog) komunalnog otpada, potrebno je: da kosine i dno deponije komunalnog otpada budu obložene prirodnim i sintetičkim materijalima koji u potpunosti sprečavaju prodor zagađenih voda iz deponije u porozne vodonosne sredine na kojima je deponija locirana, odnosno moraju se sprovesti rigorozne mere zaštite izvorišta „Kalenić”, kao i podzemnih voda u zoni kompleksa deponije.

Posebno, za svaku prognozu varijantu, potrebno je analizirati efekte različitih vrsta oblagajućih materijala na telu deponije kojim se oblažu dno i strane deponije na podzemne vode [7].

Značaj koji buduća regionalna deponija ima za 11 opština, kao i odsustvo naznaka o uticaju podzemnih voda u dužem vremenskom periodu na deponiju, zahtevalo je izvođenje kompleksne hidrodinamičke analize režima nivoa podzemnih voda [8].

Na osnovu sprovedenih prognoznih varijantnih proračuna rada drenažnih bunara i analize porasta nivoa podzemnih voda kao posledice isključenja bunara iz rada (havarijskim, ili tokom regeneracije objekta), doneti su sledeći zaključci [8]:

- napredovanje površinskog kopa „Tamnava – Zapadno polje“ i pratećeg drenažnog sistema ka jugu se nepovoljno odražava na lokaciju regionalne deponije „Kalenić“ kroz kontinualni porast nivoa podzemnih voda podinske izdani, čime su indicije iz 2014. godine i rezultati hidrodinamičkih proračuna iz 2015. i 2016. godine potvrđeni.
- „izdansko oko“ (jezero) podinske izdani na lokaciji deponije ima značajnu ulogu u režimu podzemnih voda na lokaciji kasete 1, ali i ostalih kasete deponije.
- za regulaciju nivoa „izdanskog oka“ (jezera) i njegovog rasprostranjenja, moraju se koristiti i površinske muljne pumpe.
- za redovne ili intervencione radove na drenažnim bunarima, raspolaže se vremenom od minimalno jednog meseca u najnepovoljnijim uslovima, pri čemu van rada može biti samo jedan bunar.

Tehničko rešenje za obaranje nivoa podzemnih voda u prvoj fazi rada deponije podrazumeva izvođenje tri nova drenažna bunara BDK-1, BDK-2 i BDK-3, koji će kaptirati podzemnu vodu iz podinske izdani na području deponije Kalenić. Bunari su projektovani na severnom, zapadnom i jugoistočnom obodu deponije, tipske bunarske konstrukcije, sa filterskim segmentom u podinskim peskovima, dubina koje zavise od zaleganja ugljevitih slojeva u tim zonama. Procenjeni kapaciteti pojedinačnih bunara su 7 l/s.

Podzemne vode koje se kaptiraju drenažnim bunarima mogu se koristiti kao tehničke vode na deponiji, prilikom pranja delova postrojenja deponije, zalivanju zelenih površina i protivpožarnoj zaštiti objekata deponije. Prema potrebi, ove vode se mogu koristiti i u tehnološkom procesu reciklaže otpada. Na prostoru deponije je neophodno obezbediti praćenje

NPV preko obodnih pijezometara i kontrolu hemizma podzemne vode. Merenja je potrebno izvoditi minimum jednom mesečno u toku jedne hidrološke godine.

6. Reference

1. Rakijas M., Matic I., (2013): Hidrogeološka problematika zatvaranja postojećih i izgradnje novih komunalnih deponija u Srbiji, str. 1 – 10, ISBN 978-86-7352-267-8.
2. Rakic D., (2013): Konstitutivne zavisnosti komunalnog otpada sa deponija u Srbiji, Doktorska disertacija, Univerzitet u Beogradu, Belgrade.
3. Uredba o odlaganju otpada na deponije objavljena Sl. Glasniku RS br. 92/ 2010.
4. Studija za izbor mikrolokacije Regionalnog centra za upravljanje otpadom, (2005): IAUS, str. 79.
5. Savić D., (2014): Elaborat o rezultatima detaljnih geoloških, geotehničkih i hidrogeoloških istraživanja za potrebe izrade Idejnog projekta Regionalne deponije (neopasnog) komunalnog otpada "Kalenić" I faza izgradnje, Geoin Group, Beograd.
6. Savić D. (2019): Elaborat o geotehničkim uslovima izgradnje regionalne deponije komunalnog (neopasnog) otpada Kalenić" - I faza, Geoin Group, Beograd.
7. Studija izvodljivosti, za Regionalni centar za upravljanje otpadom „Kalenić“, /februar 2014 EUROPEAID/127054/C/SER/MULTI; BIPRO GMBH AND PARTICIP GMBH.
8. Polomčić D., M. Belotić (2019): Studija hidrogeoloških istraživanja analize postojećeg stanja režima podzemnih voda sa predlogom hidrogeoloških mera za održavanje nivoa podzemnih voda u uslovima eksploatacije Regionalne deponije „Kalenić“, Energoprojekt Hidroinženjering, Beograd.

GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE TERENA ZA IZGRADNJU TS LEMUGUR U TANZANIJI

Prof.dr.sc. Ermedin Halilbegović, dipl.ing. geol.

Internacionalni Univerzitet Travnik u Travniku, ehalilbegovic@yahoo.com

Ključne riječi: istraživanje, trafostanica, geološki uslovi, fundiranje, stabilnost, ispitivanje

Sažetak

Radi potrebe izgradnje nove TS 400/220/60 kV Lemugur u Tanzaniji izvedena su geotehnička istraživanja i ispitivanja terena. Program istraživanja je napravljen od strane Energoinvesta, dd Sarajevo, a istražne radove je izvela firma Geounit, Dar es Salaam-Tanzanija. Istražni radovi su obavljani u periodu decembar 2018. - mart 2019. godine. U radu se daju rezultati provedenih istraživanja i ispitivanja.

Terenski rad je uključivao bušenje bušotina, izvođenje opita SPT-a u bušotinama, laboratorijsko ispitivanje uzoraka tla i stijena, izradu raskopa te ugradnju piezometara. Obzirom na gabarite TS Lemugur (600 x 400m), ukupno je izbušeno četrdeset (40) bušotina i iskopano je deset (10) probnih jama. Dubina bušenja za bušotine kretala se od 6m do 15m. Probne jame su iskopane na dubini između 2.1m i 4.3m, a uzorci su uzeti iz tla i stijena. U dvije istražne bušotine su ugrađene pijezometarske konstrukcije, mada tokom bušenja ni u jednoj bušotini nije konstatovana podzemna voda.

Područje za predloženu TS nalazi se unutar aluvijalnih naslaga tla rijeke Mbuga. Na osnovu istražnog bušenja izdvojene su tri geotehničke sredine i to:

- I geotehnička sredina: Tamno siva šljunkovito prašinstva glina CLAY (Black cotton soil – crno pamučno tlo, lokalni izraz za ovu sredinu). Ona se kontinuirano prostire na čitavoj TS i njena debljina se kreće od 1,4 – 2,5m. Obzirom na veoma loše karakteristike ovaj material je u potpunosti potrebno ukloniti-skinuti.
- II geotehnička sredina: Žućkasto sivi pjeskoviti prah (SILT). Ona se kontinuirano prostire na čitavoj TS i njena debljina se kreće od 1,2 – 8,5. Ova geotehnička sredina je bitna jer je u istoj će biti fundirani svi objekti TS (komandna zgrada, aparati, portali te transformatori).
- III geotehnička sredina - supstrat: Vulkanske stijene VOLCANIC ROCK – bazalti.

Uzorci iz bušotina i jama su ispitivani u laboratoriji za mehaniku tla Univerziteta u Dar es Salamu. Tlo na lokalitetu ima više od 80% sitnih čestica, koje se generalno karakterišu kao fini materijali. Ispitivanjima je ustanovljeno da tla imaju vrlo visoku do ekstremno visoku plastičnost, te stoga ne ispunjavaju zahtjeve kao materijali za nasipanje.

Hemijska ispitivanja tla na sulfate i hloride ne pokazuju nikakve naznake o agresivnim karakteristikama.

Na osnovu istraživanja terena preporučuje se da se izvrši plitko temeljenje objekata TS Lemugur. Dozvoljeni pritisak podloge od 150kPa usvojen je na nivou temelja između 1.5 -1.8m ispod nivoa formacije -nakon uklanjanja crnog pamučnog tla.

Reference:

1. Geotechnical investigation Report for the proposed substation at Lemugur in Arusha, GEOUNIT TANZANIJA
2. Petrographic Analysis Report, University of Dar es Salaam

UTICAJ AKUMULACIJE ZAOVINE NA KLIZIŠTE „MANDIĆI“

Danijela Božić, dipl.ing.geologije, Marijana Petrović, master ing.geologije

JP Elektroprivreda Srbije, Beograd, Serbia, e-mail:

danijelabožic1976@gmail.com; marijanapetrovic3@gmail.com;

Ključne reči: klizište, akumulacija, Zaovine, stabilizacija, sanacione mere

Key words: landslide, Zaovine lake, stabilization, repair works

Sažetak

U radu je prikazano trenutno stanje klizišta „Mandići“ na planini Tara, mogućnost stabilizacije i njegov uticaj na dalji rad RHE „Bajina Bašta“. Autori imaju za cilj da prikažu predlog stabilizacije klizišta kojim bi se uskladili interesi JP Elektroprivrede Srbije sa potrebama meštana da ovaj prostor koriste u rekreativne i druge svrhe, pridržavajući se aktuelnih Zakona i Pravilnika RS Srbije. Za potrebe proizvodnje električne energije, krajem marta meseca 2019. god, izazvalo se naglo spuštanje nivoa akumulacije Zaovine sa kote 871 m do kote 831 m. Spuštanjem nivoa, do tada umireno klizište ponovo je aktivirano. Imajući u vidu da je teren istražen u dovoljnom obimu prethodnim geološkim istraživanjima, postavlja se pitanje da li bi se novim promenila dosadašnja slika uticaja akumulacije Zaovine na klizište „Mandići“.

Summary:

This paper shows current state of „Mandici“ landslide on mountain Tara, the possibility of stabilization and its influence on further functioning of Reversible Hydroelectric Power Plant „Bajina Basta“. The authors goal is to portray the idea of stabilizing this land slide to tailor the interests of Electric Power Industry of Serbia with the need of local citizens to use this space in recreational and other purposes while upholding the current law and policy of Republic of Serbia. By the end of March in 2019 the sudden drop in Zaovine water level from 871 meters to 831 meters above sea level is what caused the activation of „Mandici“ landslide. This water level drop activated the landslide again. This terrain was already examined by previous geological expeditions so the question remains: would some new research somehow change the image of the landslide and its influence on Zaovine water level?

1. Uvod

Nasutom reverzibilnom branom Lazići, na planini Tara nedaleko od mesta Zaovine, 1982. god. formirana je istoimena akumulacija maksimalne dubine 110 m (slika 1) za potrebe rada RHE „Bajina Bašta“. Voda iz reke Drine se prepumpava do pomenute lokacije na kojoj se nalazi jezero. Akumulacija Zaovine se dopunjuje (prihranjuje) na više načina. U slučaju visokog vodostaja Drine ili poplavnih talasa, jezero se puni vertikalnim prepumpavanjem vode kroz kosi cevovod dužine 1 700 m, prečnika 4.8/4.2 m i dovodno-odvodnog tunela oko 8 km, prosečnog prečnika 6.3 m. U zavisnosti od visine vodostaja pomenute reke, kota nivoa jezera varira, te maksimum iznosi 881,5 m. Pored toga, u širem okolnom prostoru egzistiraju još četiri jezera i dve reke Konjska i Beli Rzav, čija je uloga da na prirodan način dopunjavaju Zaovinsko jezero.

Za vreme niskog vodostaja Drine, vrši se pražnjenje jezera i na taj način se postiže pokretanje turbina.

Da je teren koji se nalazi iznad jezera sklon klizanju, bilo je poznato i pre same izgradnje brane. Metodama inženjerskogeoloških istraživanja je ustanovljeno da se duž oboda akumulacije nalazi 13 klizišta od kojih je jedno neimenovano: Konjska reka, Milekići, Mandići, Glavica, Lazići, Vasilići, Lipovica, Jezdići, Spajići, Bjeluša, Grad, Suparevina. Ovom spisku klizišta svakako treba dodati i registrovan odron Kruščica. Za stabilnost obodnog terena akumulacije Zaovine su najznačajnija klizišta Milekići i Mandići. Nakon formiranja akumulacije Zaovine, primarno aktiviranje umirenog klizišta Mandići je izazvano naglim sniženjem nivoa jezera do tzv. kritične kote koja je iznosila 829 mm, dana 22.12.1994. god. Sekundarno pokretanje umirenog klizišta je izazvano dvadeset pet godina kasnije, o čemu će biti reči u nastavku rada. Radi utvrđivanja prirode nestabilnosti između ove dve pojave klizanja, zabeležena su horizontalna pomeranja sa maksimalnim piraštajem na godišnjem nivou do 33 mm.



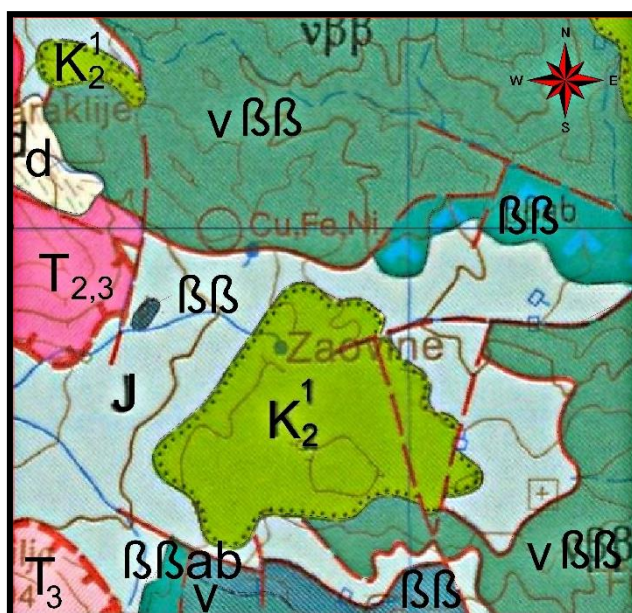
Slika 1 Geografski položaj jezera Zaovine na planini Tara, pozicija klizišta Mandići (modifikovano: [Google Earth](#))

2. Metode istraživanja i ispitivanja

Dana 31.3.2019. god., za potrebe proizvodnje električne energije, izvelo se naglo spuštanje nivoa jezera do kote 831 mm sa kote koja je do tog trenutka iznosila 871 mm. Smanjenjem vodenog stuba, odnosno zapremine vode u jezeru, do tada relativno „umiren” teren ostavši bez oslonca, postao je ponovo nestabilan i dejstvom gravitacije pokrenuo se ka nižim kotama. U cilju prevazilaženja trenutne situacije, ali i potencijalnog izazvanja rizičnog poplavnog talasa tokom predstojeće zimske sezone, sačinjen je Izveštaj (lit. 2) u kome se iznosi procena da je klizanjem zahvaćeno preko 15 ha nepotopljenog terena, u obalnom pojasu jezera Zaovine. Po površini i obliku, sekundarno pokrenuto klizište ne odstupa mnogo od primarno pokrenutog klizišta

1994. g. Generalni smer klizanja terena je SSZ. Klizište je 1 do 1.5 km udaljeno od brane „Lazići”. Nakon sekundarnog aktiviranja klizišta, prvobitni istražni radovi su obuhvatili obilazak terena kada su uočene njegove velike deformacije i oštećenja, usled kojih se povećao

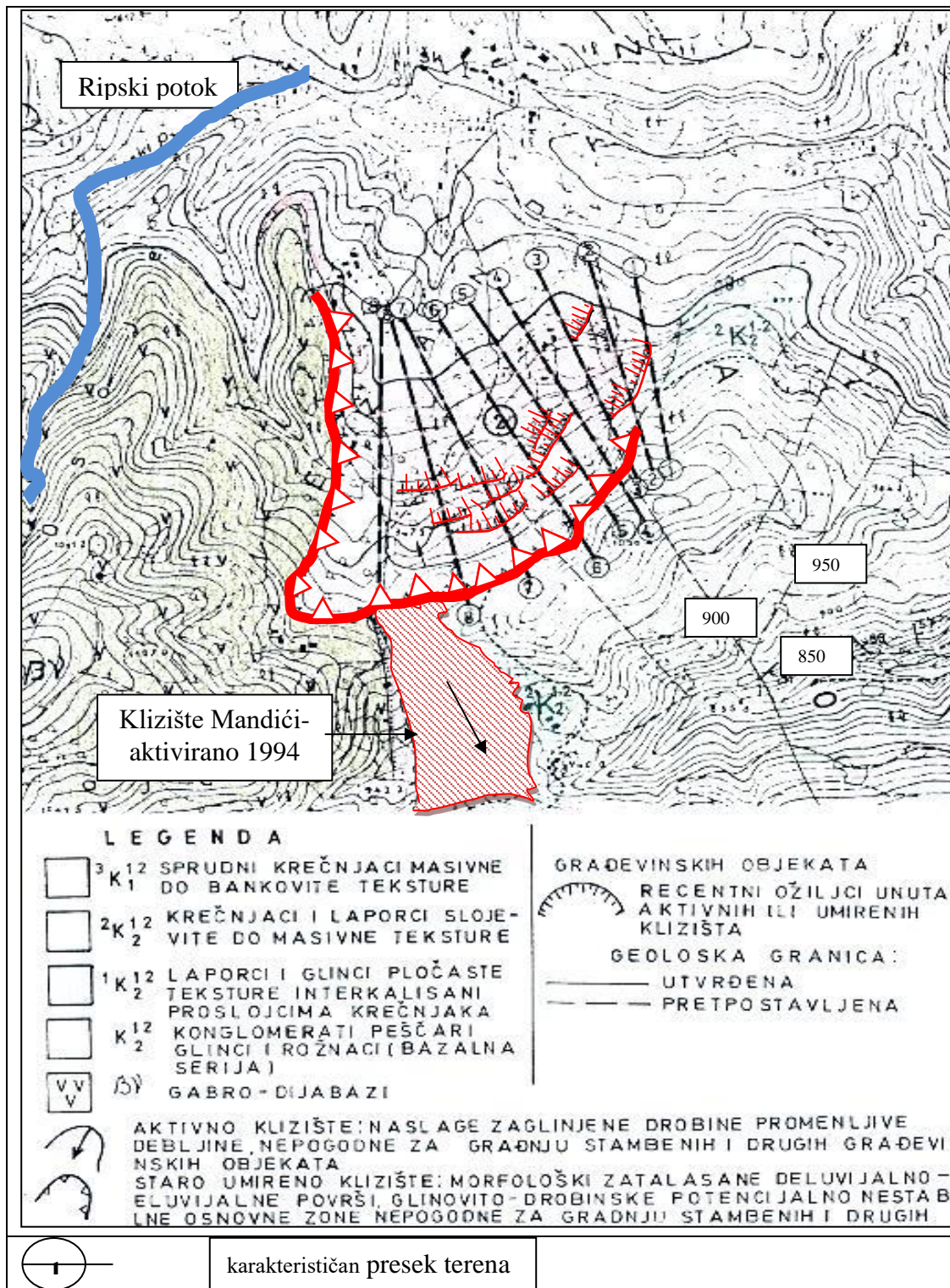
rizik obrušavanja šumske vegetacije. Navedena zapažanja su ograničila bezbedno kretanje stručnog tima, zbog kojih su izvedena tri snimanja terena dronom (u periodu aktiviranja klizišta do 20.4.2019.g.), kao i kontrolnih tačaka GPS-om. Osim navedenog, urađena su batimetrijska snimanja sa ciljem utvrđivanja zapremine potopljenog dela klizišta. Dalja istraživanja su uključivala komparaciju primarnog i sekundarnog klizanja ovog dela terena, dokumentovanog od strane različitih autora. Prema dokumentaciji o primarnoj aktivnosti klizišta „Mandići” konstatovano je da su sakupljeni i obrađeni svi relevantni podaci na osnovu kojih se mogu rešavati problemi vezani za stabilnost padine, unutar zone obalnog dela akumulacije. U skladu sa tim, geološki sklop terena je dovoljno poznat, kao i to da se pomeranja terena odigravaju u nožičnom delu umirenog klizišta. Radi boljeg upoznavanja čitalaca sa geološkom građom šireg dela područja Zaovinskog jezera, u radu je data Osnovna geološka karta, list Višegrad, K 34-3 (Slika 2). Najveći deo akumulacionog prostora čine krečnjaci, laporci i glinci starosti gornje krede (K_2^1). Podinu klizišta Mandići pretežno izgrađuju laporci i slojeviti krečnjaci. Umanjeni prikaz inženjerskogeološke karte predstavljen je slikom br. 3.



Slika 2 Prikaz šireg prostora istraživanja akumulacije Zaovine na Osnovnoj geološkoj karti SFRJ, list Višegrad (1980. god.)* ; LEGENDA: $\beta\beta^{ab}$ -spiliti, T-trijas, $\beta\beta$ -dijabaz, J-jura, $v\beta\beta$ -neraščlanjen gabro-dijabazni kompleks, K-kreda, d-deluvijum,

Nakon sprovedenih istraživanja i proučavanja podataka geodetskih osmatranja repera u periodu od 1995. do 2018. god., predložena su detaljna inženjerskogeološka istraživanja: izrada nove mreže geodetskih repera, izrada nove inženjerskogeološke karte, refrakcijska seizmička ispitivanja (upotrebom dinamita) i bušenje terena za utvrđivanje dubine klizišta. Podaci prikupljeni novim istraživanjima bi se u okviru kabinetskog rada (geostatički proračuni, hidrodinamička analiza, preporuke za rad akumulacije Zaovine-minimalan i maksimalan radni nivo akumulacije, kontrola oba režima RHE „Bajina Bašta” i dr.) upotrebili za izbor sanacione metode. U međuvremenu, autori ovog rada su izvršili pregled fondovske dokumentacije i u prisustvu rukovodstva (JP EPS-Beograd) obišli predmetni teren 13.6.2019. godine. Proučavala se inženjerskogeološka karta klizišta „Mandići” (1: 10 000), u nastavku teksta IG karta, sa

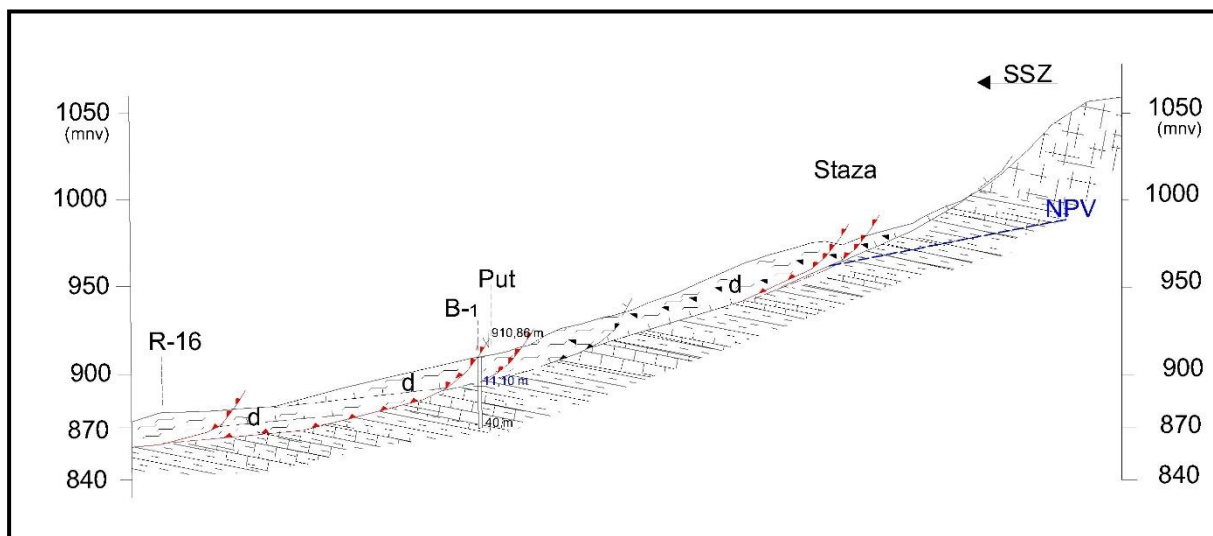
ciljem da se utvrdi njena primenljivost za zoniranje terena po stepenu stabilnosti, u savremenim uslovima i eventualno potreba za njenim inoviranjem. Sagledavana je metodologija izrade katastarskih listova za sva klizišta, zbog dobijanja globalne slike o intenzitetu koluvijalnih procesa u sadejstvu sa režimom RHE „Bajina Bašta” duž obale Zaovinskog jezera.



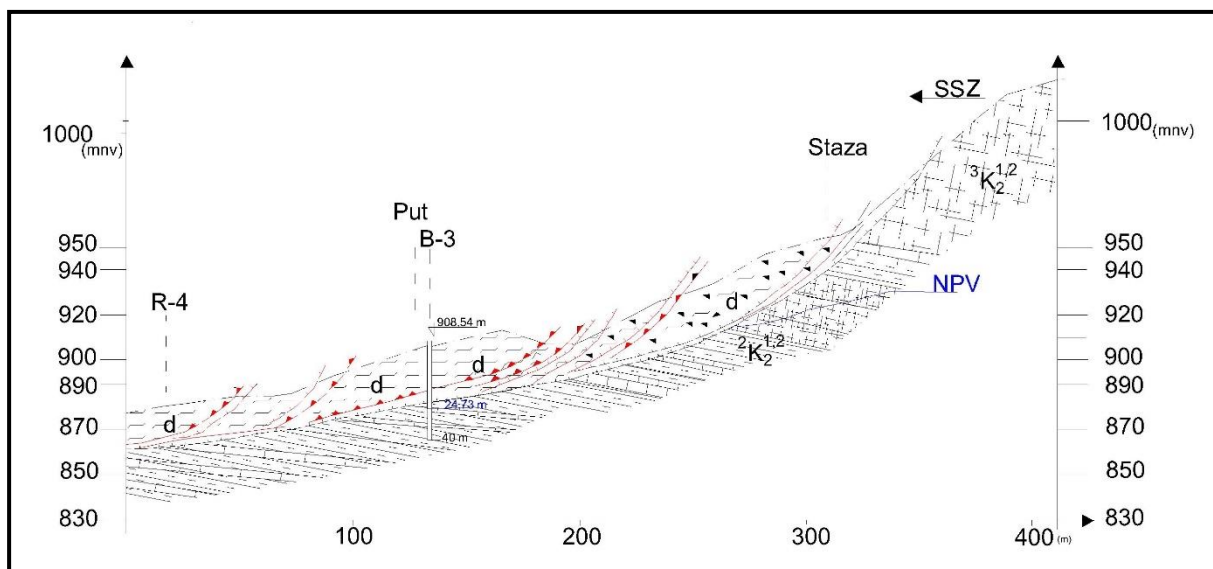
Slika 3 Prikaz inženjerskogeološke karte (1995. godina)*

3. Preliminarni rezultati inženjerskogeoloških istraživanja nakon sekundarnog, veštački aktiviranog klizišta „Mandići”

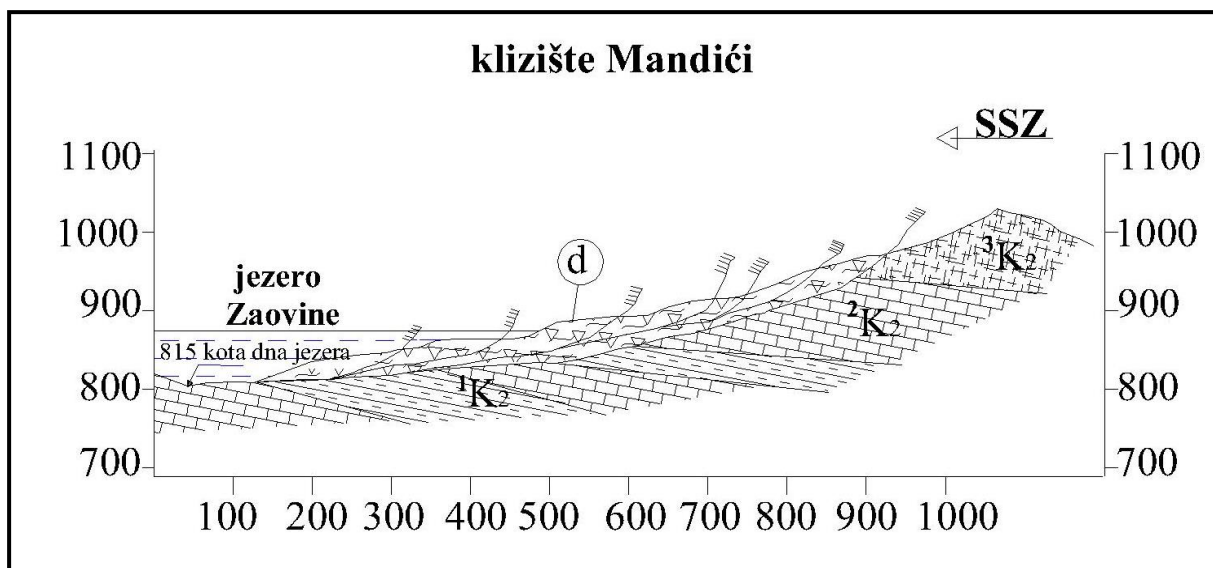
Uočeno je da je čeonih ožiljak klizišta „Mandići” bio na kotama od 950 - 990 mnm, u slojevitim krečnjacima, a nožica na koti oko 830 mnm, preko slojevitih laporaca i krečnjaka. Dno jezera se u ovom delu terena, nalazi na koti 810 - 815 mnm, i prekriveno je aluvijalnim nanosom-šljunkovima i peskovima pregrađene reke Beli Rzav. Na slikama 4, 5 i 6 se može videti da su slojevi sedimenata, naročito u zoni čeonih ožiljaka, suprotnog pravca od pravca pokrenutih masa, odnosno ka JI, sa padnim uglom od 7-22°, što ide u korist stabilnosti padine što generalno usporava klizanje terena.



Slika 4 Karakterističan presek terena klizišta „Mandići” sa izvedenom bušotinom B-1*



Slika 5 Karakterističan presek terena klizišta „Mandići” sa izvedenom bušotinom B-3*



Slika 6 Karakterističan presek terena klizišta „Mandići”*

(*modifikovano:ENERGOPROJEKT-HIDROINŽENJERING, Beograd, april 2019. g.)

Telo klizišta je podeljeno pukotinama različite geneze, prostornog položaja i rasporeda, kroz koje površinske vode prodiru u teren. Ovakva mehanička svojstva terena uslovljavaju različitu vodopropusnost stenskih masa koje egzistiraju u klizištu. Podlogu pokrenutim deluvijalnim naslagama čine slojeviti laporci, koji su praktično vodonepropusni i krečnjaci dobre vodopropusnosti. Preko uslojenih sedimenata, oslabljenim dejstvom koluvijanih procesa, su akumulirane nestabilne, deluvijalne gline, maksimalne debljine oko 30 m. Naslage deluvijuma imaju veću vertikalnu vodopropusnost nego u horizontalnom rasprostranjenju. Na osnovu prikupljene i dostavljene dokumentacije zaključuje se da izostaju podaci o hidrogeološkim parametrima podzemnih voda. Ono što su autori posedovali od podataka su nivoi podzemnih voda izmereni 1995. god. iz tri pijezometarske konstrukcije u truhu klizišta, a koji su bili na kontaktu pokrenutih i nekretanih stenskih masa: B1 (dubine 40 m, NPV - 11.10 m), B2 (dubine 49.20, NPV - 16 m) i B3 (dubine 40 m, NPV - 24.73 m). Danas su te konstrukcije zarušene i nisu u funkciji već dugi niz godina. Na režim podzemnih voda najviše utiče infiltracija padavina, promene nivoa samog jezera Zaovine, ali nažalost i infiltracija otpadnih voda iz septičkim jama. Takođe, klizanjem dela padine su se stvorile neravnine i depresije, u kojima su se naknadno stvorila zabarenja (slika 7).

Neophodno je drenažnim sistemima regulisati i kontrolisano sprovođiti vode i na taj način smanjiti njihovo nepovoljno dejstvo na stabilnost terena. Da bi se sprečila dubinska erozija i pospešilo prosušivanje gornjih delova terena predviđa se pošumljavanje.

Autori rada su obilaskom najrizičnije i trenutno najaktivnije zone klizanja zapazili tehnogene aktivnosti, naročito u trbušnom delu, ranije umirenog klizišta. Na svežim, hrpavim zidovima pukotina, vidi se zaglinjena, krečnjačka drobina (slika 8). Glinovito vezivo, koje oblaže izdrobljena zrna krečnjaka, je sveltosmeđe boje. Terenskom identifikacijom je ustanovljeno da je vlažan, glinoviti materijal male plastičnosti i meke konzistencije. U suvom stanju, ovo tlo se lako drobi i podložno je eroziji.



Slika 7 Zabarenja u zoni trbuha klizišta „Mandići” - 13.6.2019. g.

Uočava se, da su se sa površine terena (slika 9), za potrebe izgradnje objekata uklanjali četinari, čime je omogućeno delovanje mehaničke erozije do većih dubina unutar tela umirenog klizišta. Na slikama 10 i 11 su dokumentovana oborena stabla usled aktivnog klizanja tla i ožiljci u trbuhu kliznog tela. Ovim aktivnostima se intenziviralo formiranje nestabilnih zemljanih blokova, većih dimenzija. Pretpostavlja se da su se pukotine različite geneze, izdvojene pri inženjerskogeološkom kartiranju terena 1995. g. širile u sezonama bez padavina i visokih temperatura, a nakon toga punile površinskim vodama i ledom (lit. 2). Zemljani, nestabilni blokovi koji su nastali delovanjem hidrostatičkog pritiska akumuliranih padavina ili leda, u periodima naglih pražnjenja akumulacije su ostajali bez oslonca i dejstvom gravitacije savladavali lako trenje duž podloge od uslojenih laporaca i krečnjaka.

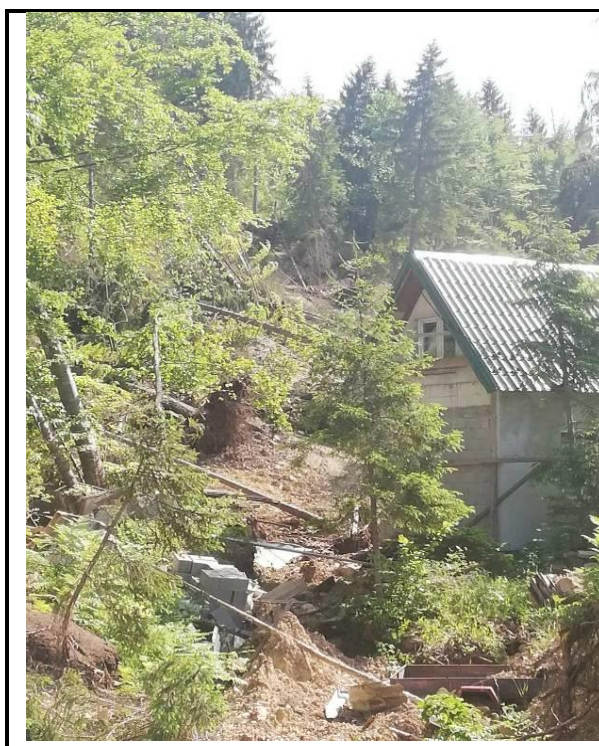
Autori rada uočavaju da je u raspoloživoj dokumentaciji izostavljen komentar o uticaju ilegalno sagrađenih stambenih objekata i vikendica, zapravo uticaj građevinskih radova na defomabilna svojstva terena za potrebe plitkog fundiranja. Takođe, ne postoji komentar o uticaju vode iz vodovodne i kanalizacione mreže ili negativni uticaj na stabilnost terena usled neregulisanja otpadnih voda. Mogući dinamički uticaj od automobila i kamiona, koji su prelazili preko ispucalog trbuha umirenog klizišta za sve vreme eksploatacije izgrađenih objekata ili njihove izgradnje, takođe je zanemaren.



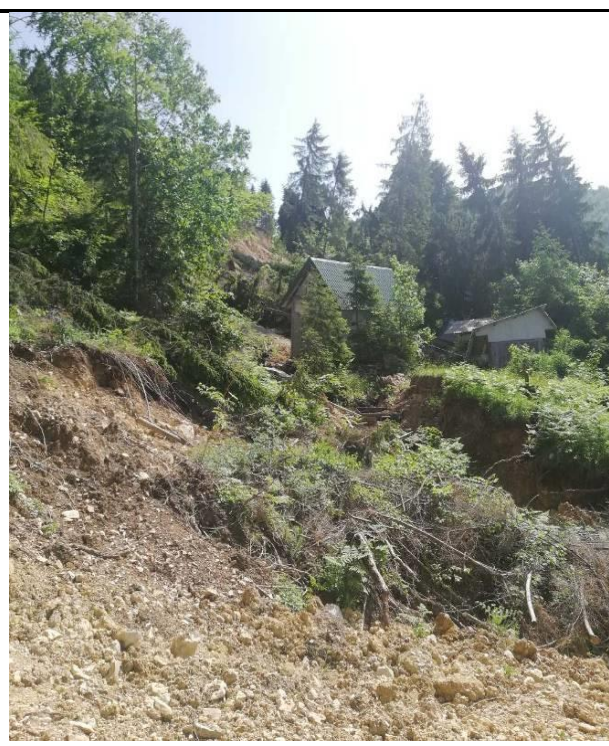
Slika 8 Ispucala glinovita drobina, hrapavih zidova, isušena na vetru - zona trbuha klizišta „Mandići” - 13.6.2019. g.



Slika 9 Pokrenuti montažni objekti, plitko fundirani na tlu sa kojeg su skinuti četinari - trbuh klizišta „Mandići” - 13.6.2019. g.



Slika 10 Oborena stabla četinarara - 13.6.2019.g.



Slika 11 Ožiljci u trbuhu klizišta, u pokrenutoj glinovitoj drobini - 13.6.2019.g.

4. Diskusija o trenutnom stanju klizišta „Mandići”

Shodno rezultatima sprovedenih istraživanja na prostoru sekundarno pokrenutog klizišta „Mandići” autori rada su postavili sledeći niz pitanja, koja bi mogla da iniciraju drugačije aspekte od onih koji su se provlačili kroz medije i stručnu javnost uopšte, a nastale konflikte interesa sveli na prihvatljivu meru:

1) Koliko je potrebno vremena za dobijanje svih odobrenja i saglasnosti za geološka istraživanja, ako se ima u vidu da se mora pribaviti sledeće:

- saglasnost Zavoda za zaštitu prirode i Zavoda za zaštitu spomenika kulture;
- odobrenje od nadležnog organa ili lokalne uprave za izvođenje istražnih radova koja su propisana Zakonom o rudarstvu i geološkim istraživanjima („Sl. Glasnik RS“ 101/15) i pratećim pravilnicima, Republike Srbije.

Ova procedura može trajati i do nekoliko meseci i uticati negativno na dinamiku realizacije istražnih radova. Takođe, dinamiku radova može kompromitovati i nerešeni imovinsko-pravni odnosi.

2) Da li bi se dodatnim terenskim, laboratorijskim i kabinetskim geološkim istraživanjima dobila kvalitativno nova saznanja, izmenila dosadašnja slika o klizištu „Mandići” i našlo rešenje za stabilizaciju padine i drugih potencijalnih delova obalne zone Zaovinskog jezera?

3) Postoje li metodološke greške u ranijim istraživanjima ili u interpretaciji sakupljenih podataka? Imajući u vidu da postoji velika verovatnoća od kontaminacije otpadnih voda, možda je bilo potrebe uraditi hemijske analize podzemnih voda i na taj način utvrditi stepen njihovog uticaja na hidrogeološka svojstva šireg područja klizišta „Mandići”.

4) Hoće li se novim istraživanjima podvući jasna granica između stvarne odgovornosti JP EPS-a i

pojedinaца koji su svojim aktivnostima, poput uklanjanja vegetacije, pojačali dejstvo erozije u već nestabilnom terenu, zagadili ribolovne vode nekontrolisanim odvodom otpadnih voda i uticali na deformacije terena upotrebom kamiona za potrebe izgradnje svojih objekata?

5) Koliko se udruženim delovanjem više faktora od strane individualnih korisnika obalnog prostora Zaovinskog jezera uticalo na oštećenje lokalnih puteva i dalekovoda koji su izgrađeni novcem Elektroprivrede Srbije?

6) Zašto se u medijima nisu spominjala finansijska ulaganja JP EPS-a u izgradnju puteva, sistema za vodosnabdevanje, zapošljavanja lokalnog stanovništva koje nije moglo da opstane u surovim klimatskim uslovima i koje bi se vremenom raselio?

5. Zaključak o stanju klizišta „Mandići”

Naglim sniženjem vode u jezeru (31.3.2019. g.), do sada su se aktivirala najintezivnija kretanja zemljanih blokova unutar trbušnog dela klizišta „Mandići”. Takođe su prvi put primećena kretanja terena u delu koji je bio pod vodom. Po svojim dimenzijama, orijentacione površine preko 20 ha (nepotopljeni deo) i do 10 ha (potopljeni deo) klizište „Mandići” svrstava se u veliko. Po obliku i dimenzijama klizno sekundarno telo se ne razlikuje mnogo od primarno pokrenutog klizišta 1994. god. Konkretno, sračunate zapremine pokrenutih masa, primarnog klizišta „Mandići” su preko 2 000 000 m³ (sračunato metodom zapremine nepravilne prizme-1995.god.). Delapsacionog je tipa, a zbog klizne ravni na maksimalnoj dubini do 30 m, svrstava se u duboka, konsekventna. Prema položaju u sklopu padine pripada srednjepadinskim. Generalni nagib padine je 12°. Nepravilnog je oblika, odnosno širi se u pravcu kretanja ka

nožičnom delu širine 600 m, dužine oko 800 m. Aktivno je i izvanredno sporo, maksimalnih horizontalnih kretanja 33 mm/god. Predstavljeno deluvijalnim glinama koje klize preko talasaste klizne površine uslojenih krečnjaka i laporaca.

Predlog stabilizacije klizišta „Mandići” autora rada

Sanacija ovako velikih i dubokih klizišta, srednjeg rizika i hazarda (do klizanja može doći usled naglih pražnjenja akumulacije) bez bitnog uticaja na šire područje akumulacije, nije racionalna. Ipak, ukoliko želimo da se sukobi interesa svedu na minimalnu meru mogle bi se nekim aktivnostima sprečiti ili ublažiti pojave poplavnog talasa i generalno povećati stabilnost padine. Da bi se izbegao scenario izazivanja poplavnog talasa u pravcu pregradnog mesta nasute brane „Lazići”, može se razmatrati o kontrolisanom pokretanju nožice klizišta do dna korita jezera Zaovine tačnije kote 815 mm. Navedena kota ujedno predstavlja biološki minimum i u skladu je sa vodnom dozvolom. Vreme i dinamiku izvršenja sanacionih mera svakako treba uskladiti sa režimom očekivanih padavina, odnosno sušnim periodima. Nakon toga, pristupilo bi se uređenju blokovski ispucalij obali. Pokrenute mase bi se zbijale i rasplanirale prvo buldozerima, čime bi se zapunile pukotine i nivelisao zatalasani teren, a na kraju površina zaštitila adekvatnom rekultivacijom. Paralelno sa navedenim postupcima stabilizacije padine, moglo bi se izradom otvorenih kanala smanjiti rizik od uticaja budućih padavina. Detalji sanacionih mera su u toku izrade.

Reference:

1. Grupa autora, (1995): Elaborat o rezultatima inženjerskogeoloških istraživanja za klizište „Mandići”, Energoprojekt-Hidroinženjering.
2. Grupa autora, (2019): Izveštaj o inženjerskogeološkoj analizi geodetskih snimaka dronom i prethodne dokumentacije, Energoprojekt-Hidroinženjering.
3. Mitrović, P., (2014): Sanacija klizišta i nedovoljno nosivog tla, AGM knjiga, Beograd.
4. Obradović, R., Najdanović, N., (1999): Mehanika tla u inženjerskoj praksi, Rudarski Institut, Beograd - Zemun.
5. Osnovna geološka karta SFRJ, list Višegrad (1980. god.)
6. Pavlović, N., (2016): Neizvesnosti i greške u geotehničkim istraživanjima, Zbornik radova 15. Simpozijuma o inženjerskoj geologiji i geotehnici, Beograd, str. 155-176.
7. Čulibrk, S. R.,(1999): Geotehnički radovi u čvrstim stenama, Univerzitet u Novom Sadu, Građevinski fakultet – Subotica.

ZNAČAJ PRIMJENE GEOTEHNIČKIH STANDARDA (EUROCODE 7 I 8) U RADOVIMA REKONSTRUKCIJE SAVSKOG NASIPA

Despotović Dragan, dipl. ing. geol.

Inspektorat RS; drdespa@yahoo.com

Ključne riječi: održavanje I rekonstrukcija Savskog nasipa, strukturno-geološke karakteristike terena, seizmičnost terena, aktivna klizišta na nasipu, sanacija klizišta, geomehanička stabilnost nasipa, geotehnička istraživanja sa geofizičkim metodama ispitivanja

Key words: maintenance and reconstruction works of Sava embankment, structural-geological characteristics of terrain, seismicity of terrain, active landslides on the embankment, landslides sanation, gemechanical stability of the embankment, geotechnical investigation including geophysical exploration,

Sažetak:

Tokom projektovanih radova rekonstrukcije Savskog odbrambenog nasipa na plavnom području Gornja Sava došlo je do pojave aktivnih klizišta na njegovim površinama. Zbog učestalosti pojavljivanja, karakteristika I negativnog uticaja aktivnih klizišta na konstrukciju-sklop nasipa ovaj njegov dio proglašen je kritičnim segmentom. U radu su prezentovane opšte geološke, inžejerskogeološke, hidrogeološke, strukturno-geološke I seizmičke karakteritike plavnog područja Gornje Save kojem pripada trasa Savskog nasipa. Dat je osvrt na karakteristike “starog nasipa” na kojem su obavljani radovi nadvišenja. Prezentovane su registrovane deformacije na površinama nasipa tokom redovnog održavanja u periodu od 2008. godine. Rad sadrži osnove radova rekonstrukcije (nadvišenja) Savskog nasipa i dijelove Glavnog projekta rekonstrukcije date u vodopravnom aktu. Izvršena je analiza realizovanih radova nadvišenja Savskog nasipa sa osvrtom na neophodnost valorizacije materijala iz pozajmišta prije i tokom rekonstrukcije. Objasnjena je opravdanost zahtjeva za analizom kontrolnih ispitivanja tokom radova nadvišenja I za ocjenu podobnosti materijala za ugradnju u skladu sa geotehničkim standardom EUROCODE 7. Prikazani su rezultati opažanja svih registrovanih klizišta nakon prolaska poplavnog talasa Save krajem marta mjeseca 2018. godine. Dat je osvrt na projektovane mjere sanacije klizišta. Navedeni su I obrazloženi razlozi nalažanja sanacije aktivnih klizišta primjenom geotehničkih istraživanja sa geofizičkim metodama u skladu sa standardom EUROCODE 8.

Abstract:

During the reconstruction of the Sava embankment in the area of floodplain “Gornja Sava” many active landslides appeared on its surface. Due to the frequency of landslides, its characteristics and its negative impact on the embankment, this segment of the Sava embankment was labelled as critical. This paper presents general geological, hydrogeological, engineering-geological, geo-structural and seismic characteristics of floodplain “Gornja Sava” as a part of the Sava embankment. The paper brings an overview of the characteristics of the “old dam”. Reconstruction of the “old dam” commenced in 2008 and it is still being enlarged. Before the reconstruction, deformations on the embankment were identified through regular

maintenance as of 2008. The paper presents the basics of the reconstruction works on the Sava embankment and parts of the Main reconstruction project given in the water management act in force. The author of the paper analysed the reconstruction works undertaken thus far and concluded that a valorisation of the materials used in the reconstruction has to be performed. Consequently, the undertaker conducted an analyses of the control investigations of the works performed on the embankment and an assesment of the suitability of the materials used in the reconstruction in accordance with geotechnical standards EUROCODE 7. The paper also contains an overview of all registered active landslides which appeared after the peak of the flood vawe and a critical review of the manners in which the landslides were takled. The autor enlisted reasons for his opinion that the sabation of the landslides had to be undertaken in accordance with geotechnical standards presented by EUROCODE 8.

1. Uvod

Savski odbrambeni nasip sa predmetnom dionicom "Crpna stanica Orahova-Memorijalni centra Donja Gradina", dužine L=19,5 km, obuhvata dio Dubičke ravni i istoimenog poldera. Prema planiranim aktivnostima na obezbjeđenju pouzdane zaštite od poplava u polderu Dubička ravan, planirana je rekonstrukcija (nadvišenje I proširenje) Savskog nasipa. Polder Dubička ravan sa površinom od 67 km² uokviren je vodotocima Une I Save, sa Unskim I Savskim nasipom predmetne dionice kao zapadnom I sjvernom granicom. Njegovu južnu I istočnu granicu čine obronci Prosare I Kozare. U suštini rekonstrukcija Savskog odbrambenog nasipa predstavlja njegovo nadvišenje na nivo od 120 cm iznad pojave VVV 1/100 rijeke Save. Radovi rekonstrukcije nasipa se odvijaju prema projektnoj dokumentaciji "Projekat PC WA 108 etape I, II и III - Nadvišenje Savskog nasipa na području Kozarske Dubice-PC 887- Zaštita obale rijeke Save, Dubička ravan", finansiran od strane Evropske investicione banke.

1.1 Opšte geološke, strukturno-geološke, seizmičke i hidrogeološke karakteristike Savske doline

Prema podacima sa listova Kostajnica I Nova Gradiška OGK SFRJ 1:100 000, u geološkoj građi dijela Savske doline, kojoj pripada trasa Savskog nasipa predmetne dionice, dominiraju kvartarni sedimenti.

U njihovoj neposrednoj podini sa nalaze jezerski sedimenti pliopleistocena (Pl,Q). Ove naslage nastale su trošenjem starijih stijena kredne, eocenske I neogene starosti. Sedimenti podine kvartara u području savskog nasipa su predstavljeni višestrukim izmjenama pijeska, šljunka I pijeskovitih glina. U pojedinim dijelovima ove serija sedimenata je sa cementacijom te se javljaju pješčari I konglomerati. Naslage su uglavnom slabo stratifikovane, bez gradacijske slojevitosti što ukazuje na nemirni sredinu taloženja. Pijesak ove serije mjestimično je zaglinjen I alevritičan tako da prelazi u alevritske gline. Serija je izrazito granulometrijski heterogena tako da su prisutne sve frakcije od gline do šljunka.

U okviru sedimenata kvartarne starosti ovog dijela savske doline najveću rasprostranjenost imaju barski sediment (b). To su plavičasto sive, smeđe do crne gline, prah I sitnozrni pijesci sa brojnom fosilnom zajednicom (makro I mikro flora). Granulometrijski sastav ovih sedimenata je prostorno izraženo promjenljiv što je posljedica energije vode kojom su ove naslage resedimentovane.

Sedimenti poplavnih područja (a_p) su drugi litofacijalni član kvartarnih naslaga I oni prate tok Save. Rijeka Sava tokom pleistocena I holocena pa I danas premješta svoje korito formirajući specifične morfo-oblike. U periodima povodanja ona donosi ove sedimente a u periodima malih voda ona se usjeca u iste. Ovi sedimenti su smeđe do sive boje a u granulometrijskom smislu dominiraju gline, prašinasto-pijeskovite komponente I rijetko sitnozrni šljunci. Granulometrijske frakcije naglo se mijenjaju po vertikali (profili) I površinski (u planu). Njihova holocenska starost dokazana je brojnim slatkovodnom, barskom I kopnenom faunom. Sedimentit mrtvaja (a_m) javljaju se u neposrednom okruženju recentnog korita Save. Dominiraju prah I prašinate gline I gline. Sedimenti se javljaju napuštenim dijelovima korita Save u kojima se javljaju najsitnije frakcije sedimenata vezane uz završne cikluse tečenja rijeke.

Sedimenti riječnog korita (a) su prostorno vezani sa recentnim osnovnim koritom Save. U granulometrijskom smislu preovladavaju gline, krupni do sitnozrni pijesci I prah koji se horizontalno I vertikalno izmjenjuju na malim površinama a karakteriše ih kosa I ukrštena slojevitost. Mineralni sastav ovih recentnih sedimenata sa dominantnim učešćem serpentinsko-vulkanogene asocijacije stijena sa rijetkim karbonatnim valuticama upućuje na odnos sa juga tj. srednjobosanskih planina.

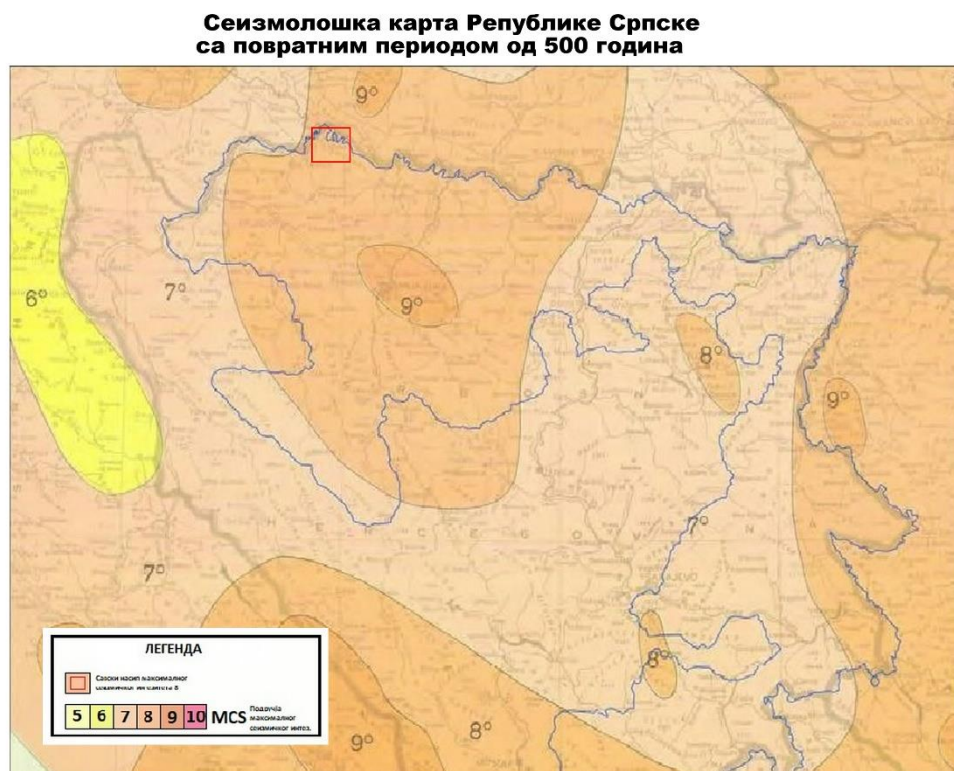
1.2 Strukturno-geološke karakteristike šireg područja Savske doline

Prema osnovama tektonske građe prezentovane u Tumačima navedenih listova OGK SFRJ 1:100 000 dio savske doline sa predmetnom dionicom Savskog nasipa pripada tektonskoj jedinici “savski tektonski rov”. Postanak savske doline uzrokovan je spuštanjem depresionih područja duž uzdužnih graničnih rasjeda približnog smjera sjeverozapad-istok, jugoistok. U širim regionalnom okviru tokom tektogenih procesa, koji su kulminirali tokom pliocena I kvartara (subdukcija), dolazi do navlačenja I izdizanja Slavonskih planina sa jedne strane I srednjobosanskih planina sa druge strane savske doline. Obzirom da je tektonska jedinica “savski tektonski rov” pokriven debelim naslagama kvartarnih tvorevina teško je dati njen tačan opis. Ipak, na temelju seizmičkih I gravimetrijskih mjerenja (Pletikapić, 1956. godina) može se zaključiti da je ova tektonska jedinica ima oblik asimetrične sinforme sa uskim I strmim sjevernim krilom I blago položenim južnim krilom. U podini dominantnih holocenskih naslaga šireg područja savske doline odvijaju se kretanja I kolizije velikih tektonskih blokova što uzrokuje izraženu seizmičku aktivnost. Posebno je izražen intenzitet recentnih neotektonskih pokreta duž registrovanih rasjeda. Pored uzdužnih rasjeda (najznačajniji savski rasjed koji se pruža južnom granicom savskog tektonskog rova smjerom SZ-JI) značajni su I poprečni rasjedi (unski koji prati tok Une), koji su bili povod razmicanju I određenoj rotaciji blokova.

Ovu sinformu ispunjavaju neogeni slojevi koji imaju veliku debljinu ali su ponegdje redukovani. Zbog geološke građe najmlađih holocenskih klasitita savske doline seizmička aktivnost I potresi, koji se javljaju I razvijaju tokom snažnih kretanja I kolizija stijenskih kompleksa podine, na površini mogu imati značajno pojačano djelovanje. Kako je navedeno u većem dijelu savske doline utvrđena je velika debljina klastita kvartara. Ovi rastresiti sedimenti u situacijama izražene saturacije vodom više ubrzavaju seizmičke talase, što znači da imaju veće efekte na seizmičku aktivnost u odnosu na zone gdje je podina izgrađena od čvrstih stijena manje zasićenih vodom.

1.3 Seizmičke karakteristike šireg područja Savske doline

U regionalnom smislu Zapadni Balkan sa dijelom Panonskog bazena- savskom dolinom su među seizmički najaktivnijim područjima Evrope. Geodinamička evolucija Zapadnog Balkana odvija se u kontekstu generalnog sučeljavanja Afričke I Evroazijske ploče u prostoru Mediterana. Fragmentacija I deformacija litosfere ovog područja se manifestuje horizontalnim I vertikalnim kretanjima sa izraženom seizmičkom aktivnošću. Složenost ovih procesa ogleda se u navedenoj složenosti šireg tektonskog sklopa terena savske doline sa tektonskom jedinicom “savski tektonski rov”. Za ocjenu intenziteta zemljotresa u RS u upotrebi je MSK skala (Medvedev-Sponhauer-Karnik) ili MSK-64 (verzija iz 1964. godine), koja koristi intenzitet za procjenu dejstva zemljotresa na osnovu uočenih efekata. Pri određivanju stepena intenziteta uzima se u obzir dejstvo na ljude I oštećenja na objekte. Na priloženoj karti prikazani su maksimalni intenziteti očekivanih potresa izraženi u stepenima MSK-64 skale sa vjerovatnoćom 63% I povratnim periodom od 500 godina.



Slika broj. 1: Seizmološka karta RS sa povratnim periodom od 500 godina

1.4 Hidrogeološke karakteristike šireg područja Savske doline

Područje Savske doline sa savskim odbrambenim nasipom prema hidrogeološkoj reonizaciji terena RS (kriterijum važeće geotektonske podjele) datoj u “Tumaču Pregledne hidrogeološke karte RS 1:300 000”, Republički geološki zavod “Geozavod” Zvornik, 2016. godina, obuhvata “Sjeverni hidrogeološki reon”. U neposrednom slivu Save aluvijalni sedimenti sa najvodonosnijim I najznačajnijim izdanima ovog reona javljaju se ograničeno I u Dubičkoj ravni- polderu Dubica. U području Dubičke ravni aluvijalni pijeskovi I šljunkovi debljine su do 35 m I leže jednim dijelom preko neogenih krečnjaka okriivenih na padinama Kozare. Veći dio izdani hipsometrijski je niži od dubine korita Une I Save I predstavlja statičke rezerve. Zbog

izražene debljine povlatnog izolatora (maksimalno do 6 m) u području Save postoji subartesiani karakter ove izdani većim dijelom godine. Dinamički dio izdani je u direktnoj hidrauličkoj vezi sa vodotocima. Oscilacijama vodostaja Save predodređena je dinamika I režim ove izdani. Izdani je formirana u šljunkovitim naslagama koje najveću širinu imaju na potezu Draksenić-Sava. U okviru ovih naslaga bušenim bunarima u području Međeđe zahvataju se podzemne vode za vodosnabdijevanje Kozarske Dubice (tri bunara sa Q_{sr} od 95 l/s). Prema važećem dokumentu "Plan upravljanja oblasnim riječnim slivom rijeke Save Republike Srpske", dokument broj 4. Podzemne vode, područje savske doline sa savskim odbrambenom nasipom pripada tzv. "Grupi vodnih tijela podzemnih voda Dubičko polje" sa oznakom (BA_SA_GW_I_2). Izdvojeni dio grupe vodnih tijela Dubičko polje obuhvata savsku dolinu između Kozarske Dubice i Orahove kojoj pripada području savskog nasipa. U hidrogeološkom smislu kvartarni klastiti ove GVT podzemnih voda su doboro vodopropusni akviferi. Opitima testirana bunara u okolini Draksenića dobijeni su rezultati koeficijenta filtracije od 5×10^{-4} do 1×10^{-3} m/s. Prihranjivanje ove izdani je prvenstveno infiltracija voda Save I Une. Aktivna hidraulička veza izdani I Save u međusobno dugom kontaktu mogla bi da obezbjedi zahvatanjem iz priobalnih vodozahvata I zahvat od $3,9 \text{ m}^3/\text{s}$.

Generalno posmatrano nivoi podzemnih voda su uglavnom na dubinama oko 5 m, sa amplitudom oscilacija do 2 m. Koeficijent filtracije povlatnog glinovitog izolatora prosječne debljine od 3 do 4 metra je reda veličine 10^{-7} m/s.

2. Projektovani radovi rekonstrukcije savskog nasipa I sprovedena istraživanja

Prema izdatim vodopravnim aktima projektovani nasip treba da se izvede na način da se uklapa u cjelokupnu postojeću hidrotehničku infrastrukturu za zaštitu od poplava od velikih voda rijeke Save. Rekonstrukcija Savskog nasipa i eventualno zasijecanje terena trebaju da se predvide na osnovu geomehaničkih parametara predmetne lokacije, pri čemu minimalna širina nasipa u kruni treba da bude 5,0 m. Nagibi kosina Savskog nasipa predviđeni vodnim saglasnostima su 1:2 a na predmetnoj dionici zadržana je osovina postojeće trase nasipa. Projektom dokumentacijom su predviđena četiri tipa normalnih profila nasipa i to: tip I za nasip čija je visina manja od 4,0 m oblik normalnog profila je jednostruki trapez; tip II za nasip čija je visina veća od 4,0 m podrazumjeva bermu širine 3,0 m a proširenje nasipa je prema branjenoj strani; tip III za nasip u zoni pumpnih stanica „Orahova“ i „Glavinac“ sa parapetnim AB zidom na ivici nasipa ka rijeci Savi i tip IV na dijelu dionice nasipa gdje se javilo površinsko klizanje sa bermama, širine 3,0 m, na obje kosine nasipa. Nivo stogodišnjih savskih voda određen je na osnovu podataka osmatranja na vodomjernim stanicama Mačkovac ($Q_{1/100} = 3.156 \text{ m}^3/\text{s}$) i Jasenovac ($Q_{1/100} = 2.633 \text{ m}^3/\text{s}$) na osnovu kojih su odrađene hidrološke studije. Projektom je predviđeno da će za rekonstrukciju Savskog nasipa na obje dionice biti potrebno 462.668 m^3 materijala iz pozajmišta odgovarajućih fizičko-mehaničkih karakteristika. Pozajmišta materijala su određena na površinama desne inundacije. U uslovima vodnog akta je jasno navedeno da se za izradu nasipa koristi čist materijal bez primjesa organskih komponenti tako da se kod zbijenog stanja ne mijenja poroznost tokom vremena. Naveden je takođe uslov da je prilikom nabijanja slojeva nasipa potrebno obezbjediti njegovu kompaktnu strukturu koja će osigurati zaštitu od prodiranja voda u branjeno područje. Analiza stabilnosti kosina nasipa prema projektu rađena je prema metodi Bišop-a za slučaj kružnih kliznih površina. Ova analiza je rađena za karakteristične kosine Savskog nasipa sa korigovanim parametrima čvrstoće.

2.1 Karakteristike starog nasipa

Savski odbrambeni nasip predmetne dionice ili tzv. „stari nasip“ izveden je u periodu od 1956. do 1960. godine, prema projektu organizacije „Projekat“ iz Zagreba. U periodu od 2006. godine kontrolisani su radovi tekućeg održavanja Savskog nasipa pri čemu je vršena procjena funkcionalnosti ovog zaštitnog vodnog objekta prema odredbama važećeg Zakona o vodama Republike Srpske (Službeni glasnik RS broj: 50/06, 92/09, 121/12 i 74/17). Nasip je tokom perioda velikih voda rijeke Save u aprilu 2010., maju 2016. i martu 2018. godine pretrpio znatna oštećenja. Ova oštećenja su se manifestovala u pojavljivanju klizišta neposredno nakon povlačenja velikih voda Save u osnovno korito. Klizišta su najviše bila locirana u nožičnom dijelu obje, prvenstveno vanjske kosine nasipa. Osim toga, javljale su se pojave slijeganja na njegovoj kruni (poprečne i uzdužne deformacije). Tekuće održavanje Savskog nasipa se, zbog nedostatka finansijskih sredstava, uglavnom odnosilo na vegetativno održavanje njegovih površina. Pojave nestabilnosti su najčešće sanirane bez istražnih radova. Drenažni rov u branjenom području je u pojedinim dijelovima predmetne dionice potpuno izostajao. Pijezometarske konstrukcije u trupu nasipa su oštećene i nije vršena njihova popravka ili rahabilitacija.

2.2 Klizišta lokaliteta „Ikanovac“ na rekonstruisanom nasipu

Na površinama rekonstruisanog Savskog nasipa krajem marta 2018. godine uočena je pojava 12 klizišta koja prostorno pripadaju lokalitetu „Ikanovac“ sela Orahova. U tom periodu na čitavoj dužini dionice Savskog nasipa došlo je do izlivanja poplavnih voda Save iz njenog osnovnog korita na površine desne inundacije. Prema podacima sa automatske mjerne stanice Gradiška RHMZ RS na dan 27. marta 2018. godine, kada su registrovana klizišta, vrijednost vodostaja rijeke Save iznosila je 861 cm. Vodostaj Save je



Slika broj 2: Klizišta lokaliteta Ikanovac

bio sa utvrđenim trendom stagnacije ali je njegova vrijednost bila za 131 cm iznad kote vanredne odbrane od poplava. Ovakav izrazito povišen vodostaj rijeke Save na lokalitetu „Ikanovac“ je dokumentovan, kada je registrovano da je $\frac{3}{4}$ unurtašnje kosine nasipa bilo pod poplavnim savskim vodama. Opažene su i pojave prostorno ograničenih akumuliranih, prvenstveno oborinskih, ali i izlivenih podzemnih voda na velikim poljoprivrednim površinama u neposrednom branjenom području nasipa u okviru hidromelioracionog područja Pumpne stanice „Orahova“. Preliminarnog obilaskom površina dijela savskog nasipa od sela Orahova pa uzvodno u dužini od 2 km, registrovana je zone aktivnih klizišta lokaliteta „Ikanovac“. Klizišta su se javila i inicijalno razvila na obje kosine savskog nasipa u slabo konsolidovanim masama glina nadvišenja u zoni dužine nasipa od 1,2 km. Izvršenim mjerenjima geometrijskih karakteristika svih 12 klizišta utvrđena je njihova ukupna dužina od 221,3 m a prosječna širina od 4,5 m. Klizni odsjeci svih 12 klizišta su bili na veoma bliskim rastojanjima od krune nasipa. Većina klizišta na vanjskoj kosini nasipa su bila pozicionirana u zoni njegove berme i nožice. Pojedina klizišta unutrašnje kosine su bila ispod vodnog ogledala savskih poplavnih voda. Međusobna rastojanja između klizišta variraju od maksimalne vrijednosti od 450 m do minimalne od 6 m. Većina ovih rastojanja je ispod 20 metara što je ukazivalo na realnu mogućnost međusobnog objedinjavanja. Svih dvanaest klizišta su bila asekventna i u inicijalnoj fazi razvoja. U morfo-elementima (podređeno u čelima i pretežno u trupovima i nožicama) pojedinih većih klizišta osmotrene su pojave izrazito slabog tečenja i difuznog procjeđivanja poplavnih savskih voda u pravcu nožice vanjske kosine nasipa. Klizni procesi predmetnih klizišta su se karakterisali otkidanjem i gravitacionim premještanjem slabo konsolidovanih masa nadvišenja nasipa ka njegovoj nožici sa veoma čestom pojavom akumuliranja pokrenutih masa na bermo nasipa. Registrovano je napredovanje svih klizišta uz obje kosine nasipa ka platou njegove krune. Većina klizišta je „mlado“ jer je uočen njihov razvoj u okviru svježih partija glinovitih stijenskih masa rekonstrukcije nasipa. Sve pojave aktivnih klizišta su nastale u uslovima povišenih hidrostatičkih i hidrodinamičkih pritisaka u zoni unutrašnje kosine savskog nasipa. Izlivanje visokih savskih voda iz osnovnog korita i njihov kontakt sa unutrašnjom kosinom nasipa neminovno je doveo do promjene hidrodinamičke slike strujanja procjednih voda u masi trupa rekonstruisanog nasipa i njegovog podtla tzv. „starog nasipa“. Na taj način uzročno su uspostavljeni izmjenjeni hidrogeološki uslovi filtracije procjednih voda. Izmjenjena filtraciona strujanja procjednih voda u glinama nadvišenja najvjerovatnije su dovela do pojave ispiranja (likvifakcije) a time i nastanka svih klizišta. Zbog utvrđenog negativnog uticaja zone klizišta Ikanovac na stabilnost savskog nasipa ovaj njegov dio je proglašen kritičnim segmentom.

3. Potreba primjene geotehničkih standarda (EUROCODE 7 i 8) za kontrolna ispitivanja i sanaciju klizišta

Projektovana rekonstrukcija Savskog nasipa predmetne dionice izvršena je nasipanjem materijala uz kontrolisano zbijanje. Nasipanje je vršeno zbijanjem u slojevima uz zbijanje svakog pojedinog sloja. Na taj način se nastojala postići ona gustina ugrađenog tla predviđena projektnim rješenjem na osnovu laboratorijskog Procotorovog opita. Svi ostali parametri tla potrebni za geostatičke proračune i dimezionisanje nasipa dobijeni su na način da su uzorci tla predhodno zbijeni na nivo optimalne vlage. Prema tome najveća suva gustina dobijena Procotorovim opitom je faktor koji osigurava kvalitet ugrađenog tla tokom zbijanja. Tokom

izvođenja radova rekonstrukcije potrebno je izvoditi kontrolna ispitivanja da bi se uočile moguće promjene u sastavu i kvalitetu tla, bilo da se radi tlu iz usjeka ili onom iz pozajišta. Ova ispitivanja nekoherentnog tla se odnose na ispitivanje probnom pločom Ø 30 cm i ispitivanje granulometrijskog sastava. U cilju eliminacije mogućnosti oštećenja svakog hidrotehničkog nasipa potrebno je u skladu sa EUROCODOM 7 poznavati čvrstoću na smicanje koja zavisi od parametara čvrstoće na smicanje i Darci-ev koeficijent vodopropusnosti k . Osim toga ovaj geotehnički standard zahtjeva i definisanje podataka o deformacionim karakteristikama tla kao što su: moduli elastičnosti, edometarski opit stišljivosti i Poissonov koeficijent. Potrebno je naglasti da je EUROCOD 7 proglašen bosanakohercegovačkim standardom pod oznakom: BAS EN 1997-1:2017 i BAS EN 1997-2:2007/AC i da je stupio na snagu objavom u Službenom glasniku broj 3 Instituta za standardizaciju BiH iz Istočnog Sarajeva . Kriterijum kvaliteta ugradnje tla u nasipe prema kriterijum modula stišljivosti je za predmetni savski nasip modul veći od 20 MN/m^2 . Čvrstoća na smicanje saglasno EUROCODU 7 je veoma bitno svojstvo pri projektovanju nekoliko stanja nasipa a u konkretnom slučaju to se odnosi na: stabilnost unutrašnje kosine nasipa pri naglom opadanju vodostaja i stabilnost kosina pri zemljotresu za najviši vodostaj i vodostaj na polovini visine nasipa (EUROCODE 8). U suštini nasipi su građevine na koje djeluje voda pa zbog toga je potrebno dodatno provjeriti stabilnost na niz hidrodinamičkih i hidrostatičkih uticaja koji obuhvataju: analizu procjeđivanja voda kroz nasip; analizu procjeđivanja kroz tlo ispod nasipa i analizu hidrodinamičkog djelovanja vode. Prema navodima iz poglavlja 12. EC 7 treba sastaviti popis graničnih stanja koja će se provjeriti geostatičkim proračunima. Njavažnija granična stanja su: gubitak opšte stabilnosti lokacije nasipa, slom kosina ili krune nasipa, slom nasipa uzrokovan unutrašnjom erozijom, površinskom erozijom ili podlokavanjem, deformacije nasipa kao prekomjerna slijeganja ili pukotine, deformacija nasipa kao puzanja na kosinama uslijed smrzavanja i odmrzavanja, deformacije nasipa uslijed hidrauličkog djelovanja itd. Obzirom na navedene karakteristike klizišta lokaliteta Ikanovac a u svemu u skladu sa EUROCODE 8 odnosno bosanskohercegovačkim standardom EN 1998-1:2004 geotehnička istraživanja za potrebe izrade projekta sanacije moraju biti realizovana uz primjenu slijedećih geofizičkih ispitivanja: Seizmička ispitivanja i to refrakciono seizmička istraživanja; Seizmološka istraživanja i to mikrotremorska istraživanja i Geoelektrična istraživanja i to Geoelektrična tomografija.

Literatura:

1. Tumači listova “Kostajnica” I “Nova Gradiška” OGK SFRJ 1:100 000;
2. Tumač Pregledne hidrogeološke karte RS 1:300 000”, Republički geološki zavod “Geozavod” Zvornik, 2016. godina;
3. “Plan upravljanja oblasnim riječnim slivom rijeke Save Republike Srpske”, dokument broj 4. Podzemne vode, 2017. godina;
4. „Izmjene i dopune Prostornog plana RS“ (period do 2025. godine), „Novi urbanistički zavod RS“, Banjaluka 2019. godine;
5. „Nasute građevine“, Tanja Roje-Bonacci, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije, Split 2015. godine.

PROJEKT ISSAH – HIDROGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA PRAPORA ISTOČNE HRVATSKE

dr. sc. Kosta Urumović¹, dr. sc. Marco Pola¹, dr. sc. Ivica Pavičić², dr. sc. Staša Borović¹, doc. dr. sc. Vedran Rubinić³, dr. sc. Jasmina Lukač Reberski¹, Ivan Kosović¹

¹ Hrvatski geološki institut – Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju, Sachsova 2, 10000 Zagreb

² Rudarsko geološko naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu

³ Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

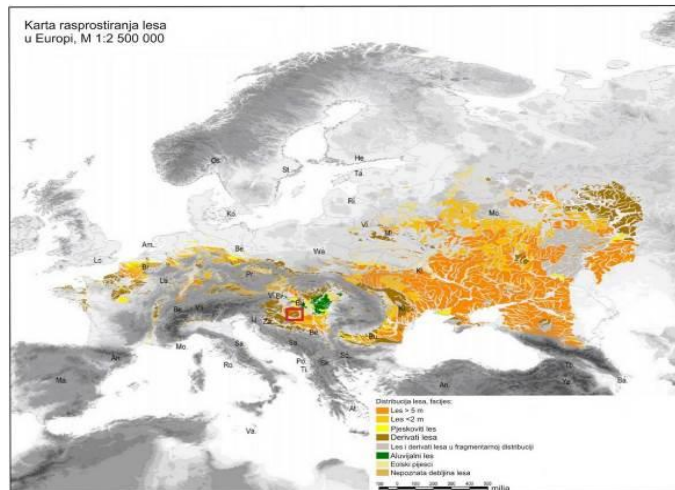
kurumovic@hgi-cgs.hr

Ključne riječi: hidrogeološki parametri, prapor, interdisciplinarna istraživanja, istočna Hrvatska

Abstrakt

Prapor i praporolike naslage pokrivaju velika prostranstva (ukupno cca 11%) širom svijeta, koje se pojavljuju gotovo redovito između 24° i 55° sjeverne zemljopisne širine. Smatra se kako prapor ima vrlo velik značaj u primijenjenim stručnim i znanstvenim disciplinama, kao što su inženjerska geologija, hidrogeologija, hidrologija, pedologija, agronomija, šumarstvo i građevinarstvo.

Po definiciji, prapor ili les je kopneni sediment, nastao taloženjem čestica prvenstveno veličine praha (silta), a transportiranih vjetrom (PYE, 1995). Iako je vezan uz mlađa geološka razdoblja, starost mu je varijabilna. Uglavnom pripada pleistocenu, no poznate su i starije praporne formacije.



Slika 1 Karta rasprostiranja prapora u Europi (iz BANAK, 2012).

Hidrogeološke značajke prapora i praporolikih naslaga u Republici Hrvatskoj istraživana su kroz dugi niz godina, ali samo kroz segmente vodoistražnih radova, poglavito za potrebe vodoopskrbe. U fondu Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta postoji niz elaborata o provedenim istražnim radovima, ali su se u tim istraživanjima prapori promatrali samo kao pokrovne naslage koje prekrivaju vodonosnike i nisu se detaljnije istraživali. Osnovne hidrogeološke značajke prapora u Iloku detaljnije je opisao Urumović (2013) u svojoj doktorskoj disertaciji, iako samo do dubine od 30 metara. Isti su podatci obrađivani u sklopu razvijanja metoda za određivanje hidrauličke vodljivosti iz podataka o distribuciji veličine zrna u uzorku nevezanih naslaga (Urumović, 2016). Svakako nema opravdanja za zanemarivanje

istraživanja prapornih naslaga s hidrogeološkog aspekta. Svi vodonosnici na istraživanom području, a iz kojih se dominantno odvija vodoopskrba, prekriveni su naslagama prapora.

Generalno se može reći da geološka znanstvena literatura o praporima na području planiranog istraživanja ne obuhvaća hidrogeološki aspekt. U sklopu ove projektne ideje prvenstveno su od interesa izvorna geološka svojstva i hidrogeološki te pedološki parametri koji utječu na gibanje i zadržavanje onečišćivala podzemnih voda.

Učinak geoloških svojstava u sklopu ovoga projekta promatrat će se u mikroskopskom, makroskopskom, lokalnom i regionalnom mjerilu, no pritom treba voditi računa da su sve pojave i parametri pojedinih svojstava u nekome mjerilu ustvari posljedica integracije njihovih uzroka na mjerilu nižega ranga. Ovaj slijed uzroka i posljedica obično se ilustrira glavnim značajkama na makroskopskom i mikroskopskom (laboratorijskom) mjerilu (specifična površina čestice, granulometrijski sastav, poroznost, mineralni sastav, vlažnost, oblik zrna pojedinih frakcija, fizikalno-kemijska svojstva glinenih čestica). Sva navedena svojstva u pravilu mogu se izraziti preko korelacijskih odnosa sa specifičnom površinom oplošja čestice na mjerilu uzorka. Zato je ona navedena prva u prethodnom popisu značajki porozne sredine s međuzrnskom poroznošću i povezat će sva specijalistička istraživanja prapornih naslaga.

U lokalnom i regionalnom mjerilu značajke prapora promatraju se kroz taložni model postanka prapora, post-taložne promjene, strukturno-geološke i regionalno hidrogeološke karakteristike. Ta će faza istraživanja za rezultat imati izradu specijalističkih (geoloških i hidrogeoloških) karata. Završni kartografski proizvod biti će sintezne karte M1:100 000 s tumačima koje će objediniti geološke, hidrogeološke i pedološke podatke.

Površinske naslage (tlo u pedološkom smislu) na području Baranje, Srijema i jednog dijela istočne Slavonije za matični supstrat (materijal iz kojeg su formirane) imaju prapor. Zato su u ovom projektu pedološka istraživanja od velike važnosti. Pedološka faza ovoga istraživanja odvija se istovremeno s geološkim i hidrogeološkim fazama istraživanja.

Cilj ovog ustavnog projekta je oformiti istraživačku grupu mladih hrvatskih znanstvenika sa raznih institucija i iz različitih polja znanosti (tehničke znanosti, polje rudarstvo, nafta i geološko inženjerstvo grana geološko inženjerstvo; polje građevinarstvo, grana hidrotehnika; prirodne znanosti - polje geologija, grana geologija; biotehničke znanosti - polje agronomija) i usmjeriti ju u istraživanje sitnozrnastih klastičnih naslaga te proizvesti podlogu budućih interdisciplinarnih istraživanja u svrhu zaštite podzemnih voda i efikasnog korištenja zemljišta. Projektni tim čine stručnjaci iz Hrvatskog geološkog instituta, Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Rudarsko geološko naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i Građevinskog fakulteta Sveučilišta u Osijeku.

Predviđeno trajanje projekta ISSAH (Utjecaj specifične površine oplošja čestice na hidrogeološka svojstva prapora i na njemu razvijenih tala istočne Hrvatske) je pet godina. Istraživanja su regionalno usmjerena na prostor Baranje, Srijema i Istočne Slavonije gdje prapori i praporu slične tvorevine prekrivaju velike površine. Znanstveno utemeljeno poznavanje njihovih svojstava na konkretnim lokacijama i njihova regionalizacija važna su podloga za aktualni napredak i dugoročni razvitak ovih krajeva. Polazna osnova biti će podatci prikupljeni u dosadašnjim istraživanjima i zahvatima koji su brojni, ali u pravilu vrlo parcijalni i nepotpuni. Razlog tome je monodisciplinarni pristup usmjeren isključivo ne neposredni predmet istraživanja. Ovaj je projekt zamišljen kao interdisciplinarno istraživanje utjecaja osnovnog fizikalnog parametra tla – specifične površine čestice tla - na mjerilu uzorka na hidrogeološke, geomehaničke, pedološke i poljoprivredne uvjete.

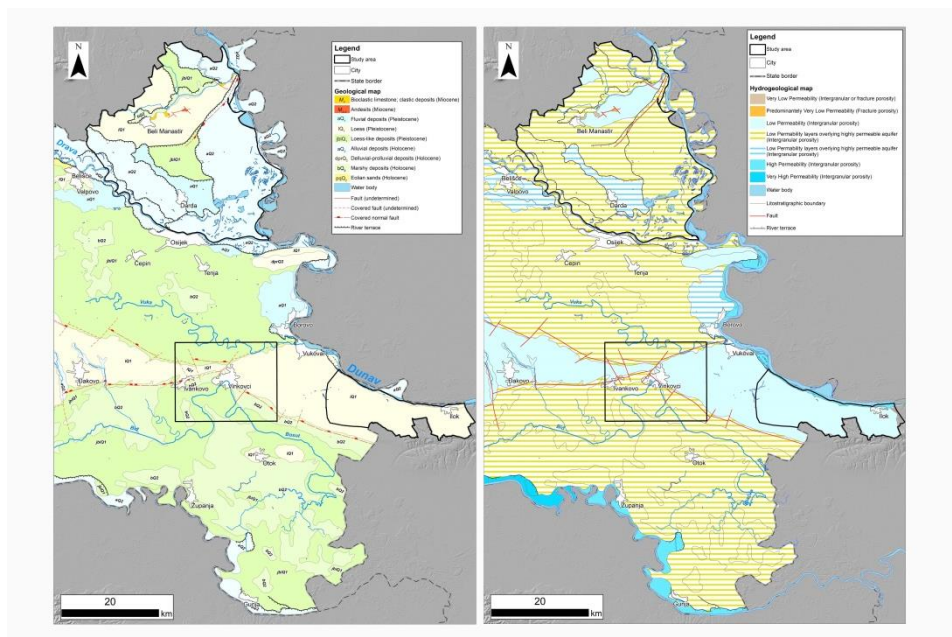
U sklopu projekta provode se opsežna istraživanja prapora i praporolikih naslaga. Na odabranim lokacijama formirana su pokusna polja na kojima su izvedene istražne bušotine, pedološki raskopi i meteorološke opažačke stanice za potrebe laboratorijskih istraživanja prisutnih naslaga i za potrebe dugotrajnog hidrogeološkog i pedološkog monitoringa.

Laboratorijske analize provode se u laboratorijima Hrvatskog geološkog instituta, Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu i u vanjskim laboratorijima.

U prvoj godini istraživanja bilo je planirano kompilirati sva dosadašnja stručna saznanja i odraditi terenska istraživanja. Tri su radovi vrlo uspješno odrađeni.

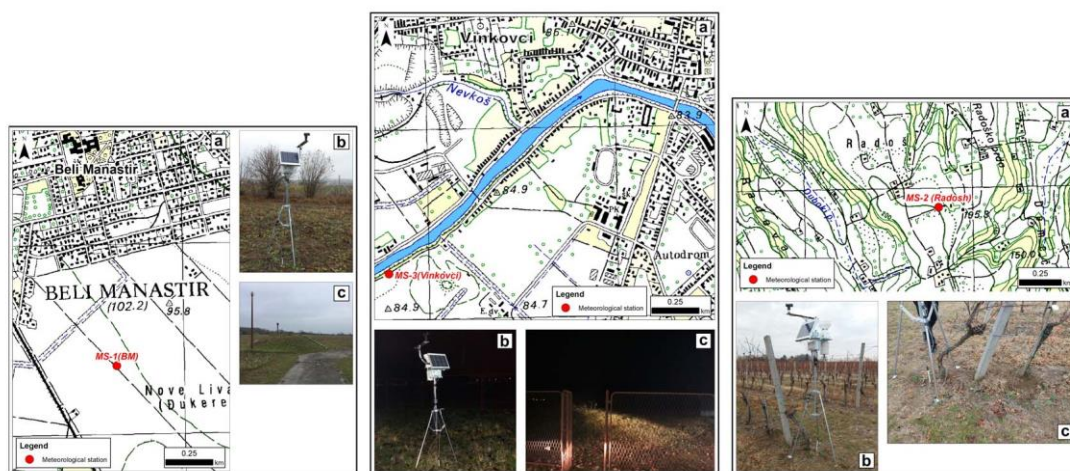
U skladu s radnim planom u prvoj godini trajanja projekta izvedeni su sljedeći geološki radovi:

- na temelju postojećih podataka i na temelju terenskih radova načinjena je geološka karta
- izrađena je tektonska-neotektonska karta
- izrađena je geološka i hidrogeološka karta M 1:300 000



Slika 2 Geološka i hidrogeološka karta (M 1:300000) istraživanog područja

- definirani su litološki odnosi na temelju terenskih snimanja i postojećih bušotinskih podataka
- temeljem prikupljenih podataka i rezultata istraživanja određene su lokacije bušotina i meteoroloških stanica te pedoloških pokusnih polja.
- Na odabranim lokacijama postavljene su meteorološke stanice



Slika 3 Meteorološke stanice

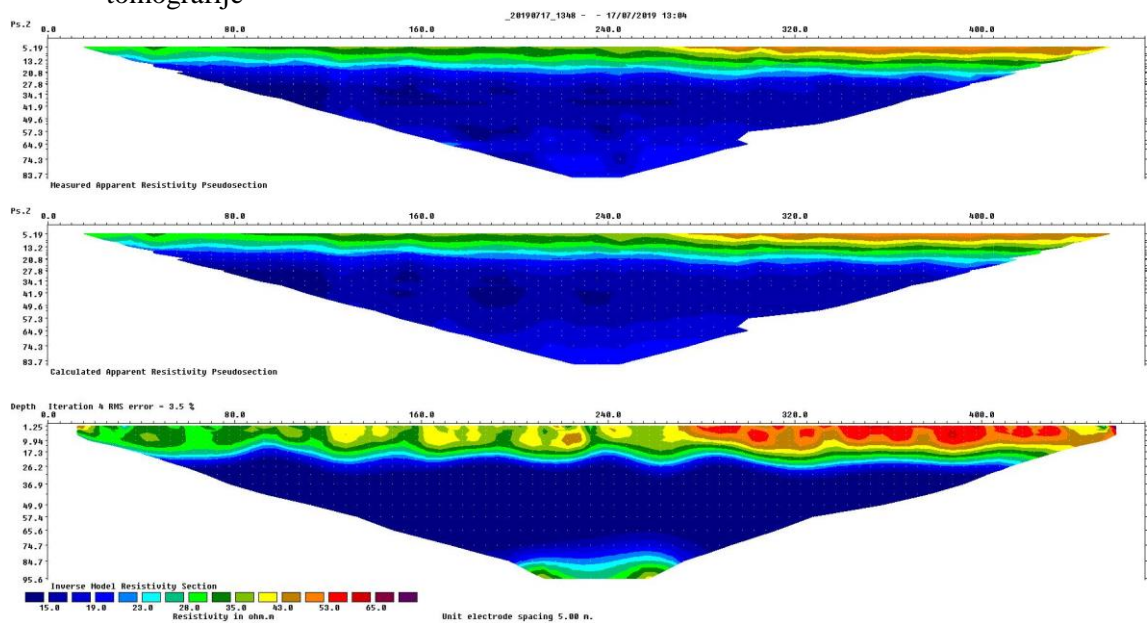
U drugoj godini provedeni su terenski radovi:

- Na odabranim lokacijama su izrađeni pedološki raskopi, definirani su pedološke karakteristike terena i u raskope su ugrađeni lizimetri



Slika 4 Ugradnja lizimetara

- Provedena su geofizička snimanja na sve tri lokacije i interpretirani su profili električne tomografije



Slika 5 Profil električne tomografije na lokaciji Radoš

- Načinjene su istraživačke bušotine i uzeti su uzorci za daljnje analize (granulometrijski sastav, atterbergove granice, mineraloški sastav)



Slika 6 Bušenje i determinacija jezgre

Ova višedisciplinarna istraživanja za rezultat će imati predstavljanje široj javnosti, znanstvenoj i stručnoj, u obliku izlaganja na konferencijama, objavljivanje znanstvenih radova i popularizaciju hidrogeoloških istraživanja istočne Hrvatske.

Predstavljeno istraživanje je financirano od strane Hrvatske zaklade za znanost, a projekt se vodi pod oznakom UIP 2017-05-9345.

Reference

1. Banak, A (2012) Rekonstrukcija klimatskih promjena u kasnom pleistocenu na temelju sedimentologije prapora te paleontološke i izotopne analize malakofaune (Baranja, istočna Hrvatska) / doktorska disertacija Zagreb : Rudarsko-geološko-naftni fakultet, 155 str.
2. Pye, K. (1995): The nature, origin and accumulation of loess.- Quat. Sci. Rev.,14, 653-667
3. Urumović, K. (2013). Parameter quantification of clastic sediments hydrogeologic properties based on test fields in northern Croatia. Dissertation, unpubl., 164. Zagreb, Croatia: University of Zagreb, RGNf.
4. Urumovic, K. i Urumovic, Sr.,K (2016): The referential grain size and effective porosity in the Kozeny-Carman model. Hydrol. Earth Syst. Sc., 20, 1669-1680

BANJA GATA – NEISKORIŠĆENI POTENCIJAL

Mr Petar Begović, dipl.inž.geol., Branko Ivanković, dipl.inž.geol.

Ključne riječi: Termomineralna voda, banja, razvojni potencijal

Apstrakt

Banja Gata nalazi se u krajnjem sjevernom dijelu Grada Bihaća u neposrednoj blizini granice Bihaća i opštine Cazin kao i granice sa Republikom Hrvatskom. Banja se koristi kao Zdravstvena ustanova Lječilište Gata i koristi dva bušena bunara sa termomineralnom vodom. Trenutne potrebe banje su oko 10% samoizliva na dva eksploataciona bunara. Karakteristike vode su idealne za balneološku upotrebu. Banja nema ni unutrašnji ni spoljašnji bazen tako da ne može ni da ugosti veći broj turista ili pacijenata. Obzirom na kapacitet izvorišta termomineralnih voda banja ima veliki kapacitet, a trenutno malo iskorišćavanje.

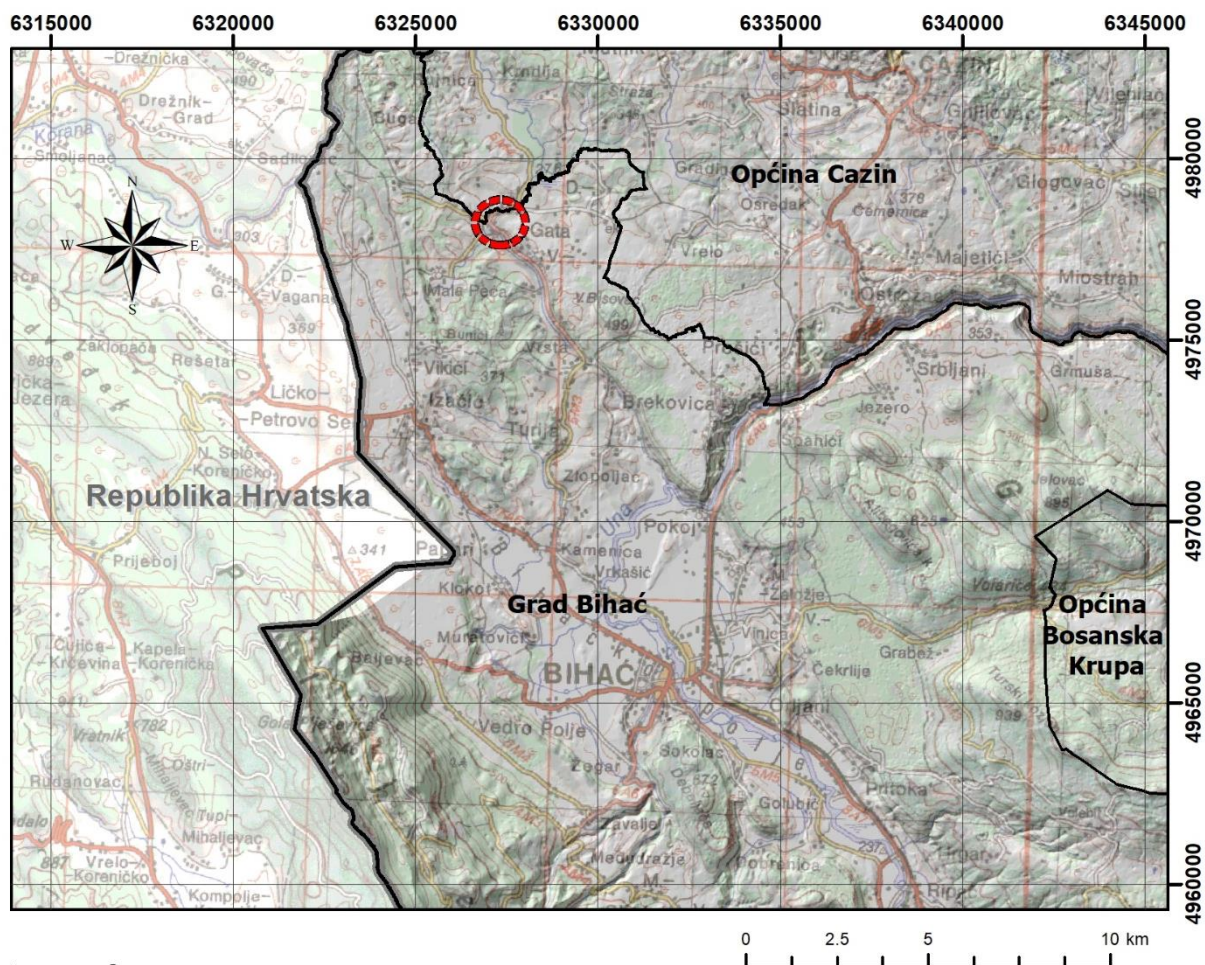
Bilansne rezerve termomineralnih voda banje Gata su 13,8 l/s, trenutna maksimalna dnevna potrošnja vode je oko 27 m³/s. Temperatura vode se kreće od 32-38 °C. Ova količina kao i temperatura izdvajaju Gatu kao vrlo potencijalnu banju za razvoj balneologije i turizma u ovom dijelu Bosne i Hercegovine

1. Geografski položaj

Banja Gata nalazi se na teritoriji Grada Bihaća. Udaljena je oko 18 km od centra Bihaća u pravcu Cazina. Banja je na samoj granici grada Bihaća i opštine Cazin.

Lječilište je regionalnim putevima povezano sa Bihaćem i Cazinom. Obzirom na svrhu lječilišta lokacija odgovara osnovnoj namjeni. Lječilište je na nadmorskoj visini od 270 do 280 mnm.

Lječilište je oko 20 km udaljeno od Republike Hrvatske što dodatno daje potencijal za razvijanje lječilišta kao regionalnog centra.



Legenda:



Predmetni lokalitet



Granica jedinica lokalne samouprave



Granica Bosne i Hercegovine

Slika 1. Geografski položaj istražnog područja banje Gata

2. Geološka građa šireg područja

Opis geološke građe se daje na osnovu rezultata ranijih istraživanja te osnovne geološke karte list Bihać. Šire područje Gate izgrađuju geološke tvorevine trijasa, jure, krede, paleogena i neogena (I Slišković 1985.), te kvartarne tvorevine u vidu šljunkova i pijeskova, koje su prikazane na geološkoj karti razmjere 1:50 000 (slika u nastavku).

paketa. Stariji paket (J^3) male debljine leži na lijasko-dogerskim dolomitima. U najnižim dijelovima ovih sedimenata utvrđene su intrabasenske breče izgrađene od fragmenata glinovitih krečnjaka i dolomita. Vezivo je glinoviti krečnjak. Breče prelaze u sive glinovite krečnjake i dolomite. Dolomiti i dolomitični krečnjaci se izmjenjuju. Mlađi paket (J^3) malmskih naslaga ima veće rasprostranjenje u području od sela Vrela do Gate. Predstavljen je bijelim do svijetlosivim mikrokristalastim, oolitičnim i brečastim krečnjacima koji se dobro razlikuju od podinskih dolomita. Bogati su različitim hidrozoama i briozoama.

Kreda (K) je predstavljena krečnjacima, dolomitima i flišnim razvojem. Pri tome dolomiti se javljaju u donjoj kredi, dok se krečnjaci i fliš javljaju u gornjoj kredi.

U okviru Donje krede su na osnovu mikrofosila izdvojena dva paketa i to:

Valendis-otriv-barem (K_1^{1-3}) izgrađen od krečnjaka i dolomita sa mikrofosilima *Salpingoporella annulata*, i paket barem-apt-alb (K_1) koji se sastoji od krečnjaka sa ulošcima lapora i dolomita sa mikrofosilima sa *lpingoporella* i *Orbitolina*.

Gornja kreda je raščlanjena na cenoman-turon (K_1^{1-2}) koji je izgrađen od krečnjaka, dolomita i breča sa rudistima i hondrodontama, dok se senon javlja u dva razvoja. Stariji senon ($_{1-3}K_2^3$) se sastoji isključivo od svijetlosivih rudistnih krečnjaka. Ovi krečnjaci sadrže veliku količinu biogene komponente. Mlađi senon ($_{3,4}K_2^3$) je zastupljen u flišnom razvoju. Flišne naslage predstavljene su pretežno laporima i kalkarenitima, a u području Gate su vrlo karakteristične sitnozrne breče izgrađene isključivo od fragmenata različitih krečnjaka i dolomita. U krečnjačkom vezivu su nađeni Orbitoidi na osnovu kojih su uvrštene u mlađi senon. U glinovitim rumenkastim krečnjacima utvrđene su globotrunkane. Osim krečnjaka, lapora i kalkarenita u flišnim naslagama ima brečastih uložaka roznaca.

Paleogen (Pg) na širem području Gate nije utvrđen, međutim na OGK list Bihać na manjoj površini izdvojene su krečnjačke breče koje leže diskordantno na starijim krednim krečnjacima, a u krovini su neogene naslage. Autori tumača za list Bihać smatraju da su ove breče eocensko-oligocenske starosti.

Neogen (Ng) je predstavljen srednjemiocenskim sedimentima koji su izdvojeni u dva paketa. Stariji paket ($_{1}M_2$) izgrađen je od konglomerata i breča. Najrasprostranjeniji je mlađi paket ($_{2}M_2$) izgrađen od krečnjaka, glinovitih krečnjaka sa interkalacijama tufova i uglja. Nakon taloženja krečnjaka došlo je do diferencijacije u sedimentaciji te se talože lapori u izmjeni sa konglomeratima i brečama, gline, laporovite gline sa proslojcima uglja, te pijeskovi s proslojcima šljunka.

Kvartar (Q) je zastupljen na velikom dijelu Bihaćkog polja, a izgrađuje ga šljunak i pijesak izgrađeni od valutica krečnjaka i dolomita. Valutice su promjera 1 - 10 cm. U području Gate kvartar predstavlja različite ilovače i barski sedimenti.

2.1. Geološka građa užeg područja

Razmatrani teren na površini izgrađuju mezozojski i neogeni sedimenti i to stijene srednjeg i gornjeg trijasa koje prema istoku, jurski sediment u istočnom i jugoistočnom dijelu terena i stijene kredne starosti koji izgrađuju centralne dijelove terena i dalje prema sjeverozapadu. Sjeveroistočni i jugozapadni dio terena prekrivaju sedimenti srednjeg miocena koji čine obodne dijelove cazinskog i bihaćkog neogenog basena. Hipsometrijski niži tereni uz tokove Toplice, Kozilara i Skorupace pokriveni su aluvijalnim nanosom, koji zbog male moćnosti i zaglinjenosti nema hidrogeološkog značaja, a naročito ne za termomineralne vode.

Trijas

Trijaske naslage su odvojene u sjeveroistočnom dijelu terena. Pružaju se od Gate Iliđe na istok.

Tankouslojeni dolomiti, lapori, rožnjaci i pločasti krečnjaci (T_{2,3})

Otkriveni su u tjemenu antiklinale koja se pruža od Gate Iliđe na zapadu prema istoku. Profil kroz te naslage, dobro je otkriven južno od sela Potok. Na tom profilu kod zgrade osnovne škole utvrđeni su tankouslojeni tamnosivi pjeskoviti krečnjaci u izmjeni s rožnacima. Ovi slojevi strmo su nagnuti na sjever ili jug ili su okomiti. Postupno prelaze u tankouslojene smeđe dolomite koji sadrže tanje proslojke crvenkastih i zelenih škriljavih glina. Dalje prema jugu dolomiti su nešto dublje uslojeni i sadrže rjeđe uloške škriljavih glina i rožnaca. Granica s gornjotrijaskim dolomitima je nejasna. Postavljena je tamo gdje dolomiti postaju svijetliji, debljeuslojeni i gdje više ne sadrže uloške glina i rožnaca. Ovaj paket naslaga je izdvojen na osnovu litološke građe. Na osnovu istih funkcija uvrštene su te naslage u ladinik i karnik. U širem području (Bihać, Bosanska Krupa, Prijedor) naslage takve litološke građe javljaju se uvijek u ladiniku i karniku. Debljina iznosi obično 200 - 250 m, fosili nisu utvrđeni.

Dobrouslojeni stromatolitski dolomiti (T₃)

Nalaze se u sjevernom i južnom krilu antiklinale. Pružaju se od Gate na zapadu u širini od oko 200 - 300 m na istok. U sjevernom krilu gornjotrijaski dolomiti se pružaju od potoka Kozilar na istok do sela Patoka. Od ostalih dolomita odvojeni su samo na osnovi superpozicije. Kontinuirano su istaloženi na ladiničkokarničkim naslagama. Unutar dolomita odvojeni su samo na osnovi superpozicije. Kontinuirano su istaloženi na ladiničkokarničkim naslagama. Unutar dolomita rjeđi su ulošci dolomitičnog krečnjaka. Prema opisu preparata (J. Gakovič) izrađenim iz gornjotrijaskih dolomita stijene su determinisane kao mikrokristalasti dolomit, biointrasparit i grudvasti dolomit.

Mikrokristalasti dolomit je mikrokristalaste strukture sa zrcima manjim od 0,005 mm. Jedini sastojak stijene je mineral dolomita. Biointrasparit je klastične građe. Teksture je masivne, a strukture intraklastične sa veličinom klastita od 0,10 do 2,00 mm. U sastavu stijene su pretežno fragmenti mikrita te brojni prekristalizirani ostaci mikrofosila. Grudvast dolomit ima grudvastu strukturu. Grudvice su veličine od 0,05 do 1,00 mm. Osnova stijene je izgrađena od finokristalastog i mikrokristalastog dolomita. Ni u ovim naslagama nisu nađeni

fosili. Gornjotrijaski dolomiti su vrlo debeli. Gdje su otkriveni i sačuvani u kompletnom stubu debeli su oko 1200 m.

Jura

Jurske naslage izgrađuju čitavu zaravan od Donje Gate do Panjigrada i brda V. Bisovac. Izdvojena su tri paketa naslaga uglavnom na osnovi superpozicije i dijelom po litološkoj građi i fosilima (paket $2J_3$).

Lijasdogerske naslage (J_1+J_2)

Leže konkordantno na gornjetrijaskim dolomitima. Prelaz iz trijasa je kontinuiran i neprimjetan, tako da je donja granica tim naslagama nesigurna. Pružaju se od jugoistočnog ruba karte na sjever preko brda V. Bisovca i M. Gate do rasjeda kojim su u kontaktu s gornjetrijaskim dolomitima. Izgrađene su od sivih vrlo dobroslojenih dolomita, a rijeđe se nalaze i manji ulošci krečnjaka. Dolomiti su vrlo slični ostalim dolomitima na terenu, makar su u pojedinim dijelovima stupa sitnooolitični i šupljikavi po čemu se mogu uvrstiti u doger, jer su inače u dogeru takvi dolomiti u širem području česti. Jugoistočnije izvan geološke karte 1:10 000, u području Brekovicica i kod sela Vrela nađene su u tim naslagama lijaski foraminiferi, orbitopsele. Prema tome ove naslage su izdvojene u lijas i doger samo na osnovi nalaza orbitopsela kod Brakovice i sela Vrela i na osnovi superpozicije, jer konkordantno leže na debelim naslagama gornjotrijaskih dolomita. Prema sedimentološkim nalazima određeni su sitnokristalasti dolomiti i intrasparit. Sitnokristalasti dolomit je neujednačene zrnaste strukture sa zrnima od 0,01 do 0,11 mm promjera. Stijena izgrađena od minerala dolomita čija su zrnca pretežno prozirnata. Intrasparit je smeđe boje, masivne teksture, a intraklastične strukture. Intraklasti su promjera od 0,08 do 0,50 mm izgrađeni su od mikrita, fosilifernih mikrita, prekristaliziranih ljušturica mikrofosila i rjeđe zrnaca kvarca. Gornja granica ovih naslaga označena je pojavom rumenkastih, glinovitih, gomoljastih krečnjaka i krečnjačkih intrabazenskih breča. Tu je postavljena granica između dogera i malma. Nikakvih paleontoloških dokaza nema za to. Razvoj jure u širem području ukazuje da su se krajem dogera i početkom malma i kasnije u malmu, zbivala značajna gibanja, koja su uslovljavala okopnjavanje, odnosno povlačenje mora. Zbog takvih zbivanja različiti članovi lijas, dogera ili malma leže diskordantno na trijaskim dolomitima. Spomenute breče na granici dogera i malma su takođe posljedica nemira u sedimentacionom prostoru. Osim toga granica između lijasdogerskih naslaga i malma postavljena je tu i na osnovi superpozicije. Cijeni se da su lijasdogerske naslage debele oko 600 m. Na njima slijedi malm i to sa starijim paketom $1J_3$ debelim oko 200 m, a na tom paketu slijede sperakitnijski krečnjaci debeli oko 400 metara.

Sivi dolomiti, glinoviti gomoljasti krečnjaci i breče ($1J_3$)

Odvojeni su na osnovi superpozicije i litološke građe u stariji malm. Pružaju se od sela Krnja na jugu preko Male Gate na sjeveru do gornjotrijaskih dolomita s kojima su u rasjednom kontaktu. Najbolje su otkrivene kod sela Krnje. Na sivim lijasdogerskom dolomitima leže glinoviti i pjeskoviti, gomoljasti krečnjaci i breče. Ove naslage debele oko 20-30 metara postupno prelaze u sive i svijetlosive vrlo dobro uslojene dolomite. Gornja granica nije jasna, jer svijetlosivi dolomiti postupno prelaze u svijetlosive i bijele masivne krečnjake s

hidrozoima. Čitav paket naslaga debeo je oko 200 metara. Mikropaleontoloske analize iz tih naslaga bile su sterilne, odnosno utvrđeni su neprovodni foraminiferi i alge.

Bijeli i svijetlosivi masivni krečnjaci i dolomiti s hidrozoima (2J3)

Predstavljaju mlađi član malmskih naslaga. Izgrađuju strmi jugozapadni rub zaravni Male Gate. Pružaju se od Panjigrada na sjever preko Krnje i Čerjeza do trijaskih dolomita u Donjoj Gati. Sjeverno od Čerjeza i u području D. Gate naslage su pokrivene humusom i glinovitim deluvijem. To su obradive površine na kojima nema izdanaka. Naslage su u donjem dijelu izgrađene od bijelih i rumenkastih mikrokristalastih i oolitičnih krečnjaka s nepravilnim prelazima u dolomitične krečnjake i dolomite. Mlade naslage paketa izgrađuju masivni, brečasti, oolitični i mikrokristalasti krečnjaci bogati hidrozoima (sferaktinije). Na osnovu sferaktinija uvrštene su u malm. Gornja granica je postavljena tamo gdje počinju bijeli i žućkasti uslojeni dolomiti i brečasti krečnjaci koji ne sadrže hidrozoe. Naslage su debele oko 500 m.

Kreda

Kreda je predstavljena sa dva stratigrafska člana. Neokomskim krečnjacima dolomitima i senonskim flišem.

Neokomski dolomiti i krečnjaci (K1)

Izdvojeni su kao i ostali stratigrafski članovi prvenstveno na osnovu superpozicije i litološke građe. Donja granica je nesigurna jer krečnjaci s hidrozoima postupno prelaze u krečnjake i dolomite koji ne sadrže hidrozoe. To je jedini kriterij po kojem su donjokredne naslage odvojene od malmskih. Neokomski dolomiti i krečnjaci odvojeni su u području Gate lliđe i Velike Gate, zatim su utvrđeni u području Rastovače, Jazmaka i Glavice. Južno od Selista mogao se donekle pratiti slijed naslaga iz malmskih hidrozojskih krečnjaka u neokomske dolomite. U području Rastovače otkrivene su te naslage u većem profilu pa se moglo utvrditi da su izgrađene od brečastih krečnjaka i sivih žućkastih dolomita. Dolomiti se makroskopski a ni na osnovi sedimentoloških analiza ne mogu razlikovati od ostalih dolomita u ovom terenu tako da je njihova donjokredna starost nesigurna. Uvršteni su u donju kredu samo zbog toga što se s dosta sigurnosti na profilu od Pećine do Selišta moglo utvrditi da leže na hidrozojskim krečnjacima. Neokomski krečnjaci čine podlogu senonskom flišu, tako da je gornja granica dobro označena. Na Osnovnoj geološkoj karti list Slunj 1:100 000 neposrednu podlogu flišu čine krečnjaci mlađe donje krede (Trzička Rastela), međutim ti su krečnjaci identični s krečnjacima kod Gate, pa smatramo da bi i one kod Trzačke Rastele trebalo uvrstiti u stariju donju kredu jer i tamo kontinuirano slijede krečnjaci sa hidrozoima. Mora se naglasiti da stratigrafski položaj tih naslaga nije siguran, makar nam se prema opisanim odnosima čini najlogičnije da pripadaju starijoj donjoj kredi.

Senonske breče, kalkareniti i lapori (K3)

Imaju veliko rasprostranjenje u sjeverozapadnom dijelu terena. U tom području bili su odvojeni i u dosadašnjim geološkim kartama, međutim kartiranjem su utvrđeni i kod Velike Gate, sjeveroistočno od Brezove Poljane. U dosadašnjim geološkim kartama tu su bile prikazane samo malmske naslage. Naslage su dosta pokrivene, te se ne mogu na velikom

prostoru direktno proučavati. Samo na nekoliko profila mogli smo ih bolje proučiti. U Velikoj Gati, na putu od Selišta na jug prema Brezovoj Poljani, otkriven je profil od oko 250 m. Tu se vidi da su najstariji dijelovi fliša izgrađeni od sitnozrnih krečnjaka breča vrlo dobro vezanih krečnjačkim vezivom, zbog čega ih je vrlo teško razlikovati od podinskih brečastih donjokrednih krečnjaka. U brečama se nalaze sitne pukotine ljuštura rudista. Na brečama slijede u stubu tankouslojeni glinoviti, škriljasti krečnjaci u izmjeni s laporima u kojima ima i proslojaka rožnaca. Kod Rastovače u usjeku česte takođe na maloj površini izdanjuju krečnjačke sitnozrne breče s krhotinama rudista. I u području Jazmaka i Glavice izdanjuju sitnozrne breče neposredno uz donjokredne brečaste krečnjake. Kod pećine u Jazmaku utvrđeno je da neposredno na donjokrednim krečnjacima leže breče, a na njima rumenkasti pjeskoviti škriljavi krečnjaci u kojima su utvrđene globotrunkane. Globotrunkane su utvrđene i u drugim preparatima tako da je stratigrafski nivo ovih naslaga paleontološki dokumentiran. Sedimentološkim analizama utvrđeni su intraspariti, alevritski intraspariti i alevritski laporoviti intraspariti. Debljina ovih sedimenata procjenjuje se na oko 500 m.

Neogen

Neogene naslage pokrivaju čitav teren sjeverno od Gate Iliđza kao i područje jugozapadno od ceste Gata-Bihać (Rastovača, Brezova Poljana, Musica Poljana i Panjigrad). Izdanaka tih naslaga gotovo nema pa je njihov opis napravljen samo na osnovu determinacija jezgra bušotina i tumača na OGK list Bihać. Neogene naslage pripadaju srednjem miocenu prema makrofosilima (kongerije i melanopsisi) i mikrofosili (oogonije hara, ostrakodi i dr.) kao i na osnovi analize polena. Izgrađene su od lapora, gline, glinovitih krečnjaka i šljunka. Unutar gline utvrđeni su i tanji slojevi ugljena. Diskordantno leže na svim mezozojskim stratigrafskim članovima, a u području Velike Gate i Panjigrada su u rasjednom kontaktu s donjokrednim i malmskim dolomitima i krečnjacima.

Kvartar

Kvartarne tvorevine pokrivaju najveći dio obrađivanog terena, međutim nisu odvojene jer bi geološka karta bila nepregledna. Osim aluvija i močvarnog zemljišta u dolinama riječica i potoka, zastupljen je deluvij (raspadnute stijene neogena pomiješane sa rastrešenim karbonatnim stijenama).

3. Hidrogeološke karakteristike područja

Hidrogeološke karakteristike zavise od geološke građe terena i tektonike istražnog prostora. Na osnovu svega ranije navedenog daju se hidrogeološke karakteristike terena na predmetnom području.

S obzirom, na raznolikost prisutnih stijenskih masa u pogledu litološkog sastava, strukturnog tipa poroznosti i dr., na istražnom terenu je izdvojeno više tipova izdani (I Slišković 1985.):

- stijenske mase intergranularne poroznosti, u koje spadaju kvartarne odnosno aluvijalne naslage,

- stijenske mase pukotinsko-karstne poroznosti kojima pripadaju mezozojski karbonatni sedimenti,
- hidrogeološki kompleksi u kojima se izmjenično smjenjuju vodopropusne i vodonepropusne stijene.

Unutar izdvojenih grupa sa istim tipom poroznosti postoje razlike u njenom intenzitetu, što uslovljava različitu vodopropusnost stijena, odnosno različitu vodoobilnost terena, koje izgrađuju. Širu lokaciju Bawe Gata izgrađuju stijenske mase sa karakteristikama dobrovodopropusnih do praktično vodonepropusnih stijena.

Sve stijenske mase, u pogledu hidrogeološke funkcije, podijeljene su na:

- hidrogeološke kolektore (akvifere) i
- hidrogeološke izolatore (akvitarde).

U hidrogeološke kolektore (akvifere) spadaju aluvijalni šljunkovi i pijeskovi koji pokrivaju veći dio Bihaćkog polja i manje partije uz gotovo sve stalne vodotoke. Ovi sedimenti uglavnom su dobrovodopropusni, osim jače zaglinjenih partija i u njima je formirana freatska izdan hladnih voda koja je u direktnoj hidrauličkoj vezi sa površinskim vodotocima, te zbog svoje zagađenosti i male moćnosti izdani, ove vode nemaju posebnog značaja pogotovo kad je riječ o balneologiji.

Najznačajniji akviferi na širem području su mezozojske karbonatne stijene, odnosno dolomiti, krečnjaci i dolomitični krečnjaci trijasko, jurske i kredne starosti, koji se odlikuju karstno-pukotinskim tipom poroznosti. Potrebno je naglasiti da zbog njihove velike moćnosti i relativno male otkrivenosti na površini terena, odnosno izloženosti savremenim procesima karstifikacije, postoje znatne razlike u vodopropusnosti ovih stijenskih masa u različitim horizontima po dubini. U pripovršinskim horizontima ovi akviferi se mogu svrstati u dobrovodopropusne (J_3 i K_1) do srednevodopropusne (T_3 , J_{1+2}), sa tipično karstnim tipom cirkulacije infiltracionih (hladnih) voda, što za cirkulaciju termalnih voda ima većeg značaja sa aspekta procesa miješanja sa hladnim vodama nego sa aspekta primarne ascencije iz dubokih horizonata. U dubljim horizontima je zona sa smanjenom karstifikacijom odnosno usporenom cirkulacijom voda i u njoj dominira pukotinski tip poroznosti. U tom smislu, ne može se govoriti o primarnoj cirkulaciji podzemnih termomineralnih voda u pukotinsko karstnom akviferu, nego se radi o cirkulaciji u tektonski uslovljenim (rasjednim) zonama, koje za cirkulaciju, akumuliranje i pojavljivanje termomineralnih voda u području Gate imaju presudnu ulogu.

Hidrogeološki kompleksi, predstavljeni gornjekrednim laporovitim krečnjacima, laporcima i rožnacima u naizmjeničnom smjenjivanju (senonski fliš) i ladino-karničkim tanko uslojenim dolomitima, ne omogućavaju stvaranje većih akumulacija podzemne vode, a kretanju termomineralnih voda čine hidrogeološku barijeru. Ova su uglavnom klastične stijene, slabe pukotinske poroznosti i sa izmjenom vodopropusnih i vodonepropusnih stijena kao tipični hidrogeološki kompleks sa pretežno vodonepropusnom funkcijom. Sedimenti ladinokarnika

pretstavljaju podinu gornjetrijaskim dolomitima kao akviferu termomineralnih voda, pa samim tim imaju funkciju nepropusne granice između primarnog i sekundarnog akvifera termomineralnih voda, koja je prekinuta rasjedima i preko kojih ova dva akvifera komuniciraju.

Hidrogeološki izolatori odnosno vodonepropusne stijene su prvenstveno miocenski lapori i gline, koji čine krovinske izolatore arteških akumulacija hladnih i toplih voda, ili podinske izolatore podzemnih akumulacija u aluvijalnim kolektorima u dolinama rijeka. Trijaski i permo-trijaski lapori, gline, tufovi, pjesčari i rožnaci čine podinske izolatore toplih voda. Duž rasjeda, gdje su ovi slojevi izlomljeni i pomjereni vrši se spora cirkulacija voda, čime se ostvaruje veza između primarne i sekundarne izdani toplih voda i omogućuje miješanje ovih sa hladnim vodama.

Za kretanje i akumuliranje termomineralnih voda u karbonatnom akviferu bitan značaj ima njegova vertikalna promjena karakteristika vodopropusnosti. Čitav karbonatni kompleks u ovom području, od gornjeg trijasa, preko jure do donje krede (preko 2500 m), je formiran u jedinstvenom sedimentacionom ciklusu (bez hijatusa) pa nije bilo uslova za paleokarstifikaciju u mezozonama. To znači da je poroznost pukotinsko karstnog tipa ograničena na sadašnji stepen karstifikovanosti i njegovu razvijenost samo u plićim horizontima (do 100 m) a da sa dubinom dolazi do bitne promjene strukture akvifera ka tipično pukotinskom tipu poroznosti.

U pripovršinskim, dobro karstifikovanim horizontima formiraju se tipične karstne podzemne akumulacije infiltracionih voda, koje se karakterišu brзом vodozamjenom, što za posljedicu ima velike oscilacije izdašnosti karstnih vrela u široj okolini predmetnog lokaliteta, koji izvire po obodu otkrivenih dijelova stijenskih masa. Dublji horizonti, koji leže neposredno ispod naprijed opisanog, karakterizirani su manjom karstifikovanosti i usporenom sifonalnom cirkulacijom infiltracionih voda. Pošto je ovaj horizont uglavnom na površini prekriven izolatorskim stijenama (neogen, fliš) u njemu je formirana sapeta izdan termomineralnih voda koja se karakteriše uzlaznom cirkulacijom. Ove vode u akviferu u kojem preovladava pukotinska poroznost u odnosu na karstnu poroznost, koegzistiraju sa hladnim infiltracionim vodama i sa njima su u hidrodinamickoj ravnoteži. To znači da su u zavisnosti od brzine cirkulacije, pritiska i količina dotoka tople vode više ili manje pomiješane sa hladnim i to tako da se oko glavne rasjedne zone cirkulacije toplih voda stvara oreol miješanih voda u kojima sa udaljavanjem od drena raste udio hladnih voda u mješavini. Ovakva ravnoteža postignuta je u prirodnom režimu kretanja podzemnih voda, a ista se narušava svakom vještačkom intervencijom odnosno, crpljenjem jednih ili drugih. Da postoji miješanje dubokih toplih i plitkih hladnih voda pokazuje i hemizam voda iz kojeg se vidi da se vrelo Gate sastoji od dubokih voda koje se sa sulfatima obogaćuje u permoverfenu iz tvorevina gipsa i anhidrita.

Takođe, radiološka ispitivanja tricija (izvedena u toku ranijih istraživanja) u Gati upućuju na zaključak, da postoji miješanje prednuklearnih i postnuklearnih voda, dubokih i plitkih. Može se takođe na osnovu izotopskog sastava tvrditi da su vode atmosferskog porijekla i da im mineralizovanost potiče iz procesa rastvaranja soli sa recentnim meteorskim vodama. Izotopski sastav vode odgovara izotopskom sastavu atmosferilije.

U najdubljim horizontima karbonatnih naslaga, iznad kojih obično leži jedan ili više izolatorskih slojeva, razvijeni su samo neznatni oblici paleokarstifikacije, tako da pukotine dominiraju u odnosu na kavernožnost. Međutim za kretanje vode u ovoj sredini najznačajniju ulogu imaju rasjedi, odnosno zone poremećene rasjedima i razlomnim strukturama. U ovakvim uslovima descenzija infiltracionih voda je znatno usporena, a duž pomenutih rasjednih zona vrši se ascenzija toplih voda. Ovakve karakteristike u užem smislu, imaju trijaski dolomiti u područjima u kojima nisu otkriveni na površini. U najužem smislu, ovih karakteristika su anizički dolomiti koji iznad sebe imaju ladino-karničke rožnace, lapore i tufove kao izolatore. Ovi akviferi, moćnosti oko 400 m imaju najznačajniju ulogu u formiranju izdani toplih voda u području Gate.

Pošto je istraživano područje u velikoj mjeri disecirano rasjedima i poremećeno starijim i novim tektonskim pokretima, to je i pomenuti kolektor razdijeljen nerijetko izoliran u manje cjeline ili izložen direktnom uticaju atmosferskih voda, tako da se na sadašnjem stepenu istraženosti ne može tvrditi da li ovaj kolektor predstavlja primarnu, osnovnu, akumulaciju termomineralnih voda banje Gate, koje se daljim razblaživanjem pojavljuju kao termomineralne vode, koje ascendiraju iz velikih dubina duž lomova zemljine kore sa hladnim vodama atmosferskog porijekla.

U svakom slučaju tople vode bihaćkog basena pa tako i vode Gate su dubinskog porijekla. One se miješaju sa infiltracionim vodama, a porijeklo njihove temperiranost i treba usko vezati za dubinski rasjed koji ide linijom Karlovac-Bihać-Split i prolazi otprilike sredinom bihaćkog basena.

Obzirom na ascedentno porijeklo, mogući primarni akvifer termalnih voda visoke entalpije su dublji horizonti gornje trijaskih dolomita.

Imajući u vidu prethodno navedeno o strukturalnoj poroznosti i karakteru vodoprovodnosti akviferskih stijena, može se konstatovati da u području Gate, za cirkulaciju, akumulaciju i pojavljivanje termomineralnih voda, najveći značaj imaju tektonske disjunktivne strukture (rasjedi). Radi se uglavnom o vertikalnim i subvertikalnim aktivnim rasjedima, kroz koje se termomineralne vode kreću uzlazno (ascedentno) zbog visokih pritisaka u primarnom dubinskom kolektoru i akumuliraju, miješaju, rashlađuju i arteski pojavljuju u zoni pripovršinske karstifikacije. Prema tome, u istom pukotinsko-karstnom akviferu koegzistiraju tople i hladne vode, koje zavisno od razlike u pritiscima i filtracionim karakteristikama akvifera uspostavljaju međusobnu dinamičku ravnotežu. Na užem području Gate se ovaj proces manifestuje kroz niz pojava termomineralnih vrela, izbušenih bušotina sa terminalnih vodama različitih temperatura (G-2, G-5, B-8, B-9, B-11 i SB-1) i bušotina sa hladnom pitkom vodom (GB-4).

Imajući u vidu evidentirane temperature vode na pojedinim hidrogeološkim objektima, kao osnovni pokazatelj miješanja sa hladnim vodama, uočava se uska zona primarnog isticanja toplih voda na potezu bušotina G-5, SB-1, B-11 i B-8, sa temperaturom 36,5- 38°C (I Slišković

1985.). Izvan ovog područja temperature opadaju u svim pravcima različito, a najizraženiji pad temperature je prema bušotinama B-7 i B-10. Ovo ukazuje na mogućnost da se ove bušotine nalaze sa druge strane rasjeda, koji ima funkciju barijere za termomineralne vode. Opadanje temperature sa udaljavanjem od primarne zone isticanja tople vode izrazito je uočljivo na geotermičkim sondama G-1, G-2, G-3 i G-4. Sonda G-4 ima potpuno hladnu vodu (u istom akviferu) i na toj lokaciji vodosnabdijevanje pitkom vodom je izveden bunar GB-4.

Bušotina SB-1 je ciljano izvedena u najužoj zoni ascedencije termalnih voda, što su potvrdili i rezultati nakon bušenja, arteški pritisak, temperatura 37,7°C, konstantna temperatura po dubini i kapacitetu. Međutim, iako je bušena do sada najdublje, do dubine 352 m nije dosegla primarni akvifer termomineralnih voda nego je ostala u dolomitima, kao pouzdano utvrđenom sekundarnom akviferu. Kao primarni akvifer se pretpostavljaju krečnjaci boljih filtracionih svojstava od dolomita, sa većim količinama vode i višim temperaturama, zbog većih brzina podzemnog toka i kraćeg vremena rashlađivanja.

Preko gornjetrijaskih dolomita na istraživanom području transgresivno leže miocenski laporci i gline, a u širem području su zastupljene naslage gornjekrednog fliša. Ove naslage su predstavljene sa laporcima, laporovitim krečnjacima. Ovaj gornjokredni fliš ima ulogu hidrogeološkog kompleksa iz kojeg se na kontaktu vodopropusnih laporovitih krečnjaka i vodonepropusnih laporaca javljaju izvori izdašnosti od 0,1 - 2 l/s.

Neogene naslage odnosno miocenski laporci i gline (2M_2) predstavljaju krovinsku barijeru podzemnim vodama formiranim u trijaskim dolomitima (T_3). Ovi sedimenti su hidrogeološki izolator koji štiti podzemne vode od površinskog uticaja. Ovi sedimenti su omogućili obrazovanje arteške izdani hladnih podzemnih voda. Iznad njih javljaju se kvartarni sedimenti u vidu riječnih i potočnih nanosa.

Kvartarni sedimenti predstavljaju hidrogeološki kolektor intergranularne poroznosti koji je rasprostranjen duž riječnog toka Toplice i njenih pritoka. U litološkom smislu to su šljunkovi, pijeskovi i gline, čija se debljina kreće od 2 - 8 m. U njima su izgrađeni kopani bunari za individualno vodosnabdijevanje. Prihranjivanje izdani se vrši infiltracijom površinskih voda Toplice i difuzno padavinama. U periodu niskog vodostaja Toplice ekvipotencijalne linije padaju prema riječnom toku. Zbog zaglinjenosti i male debljine kvartarne naslage ne predstavljaju značajan akvifer za vodosnabdijevanje ali mogu da imaju značajnu ulogu u transportu zagađenja podzemnom filtracijom, zbog činjenice da prekrivaju sve prethodno nabrojane akvifere.

3.1. Izdašnost vodozahvatnih objekata

Pored svih bušotina i istražnih bunara izrađenih na lokalitetu Gata, kao što je više puta navedeno, u eksploataciji su samo dva bunara SB-1 i B-8. Oba bunara su situirana u krugu Banja Gata.

U oba bunara uronjena je pumpa i spojena je sa banjaskim sistemom. Imajući u vidu da su potrebe banje maksimalne na dnevnom nivou oko 27 m³/dan. Kapaciteti oba bunara su mnogo veći.

U ovom momentu u bunarima su pumpe koje imaju maksimalni kapacitet 15 l/s uz uslove dizanja od 50 m. Kako su pumpe povezane cijevima sa velikim brojem suženja lomova, ventila javljaju se veliki gubici u vidu otpora koje utiču na smanjenje maksimalnog kapaciteta. Sa druge strane nikad nisu u upotrebi oba bunara. SB-1 ima višu temperaturu pa se uglavnom koristi u zimskom periodu, a bunar B-8 se koristi u ljetnjem periodu zbog svoje niže temperature. Oba bunara vrše snabdijevanje lječilišta termomineralnim vodama istim kapacitetom i u njima je ugrađena ista pumpa, s razlikom što je izdašnost bunara SB-1 veća pa se u tom bunaru ostvaruje manja depresija. S obzirom, da se sa 8 l/s može ostvariti maksimalna depresija od 3,55m (na osnovu mjerenja 02.02.2019.) koja visoko iznad usisa pumpe (usis pumpe je 11,5m) eksploataciona mogućnost ovih bunara je daleko veća. mogućnost još uvijek

Na osnovu provedenih testiranja predmetnih eksploatacionih bunara može se zaključiti da je maksimalna izdašnost vodozahvatnih objekata u postojećim uslovima:

SB-1..... 8 l/s

B-8 8 l/s

Ovaj kapacitet bise mogao i povećati ugradnjom jače pumpe, spuštanjem pumpe dublje ili ugradnjom pumpe sa više radnih kola manjeg prečnika tj. koliko dozvoljava prečnik bunarske konstrukcije.

Imajući u vidu, postojeće potrebe lječilišta „Gata“ postojeća izdašnost vodozahvatnih objekata je više nego dovoljna.

Takode je i S. Miholić 1956. godine, dao jednu hemijsku analizu termomineralne vode Gata. Voda po ovom autoru pripada SO₄-HCO₃-Cl-Ca-Na-Mg tipu, sa mineralizacijom 1685 mg/l. Na priloženoj tabeli u nastavku vidi se analiza S.Miholića iz 1956. i analiza vode iz bušotine B-1, B-3 Zavoda za rehabilitaciju Medicinskog fakulteta sveučilišta u Zagrebu iz 1977.

Tabela 1: Poređenje podataka o kvalitetu termomineralnih voda Gata

Godina			8.jan	8.mar	8.avg
	1919	1956	1977	1977	1977
Temp.°C	26-36 °	36,5°	31'2°	32,7°	36,3°
Rn nC/l		11 56 o	0,51	0,75	1,32
pH			6,5	6,5	6,5
Vidlj. u Scm-1			1746	1900	2030
SO ₂ mQ/l	0,8		45,2	45,2	54,1
H ₂ S mg/ l			0,34	0,34	0,34
Li mg/l	traQ				0,04
Sr mQ/l	2	2			0,12
Ba mQ/l					1,2
Fe ₂ O ₃	0,14	25,4			1,2
Al ₂ C ₃	0,19				2,9
Mn mg/l	0,5				0,07
F mQ/l					Trag
Br mg/l					0,06
J mQ/l					0,016
SiO ₂ mg/l	24	11,9			37,5
Na mvalo/o	29,65	29,9			29,48
Ka mvalo/o	0,9	0,84			1,08
Ca mvalo/o	49,65	49,8			46,45

Mg mvalo/o	19,08	19,2			22,
Cl mvalo/o	25,56	26,9	25,73	26,47	27,11
SO ₄	54,11	51,7	51,22	53,48	54,83
HCO ₃	20,33	21,5	22,74	20,04	18,06
mval ukupno	49,37	49,1	38,38	43,29	47,24
Min. mQ/I	1692	1685	1433+	1581+	1614
HCO ₃ u CO ₃	1536	1522			1479
Isp. 105°C			1298	1446	1588
Isp. 180°C		1593	1260	1420	152
SO ₄ kontr.rac.		1695	1686		1641
SO ₄ kontr.anal.			1328	1498	1630

Sa bušotine B-3 „Institut Boris Kidrič” Ljubljana uradio je jednu kratku hemijsku analizu 20.09.1977.godine (iskazano u mg/l).

Na ₄	ispod 0,05
K	11,00
Na.....	12,00
Ca.....	22,40
Mg.....	51,10
Fe	ispod 0,01
Mn.....	ispod 0,01
Cl.....	ispod 192
NO	ispod 0,01
NO ₃	ispod 0,80
HCO ₃	265
SO ₄	567
Isparni ostatak na 105°C	1365
pH.....	7,20

Na osnovu ove analize takođe se vidi da termomineralna voda pripada S04- HC03-Cl-Ca-Na-Mg tipu. Na priloženoj tabeli vide se skraćene hemijske analize za nekoliko bušotina kao i izvora iz kojih se vidi da tople vode imaju veću mineralizaciju dok hladne vode imaju nisku i one se mogu koristiti za piće.

Sve analize kao i analize vode sa bušotina pokazuju da je sastav skoro isti i da uporedo sa povećanjem temperature rate radioaktivnost i mineralizacija kao i koncentracija S04. Razlike su minimalne i skoro beznačajne u pogledu balneološkog tretmana vode.

Gasonosnost termomineralne vode ispitivali su B. Oerković i N. Dimitrijević 1972. godine, u članku koji je objavljen 1972.godine, pod naslovom „Gasonosnost nekih termalnih i termomineralnih voda BiH autor: navodi da ova voda sadrži:

CO ₂	8,00 %
O ₂	2,00 %
N ₂	90,00 %
He+Ne.....	0,0063 %
Ar+Kr+X.....	1,2357 %
T= 35°C pH.....	7,50

Iz ovoga se vidi da je ovo pravi predstavnik azotne vode, i da ona nije slična termomineralnoj vodi Iliđe Sarajevo kako je to u članku naveo J. Josipović 1971. godine. Dimitrijević N. na osnovu odnosa He/Ar odredila je apsolutnu starost ove vode i smatra da je stara 127.500 godina. Tokom izvođenja istražnih radova u 1983/84 praćene su i promjene kvaliteta termomineralnih voda analiziranjem njihovog hemijskog sastava.

Uzorci za skraćene hemijske analize uzimani su u tokom bušenja istražne bušotine SB-1 pri dostignutim različitim dubinama. Da bi se izbjegli uticaji hladne vode koja je ubacivana u bušotinu u procesu bušenja uzorci su uzimani uglavnom prilikom testiranja bušotine ili nakon dužih prekida bušenja. Upoređujući rezultate analiza uočava se da je hemijski sastav voda iz bunara SB-1 bi praktično nepromjenjiv i tokom bušenja, odnosno na raznim dubinama i tokom vremena.

Takođe su istih hemijskih karakteristika i okolni objekti termomineralnih voda. Oba uzorka čije analize pokazuju u nekoliko različite hemijske karakteristike (G-5, 26.10. i SB-1 11.10.) vjerovatno su bila zagađena površinskim vodama zbog slabe izolacije bušotine i procesa bušenja.

Analizirane vode izvorišta Gata Iliđa (SB-1) su termomineralne, sa temperaturom 36-37°C, mineralizacijom 1108 mg/l do 1545 mg/l i karakterističnim sadržajem makroelemenata (u % mgekv/l) i to:

- sulfata 46 - 58;
- hlorida 24 - 39;
- hidrokarbonata 10 - 22;
- kalcija 45 - 59;
- natrija (+kalij) 17 - 36;
- magnezija 17 - 26;

Na kraju može se zaključiti da je termomineralna voda Gate sulfatno-hloridno-hidrokarbonatno-kalcijsko-natrijsko-magnezijskog tipa i da predstavlja dublje genetski tip vode. Voda donosi sa sobom SO₄ i Cl a to je važan indikator da se radi o dubljoj vodi koja iz većih dubina migrira sistemom prsline pukotina i rasjeda na površinu. U pogledu formiranja može nam pored tipa vode poslužiti i znatna temperatura od 36 - 37°C i to sve ide u prilog da se ova voda formira ispod 400 m dubine. Uzimajući u obzir srednju godišnju temperaturu područja Gate od 10 °C i geotermički stepen od 20 m za 1 °C voda ne dolazi iz manje dubine od 400 m. Prema tome dubina bušenja još uvijek je mala i nedovoljna da bi se nabušio pravi primarni kolektor. Voda pripada azotnom tipu sa prisustvom plemenitih gasova a radioaktivnost se kreće od 1,39 MJ do 4,27 MJ.

Poređenjem ovih analiza sa analizama koje su na objektima i pojavama termomineralnih voda u Gati vršene tokom ranijih istraživanja možemo zaključiti da su hemijske i temperaturne karakteristike ovih voda stalne u vremenu, odnosno da imaju konstantnu balneološku vrijednost.

Vodni potencijal termomineralnih voda Banje Gata se koriste isključivo u balneološke svrhe. Uprkos samo jednog osnovnog načina korišćenja postoji još puno mogućih načina da se ovaj obnovljivi resurs iskoristi. Obzirom da ne postoji ni jedan bazen koji bi se mogao koristiti kako za balneološke svrhe tako i za turističke i rekreacione svrhe kao komercijalni način korišćenja. Trenutno se samo mala količina rezervi koristi za balneologiju. U maksimumu se koristi 27 m³/dan što je oko 0,31 l/s stalne eksploatacije. Naravno potrošnja vode se koncentriše samo tokom dana i neravnomjerna je u toku dana. Količina vode koja se trenutno koristi manja je od 10% samoizliva. S tim u vezi može se zaključiti da je resurs termomineralnih voda banje Gata neiskorišćen.

Trenutno se vode koriste za banjanje u kadama preko 10 aktivnih kada te tuširanje, što predstavlja minimalni obim korišćenja. Svakako praktičan oblik korišćenja ovih voda bili bi bazeni otvoreni i zatvoreni kako bi se sezona mogla proširiti tokom cijele godine čime bi se upotpunilo korišćenje. U biznis planu banje je izgradnja otvorenog i zatvorenog bazena za što svakako postoji raspoloživi kapacitet kad je riječ o termomineralnim vodama.

Srednji sadržaj korisnih komponenti se određuje na osnovu aritmetičke sredine za svaku komponentu hemijskog sastava i pojedine fizičke i fizičko-hemijske komponente. U korisne komponente, kada se radi o podzemnim vodama za piće, su sve komponente hemijskog sastava vode. U Terapijama termomineralnih voda može se uvesti i inhalacija kao oblik terapije te formiranje bazena za mineralno blato – Peloide. Bazeni za blato zahtijevaju određeni prostor što bi trebalo planirati ukoliko se banja krene razvijati u tom pravcu.

Jedan od mogućih načina korišćenja ovog resursa je i toplifikacija koja je jednim dijelom u ranijem periodu funkcionisala ali sa izmjenjivačem manjih dimenzija. Ukoliko se krene u pravcu korišćenja hidrogeotermalnog resursa potrebno je sistem grijanja prilagoditi karakteristikama vode.

Sa druge strane vode se nakon korišćenja vraćaju, putem kanalizacije u površinski tok. Temperatura vode na izlazu je preko 25°C što takođe predstavlja potencijal koji bi se mogao dalje koristiti za toplifikaciju plastenika u nizvodnom području od Banje Gata. Iskorišćavanjem te energije ostvarila bi se značajna materijalna dobit, a voda bi se nakon snižavanja temperature mogla vratiti u rijeku Toplicu bez mogućnosti uticaja na biodiverzitet u rijeci.

Kad je riječ o balneološkim uslugama, po Slišković I, termomineralne vode Banje Gata mogu da liječe ili korisno utiču na hronična reumatska oboljenja, neurološke bolesti, hronične ginekološke bolesti, bolesti lokomotornog sistema, bolesti srca i krvnih žila, bolesti respiratornih organa te bolesti mokraćnih puteva.

Zaključak je da su termomineralne vode Banje Gata manjim dijelom iskorišćene i da postoji opravdana mogućnost ulaganja u razvoj ovog banjškog kompleksa. Pozicija banje omogućava razvijanje banje kao regionalnog banjško turističkog kompleksa.

Literatura

1. Projekat hidrogeoloških istražnih radova na Banja Gata kod Bihaća, „Geoinženjering“, Sarajevo, 1980.
2. Izvještaj o hidrogeološkim odlikama bunara B-4 Gata, „Geoinženjering“, Sarajevo, 1980.
3. Aneks završnom Elaboratu o hidrogeološkim istraživanjima Banje Gata, „Geoinženjering“, Sarajevo, 1981.
4. Probno eksploataciono crpljenje bušotine B-1 u Gati, „Geoinženjering“, Sarajevo, novembar 1981.
5. Elaborat o hidrogeološkim istraživanjima, klasifikaciji i kategorizaciji rezervi podzemnih voda na bunaru GB-4, „Geoinženjering“, Sarajevo, juni 1982.
6. Projekat istraživanja geotermalne energije bihaćkog bazena, „Geoinženjering“, Sarajevo, maj 1983.
7. Elaborat o zaštiti postojećeg stanja podzemnih voda u Gati Ilidži, „Geoinženjering“, Sarajevo, avgust 1983.
8. Izvještaj o geološkim i hidrogeološkim istraživanjima termomineralnih voda Gate u svrhu lociranja opitno-eksploatacionog bunara, „Geoinženjering“, Sarajevo, decembar 1983.
9. Izvještaj – program zaštite podzemnih voda područja Gate Ilidže, „Geoinženjering“, Sarajevo, juni 1983.
10. Elaborat o zaštiti podzemnih voda izvorišta Gata – Ilidža, „Geoinženjering“, Sarajevo, maj 1984.
11. Izvještaj o rezultatima istraživanja geotermalne energije bihaćkog bazena, „Geoinženjering“, Sarajevo, april 1984.
12. Elaborat o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi termomineralnih voda na bunaru SB-1 Gata Ilidža – Bihać, „Geoinženjering“, Sarajevo, januar 1985.
13. Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi podzemnih termomineralnih voda „Gata“ Bihać (stanje rezervi 31.12.2007), Rudarski institut Tuzla, oktobar 2008.

14. Projekat Detaljnih hidrogeoloških istraživanja termomineralnih voda na lokalitetu Gata Ilidža kod Bihaća, Geotehnos d.o.o. Sarajevo, 2019.
15. Elaborat o klasifikaciji, kategorizaciji i proračunu rezervi termomineralnih voda Gata – Grad Bihać sa stanjem 31.12.2018. god., Ibis-inženjering d.o.o., Banjaluka, 2019.
16. Osnovna Geološka karta SFRJ, list Bihać, Institut za geološka ispitivanja Zagreb.

ГЕОТЕХНИЧКА ИСПИТИВАЊА, УЗРОЦИ НАСТАНКА И МОГУЋНОСТИ САНАЦИЈЕ КЛИЗИШТА НА ПОРУЧЈУ МЗ ГРБАВЦИ, ГРАД ГРАДИШКА

Бранко Иванковић, Срђан Рајак, Петар Беговић, Драган Марјановић, Наташа Бајић,
Далибор Грубор¹

¹-Ibis-inženjering d.o.o., info@ibis.ba

Кључне ријечи: геотехничка истраживања, санација клизишта, стабилност терена, Градишка

Апстракт:

Град Градишка се налази у сјеверном дијелу Републике Српске (Босна и Херцеговина) и вечи дио територије је равничарског карактера, сем западног дијела који чине обронци Козаре и Просаре. Месна заједница Грбавци се налази у западном дијелу града Градишке и на обронцима Козаре. У геолошком погледу терен истражног простора је изграђен од миоценских седимената преко којих су исталожени делувијални седименти.

На овом релативно малом простору констатовано је више клизишта, а четири локације су детаљно истраживане, те су на истим израђени пројекти санације терена који је нарушен активношћу процеса клижења. На свим истраживаним локацијама клизишта су угрожавала саобраћајнице, тако да је санација била неопходна. Сама чињеница учесталог развића клизног процеса на овом подручју, Ауторима је била интересантна са стручног, односно инжењерскогеолошког аспекта и довољна како би се овај проблем детаљније истражио и ријешено.

Како је истражно подручје релативно мало и хомогено са аспекта геолошке грађе и теренских услова, тиме су и узроци развића процеса клижења слични. Узроци су, као и обично, бројни. Као главни узрок развића овог савременог геодинамичког процеса издваја се прекомјерна сатурација површинских делувијалних седимената, хидроизолаторске карактеристике подинских седимената, као и лоша дренажа самих микроподручја захваћених клизним процесом. Поред наведеног, као узроци настанка клизишта издвајају се неповољан литолошки састав, неадекватно и неквалитетно извођење насипа испод саобраћајница, прекомјерно динамичко оптерећење истих и сл. У раду ће се обрадити изведена геодетехничка испитивања за потребе дефинисања услова и „разумијевања“ геолошке и инжењерскогеолошке грађе истражног подручја и теренских услова, на основу чега су предложене одговарајуће мјере санације терена захваћених клижењем, односно санациони радови.

HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE ZAŠTIĆENOG PODUČJA „ TREBEVIĆ“

HYDROGEOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE PROTECTED AREA "TREBEVIC"

Prof.dr. Ferid Skopljak ⁽¹⁾, Prof.dr. Đenari Ćerimagić ⁽²⁾

¹⁾ Federalni zavod za geologiju, Ustanička 11 Sarajevo; e-mail: fskopljak@yahoo.com

²⁾ Građevinski fakultet Univerziteta u Sarajevu, Patriotske lige 30 Sarajevo

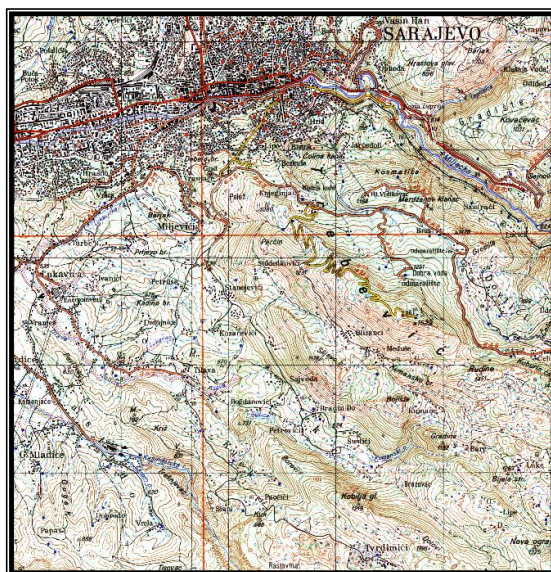
Ključne riječi: Trebević, trijaski krečnjaci, kraška vrela

1. Uvod

U radu su prikazane hidrogeološke karakteristike zaštićenog područja „Trebević“ sa posebnim osvrtom na hidrogeološku kategorizaciju stijena, vododijelničke zone, pretpostavljene pravce toka podzemnih voda, izvore i vodne objekte, sa prijedlogom mogućnosti njihovog korištenja i zaštite.

2. Geografski položaj

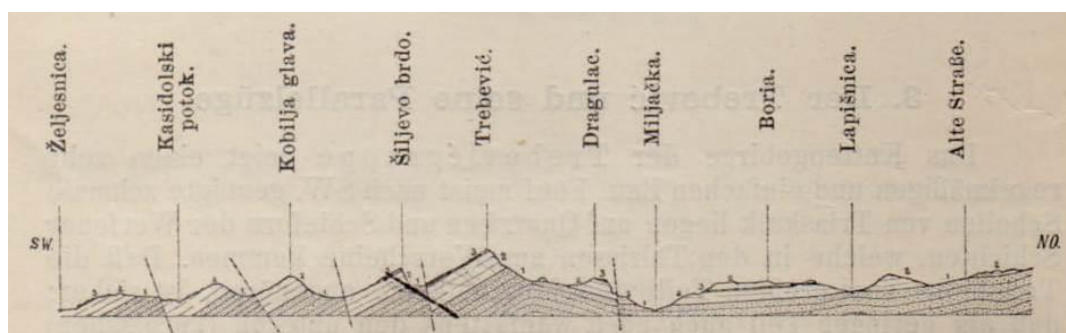
Zaštićeno područje „Trebević“ nalazi se u neposrednoj blizini Sarajeva (sl.1). Trebević je jasno individualizirana geomorfološka cjelina koja se izdiže između klisure Miljacke na sjeveroistoku i klisure Kasindolske rijeke na jugozapadu, sarajevske kotline na sjeverozapadu, te uzvišenja Veliki i Mali Stupanj na jugoistoku. U prostranom obuhvatu Trebevića dominantna su tri uzvišenja izgrađena su u od trijaskih krečnjaka; Vidikovac (k. 1164), Stara tvrđava (1173) i Draguljac (k.1165) spojena u jedinstven vijenac približnog pružanja zapad-istok. Na sjeverozapadnim padinama Trebevića, kada se teren već počinje spuštati u sarajevsku kotlinu, uzdižu se dvije kupaste morfostrukture; Bistrička kula (k.1001) i Čolina kapa (k. 968) izgrađene od trijaskih krečnjaka koje proviruju iz neogenih sedimenata.



Slika 1 – Karta šireg područja zaštićenog pejzaža Trebević

3. Geološka građa i tektonika terena

U geološkom sastavu područja Trebevića učestvuju naslage trijasa, gornjeg miocena i kvartara. Trijas je predstavljen u sve tri epohe: donji, srednji i srednje-gornji trijas. Donji trijas je predstavljen pješčarima, laporcima, glincima i krečnjacima, ukupne debljina oko 550 m. U srednjem trijasu izdvojeni su sedimenti koji pripadaju aniziku i ladiniku. U građi anizika preovlađuju krečnjaci ukupne debljine do 400 m. Sedimentne i vulkanogene tvorevine ladinika predstavljene su krečnjacima, krečnjacima sa rožnacima, rožnacima, glincima, laporcima i tufoznim pješčarima. Srednje-gornji trijas je predstavljen krečnjacima ukupne debljine 300-500 m. Gornji miocen je predstavljen naslagama sarajevsko-zeničkog basena tzv. "koševske serije" i tzv. "orlačkim konglomeratima. "Koševska serija" je sastavljena od krečnjaka, laporaca, glina i pješčara sa ugljenim slojevima, a „orlački konglomerati“ od laporaca, pješčara i konglomerata. Kvartarne tvorevine na Trebeviću predstavljene su naslagama holocena, a preovladavaju deluvijalne i koluvijalne naslage. U strukturno-tektonskom pogledu područje Trebevića pripada strukturno-facijalnoj jedinici Trebević–Crepoljsko. Građa ove strukturno facijalne jedinice veoma je složena. Sedimenti trijasa kretani su na znatnim rastojanjima u okviru tkz. "durmitorske navlake". Osnovna klizajuća podloga bili su laporci i pješčari permotrijasa i jursko-kredni fliš. U tom procesu su krute pješčarske i karbonatne mase polomljene i navučene jedna preko drugih. Tako je nastala čuvena "kraljušasta struktura Trebevića", gdje se često preko krečnjaka srednjeg nalaze pješčari donjeg trijasa, uz ponavljanje takvih sekvenci (sl.2).



Slika 2 - Profil kroz pobrđe Trebevića i Borju (E. K i t t l, 1904., str.60).

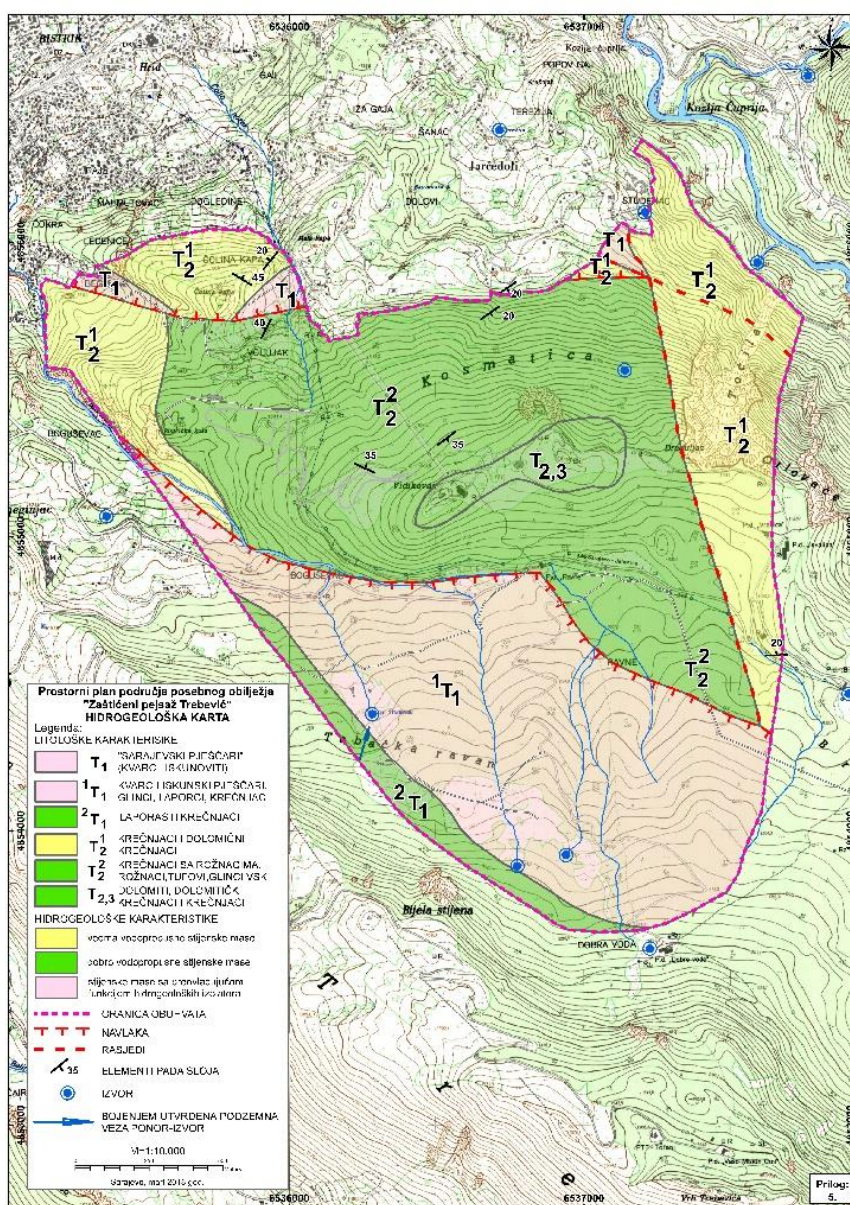
1.-Verfenski slojevi; 2.--Svijetli sprudni krečnjaci; 3.- Buloški krečnjaci, kvrgavi krečnjaci i rožnaci.

4. Hidrogeološke karakteristike terena

Prostorni obuhvat zaštićenog područja Trebević pripada hidrogeološkoj jedinici Trebević koja je ograničena rijekom Miljackom na sjeveroistoku; Jahorinom na jugoistoku; Kasindolskom rijekom na jugozapadu i sarajevskom kotlinom na sjeverozapadu. U građi hidrogeološke jedinice učestvuju pretežno nepropusni kompleksi stijena donjeg trijasa koji imaju funkcije podinske hidrogeološke barijere. U prilog tome je pojava skoro svih izvora u području Trebevića, koji se kao po pravilu pojavljuju na kontaktu naslaga donjeg trijasa sa krečnjacima srednje-gornjeg trijasa. Preko klastita donjeg trijasa leže propusne stijene kaverno-pukotinske poroznosti predstavljene krečnjacima srednjeg trijasa (anizika i ladinika), te krečnjaci srednje-gornjeg trijasa. Prema intenzitetu karstifikacije karbonati trijasa su izdvojeni u klasu srednje karstificiranih naslaga. Na srednju karstifikaciju ukazuje odsustvo većeg broja površinskih i podzemnih kraških oblika. Krečnjaci srednjeg i gornjeg trijasa su najznačajniji

vodonosnik pitkih podzemnih voda u području Trebevića. Preko trijaskih naslaga su na sjeverozapadnoj i jugozapadnoj strani Trebevića diskordantno taloženi sedimenti „koševske serije“. Naslage „koševske serije“ su praktično nepropusne stijene koju imaju izuzetno važnu hidrogeološku funkciju jer su potpuna krovinska barijera vodonosniku pitkih voda formiranom u krečnjacima trijasa na sjeverozapadnim padinama Trebevića.

Glavni vodonosnik u prostoru Trebevića formiran je u propusnim stijenama kavernožno-pukotinske poroznosti izgrađenim od karbonata srednjeg i srednje-gornjeg trijasa. Usljed složenih strukturnih odnosa, veoma izraženog navlačenja, kraljuštanja i rasjedanja, prostor Trebevića ne predstavlja jedinstvenu hidrogeološku cjelinu. Ova morfogenetska, strukturna i hidrogeološka jedinica razbijena je na manje hidrogeološke jedinice čije se akumulacije podzemnih voda dreniraju u pravcu sjeverozapada, odnosno slivu rijeke Miljacke; u pravcu jugozapada u sliv Kasindolske rijeke, odnosno Tilave, te u pravcu sjeveroistoka u slivu klisure Miljacke.



Slika 3 – Hidrogeološka karta Trebević (Skopljak, F. 2018.)

Najznačajniji i najveći izvor u **prostornom obuhvatu** zaštićenog pejisaža Trebević je **izvor "Mali Studenac"**. Nalazi se na Tabačkoj ravni kod planinarskog doma HKD „Napredak”. Izvor se pojavljuje u okviru pješčara donjeg trijasa, mada sigurno ima porijeklo iz trijaskih krečnjaka. Izvor je pukotinskog tipa i uzlaznog mehanizma isticanja na što ukazuje stalna izdašnost izvora u svim hidrološkim uslovima. Izvor nema tipične odlike kraškog izvora; ima relativno stalnu izdašnost; ne muti i ima skoro konstantne vrijednosti fizičkih parametara vode, što ukazuje da voda dotiče iz podzemne akumulacije izvan uticaja dnevnih i sezonskih klimatskih promjena. Minimalna izdašnost izvora iznosi $Q=1-1,5$ l/s a maksimalna $Q=6-7$ l/s. Isticanje izvora koncentrisano u zoni širine cca 5 m. Osnovni fizički parametri vode na izvoru su: $E_p=304$ $\mu\text{S/cm}$; salinitet $=0,1$; $T_v=6,4^\circ\text{C}$. Izvor je kaptiran za potrebe vodosnabdijevanja planinarskog doma. U **neposrednom obodu** prostornog obuhvata zaštićenog pejisaža Trebević nalazi se nekoliko izvora koji imaju veliki značaj za vodosnabdijevanje, kao što su Dobra voda, Hadžiabdinica, Veliki Studenac i Kovačići. Nešto dalje su izvori Soukbunar, Knjeginjac, Hidajetovac, Ferizbegovac, Souk bunar i drugi. **Izvor „Dobre vode”** se nalazi se na lokalitetu Dobre vode u neposrednoj blizini nekadašnjeg, sada devastiranog, odmarališta PTT-a. Izvor se pojavljuje na kontaktu pješčara donjeg trijasa i anizijaskih krečnjaka. Izvor je pukotinskog tipa i uzlaznog mehanizma isticanja na što ukazuje stalna izdašnost izvora u svim hidrološkim uslovima. Minimalna izdašnost izvora je oko $Q = 0,2$ l/s. Izvor je kaptiran za potrebe vodosnabdijevanja planinarskog doma. **Izvor “Hadžiabdinica”** se nalazi na padinama Studenog brda sjeverozapadno od Tabačke ravni. Izvor je kaptiran prije 1878 godine. Sve do 1934 godine je drvenim čunkovima bio odveden na šest česmi u gradu. Nakon II svjetskog rata je Gradski vodovod rekaptirao izvor i uključio ga u sistem vodosnabdijevanja zajedno sa Knjeginjom. Izdašnost izvora je oko 6 l/s. **Izvor “Kovačići”** se nalazi na krajnjim sjeverozapadnim padinama Trebevića u neposrednoj blizini gradskog područja. Izvor je kaptiran 1904. godine i uključen u sistem vodosnabdijevanja Sarajeva. Izdašnost izvora je 45-80 l/s. **Izvor „Veliki Studenac”** je jedan od najvećih izvora u neposrednom obodu prostornog obuhvata zaštićenog pejisaža Trebević. Nalazi se sa lijeve strane Miljacke ispod stare željezničke pruge cca 1 km uzvodno od Kozje Čuprije. Izvor je karstno-pukotinskog tipa i uzlaznog mehanizma isticanja. Izvor ima odlike kraškog izvora čija izdašnost zavisi od padavina. Izdašnost izvora je oko $Q=5-30$ l/s. Prema hemijskom sastavu voda je $\text{HCO}_3\text{-SO}_4\text{-Ca}$ tipa, niske mineralizacije, umjereno tvrda i temperature 8°C . Veoma je interesantan povišen sadržaj sulfata što može ukazivati na pojave gipsa unutar akviferskih naslaga.

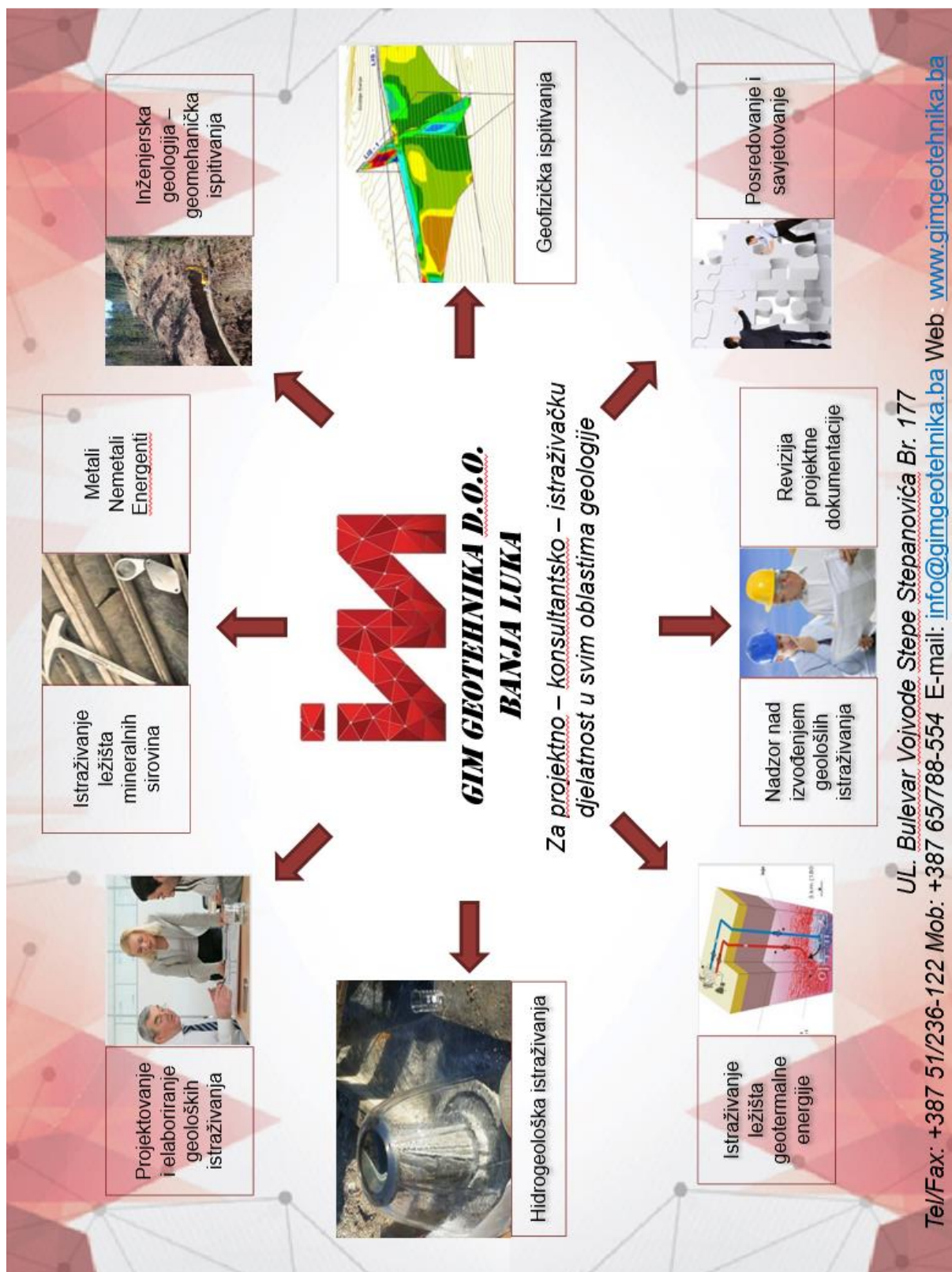
Pravci toka podzemnih voda u prostornom obuhvatu zaštićenog pejisaža Trebević nisu utvrđeni. Na sadašnjem stepenu istraženosti mogu se samo pretpostaviti, stim da se mora imati u vidu sva složenost geoloških, strukturno-tektonskih i hidrogeoloških odnosa u području Trebevića. Ono što je evidentno da je pravac toka podzemnih voda koje se prazne na izvorima “Mali Studenac” i “Dobre vode” uz manja odstupanja pravca jug-sjever. Pravac toka podzemnih voda koje se prazne na izvorima “Hadžiabdinica” i “Veliki Studenac” je najvjerojatnije pravca jugozapad-sjeveroistok. Pravac toka podzemnih voda koje se prazne na izvoru “Kovačići” je najvjerojatnije pravca jugoistok-sjeverozapad. Utvrđivanje pravca i brzine toka podzemnih voda je veoma složen, neizvjestan i skup istraživački postupak za koje je potrebno napraviti zaseban projekat. Međutim, brzine toka podzemnih voda su osnovni parameter koji služi za dimenzioniranje zona zaštite, tako da je ove aktivnosti potrebno planirati

u narednom periodu. Povoljna okolnost za zaštitu svih izvora u prostornom obuhvatu zaštićenog područja Trebević je što je ovaj prostor zakonski zaštićen i nema mogućnosti uvođenja značajnijih zagađivača u ovaj prostor. Posebnu pažnju kada je riječ o zaštiti podzemnih voda treba usmjeriti na zaštitu prostora izgrađenog od krečnjaka srednjeg i gornjeg trijasa sjeverno od potoka Bistrik koji predstavlja najveći i najznačajniji akvifer u zaštićenom području. Također, zaštitu podzemnih voda u neposrednom obodu prostornog obuhvata zaštićenog područja Trebević treba usmjeriti na zaštitu prostora izgrađenog od krečnjaka srednjeg trijasa jugozapadno i južno od Tabačke ravni, odnosno krečnjački vijenac Studeno brdo - Bijela Stijena - Vrh Trebevića.

Literatura

1. Bać, J. (1984.): Zahvat vode dubinskim bušenjem na istočnoj periferiji Sarajeva. Zbornik radova povodom jubileja akademika A.Trumića, p. 1-19. ANU BiH, Sarajevo.
2. Čičić, S., Bašagić, M., Skopljak, F., (2003.): Geološki sastav i tektonika terena okoline Sarajeva. Geološki glasnik, p.15-59. Sarajevo.
3. Jovanović, R., et al.(1977): Osnovna geološka karta SFRJ i tumač ,list Sarajevo 1 : 100 000, Savezni geološki zavod – Beograd.
4. Kittl, E. (1904.): Geologie der Umgebung von Sarajevo. Jarbuche der geolog. Reichsonstalt. Bd. 53, p. 515 - 748. Wien.
5. Miladinović, M. (1978): Osvrt na tektonsku građu terena planina Trebevića i Jahorine kod Sarajeva. Geološki glasnik, knj. 23. p. 19-30. Sarajevo.
6. Savezni geološki zavod Jugoslavije, (1980.): Hidrogeološka karta SFR Jugoslavije, 1:500.000
7. Skopljak, F. Bašagić, M., (2003.): Elaborat o klasifikaciji i kategorizaciji rezervi pitkih podzemnih voda u nalazištu "Sarajevska pivara" – Sarajevo, Građ.fak. Sarajevo - Institut za geologiju, Sarajevo.
8. Skopljak, F. (2006.): Odnosi podzemnih voda područja Ilidže kod Sarajeva, doktorska disertacija, Pos.izdanje Geol.glasnika knj.XXIX., Federalni zavod za geologiju, Sarajevo.

POKROVITELJI / ПОКРОВИТЕЉИ



GeoAVAS

DRUŠTVO ZA GEOLOGIJU, GEOTEHNIKU I GRAĐEVINARSTVO



GeoAVAS doo Sarajevo

Adresa: Joze Penave 3,
71210 Ilidža, Sarajevo, Bosna i Hercegovina

Mob: +387 62 177 928

Tel: +387 33 766 160

Fax: +387 33 766 161

Web: www.geoavas.ba

E-mail: geo@geoavas.ba



DONATORI / ДОНАТОРИ

120 GODINA RUDNIKA UGLJEVIK

Zavisno preduzeće „Rudnik i termoelektrana Ugljevik“ koje djeluje u okviru Mješovitog holdinga „Elektroprivreda Republike Srpske“ je najveći proizvođač električne energije u Elektroprivredi Republike Srpske i jedan od stubova privrednog razvoja Republike Srpske i regije u kojoj se nalazi.

Tradicija rudarstva u Ugljeviku traje punih 120 godina, jer se ugalj organizovano eksploatiše od 1899. godine. Energetski potencijal ugljevičkog basena zasniva se na rezervama uglja od oko 430 miliona tona i rudarskoj tradiciji dužoj od jednog vijeka.

Puni procvat ugljavičko rudarstvo doživjelo je izgradnjom termoelektrane koja kao pogonsko gorivo koristi ugalj. Termoelektrana „Ugljevik I“ instalisane snage 300 MW puštena je u pogon 1985. godine, a godišnja proizvodnja iznosi oko 1.600 GWh.

Za rad Termoelektrane „Ugljevik I“ neophodno je obezbijediti dovoljne količine uglja odgovarajućeg kvaliteta, koje iznose 1,75 miliona tona na godišnjem nivou.

Preduzeće ima dobru perspektivu: prije svega jer ima dobro opremljen rudnik, jedan od najmodernijih na Balkanu i drugo jer se u prethodnim godinama dosta ulagalo u zamjenu, revitalizaciju i rekonstrukciju postrojenja i opreme na termoelektrani sa ciljem podizanja pogonske spremnosti i produženja njenog životnog vijeka. Gotovo je završen i projekat odsumporavanja dimnih gasova Termoelektrane Ugljevik koji će je učiniti najboljom u BiH po pitanju zaštite okoline i uskladiti njen rad sa ekološkim normama evropske zajednice.



Z.P. "Rudnik i Termoelektrana Ugljevik"
76330 Ugljevik RS, BiH
Telefon: +387 55 774 600
Fax: +387 55 771 451
Email: info@riteugljevnik.com





IBIS – INŽENJERING

Omladinska 28, 78000 Banja Luka, B&H; tel/fax:+ 38751213813; mob:+ 38765527720;
e-mail: info@ibis.ba, www.ibis.ba

Preduzeće Ibis-inženjering je specijalizovano za obavljanje poslova u domenu geoloških istraživanja i to:

- **Projektovanje geoloških istraživanja:**
 - hidrogeološka istraživanja za potrebe višenamjenskog korišćenja podzemnih voda (vodosnabdijevanje, navodnjavanje, korišćenje geotermalne energije, flaširanje voda itd.),
 - geotehnička i geomehanička istraživanja za potrebe izgradnje objekata i sanacije terena,
 - istraživanja ležišta mineralnih sirovina (metali, nemetali, kaustobioliti...),
 - geofizička ispitivanja za potrebe primjenjenih geoloških istraživanja.
- **Izvođenje geoloških istraživanja:**
 - geološko, hidrogeološko i inženjerskogeološko kartiranje terena,
 - istražno bušenje i geotehnička ispitivanja na terenu,
 - izrada vodozahvatnih objekata (bunari, kaptaže, galerije),
 - regeneracija, razrada i testiranje bunara,
 - geofizička i karotažna ispitivanja,
 - laboratorijska ispitivanja.
- **Nadzor nad izvođenjem geoloških istraživanja i revizija projektne dokumentacije;**
- **Izrada geološke faze za potrebe prostorno-planske dokumentacije;**
- **Izrada baza podataka u GIS tehnologiji.**

Naši partneri i investitori su:

- | | |
|---|------------------------------------|
| ✓ ZIBL a.d., Banja Luka, | ✓ Vlada Brčko Distrikta, |
| ✓ Nestro petrol a.d., Banja Luka, | ✓ Opština Vukosavlje |
| ✓ Hidroelektrane na Trebišnjici a.d., Trebinje, | ✓ Opština Glamoč, |
| ✓ Tropic Nekretnine d.o.o., Banja Luka, | ✓ Opština Srbac, |
| ✓ Hidro-kop d.o.o., Banja Luka, | ✓ Općina Visoko, |
| ✓ Urbis centar d.o.o., Banja Luka, | ✓ Routing d.o.o., Banja Luka, |
| ✓ Institut za građevinarstvo IG d.o.o., Banja Luka, | ✓ Geoput d.o.o., Banja Luka, |
| ✓ Projekt a.d., Banja Luka, | ✓ Toplana a.d.. Banjaluka, |
| ✓ Arhitektonsko-građevinski fakultet, Banja Luka, | ✓ KP Budućnosti a.d. Laktaši, |
| ✓ AD Vodovod i kanalizacija Modriča | ✓ Vodovod Prnjavor a.d., Prnjavor, |
| ✓ Aqua tim doo, Laktaši | ✓ Kompanija Slobomir, Bijeljina |
| ✓ RiTe Gacko a.d. | ✓ Hidroelektrane na Vrbasu a.d. |



Geologija i rudarstvo

Poduzeće ZAGREBINSPEKT d.o.o. Mostar posjeduje ovlaštenja izdana od strane Federalnog ministarstva energetike, rudarstva i industrije i Federalnog ministarstva prostornog uređenja za obavljanje djelatnosti i izradu dokumentacije iz područje geologije, rudarstva i geotehnike.

Ovaj odjel na području **geologije** Vam možemo osigurati:

- ▶ Ispitivanja terena za gradnju bušenjem i sondiranjem;
- ▶ Istraživanja i razvoj u prirodnim tehničkim znanostima iz područja geologije;
- ▶ Geofizička, geološka i seizmička istraživanja;
- ▶ Izradu, izvođenje, reviziju geološke projektne dokumentacije;
- ▶ Izrada i revizija geotehničke projektne dokumentacije;
- ▶ Nadzor nad izvođenjem geoloških istražnih radova te stručno savjetovanje o površinskim i podzemnim strukturama tla.

Na području **rudarstva** Vam možemo osigurati:

- ▶ Obavljanje periodičnih pregleda oruđa za rad i uređaja;
- ▶ Ispitivanja fizičkih, kemijskih, i bioloških štetnosti te mikroklima;
- ▶ Izdavanje odgovarajućih isprava u rudarstvu;
- ▶ Ispitivanja posuda pod tlakom, ispitivanje ventila sigurnosti i UZV mjerenje debljine stjenke;
- ▶ Projektiranje, revizija i izvođenje projektne dokumentacije iz područja rudarstva;
- ▶ Nadzor na području rudarstva;
- ▶ Obavljanje poslova zaštite na radu u rudarskoj djelatnosti;
- ▶ Izrada dokumentacije iz zaštite od požara i ispitivanja ispravnosti sustava aktivne zaštite od požara na površinskim kopovima u rudarskoj djelatnosti;
- ▶ Pregled instalacija u kojima su angažirani Ex uređaji;
- ▶ Izrada elaborata u zonama opasnosti i projektiranje instalacija koje uključuju Ex uređaje;
- ▶ Edukacije iz područja zaštite na radu, područje Ex zaštite;
- ▶ Projektiranje strojeva i industrijskih postrojenja, električnih instalacije i reviziju navedenih.

Na području **geotehnike** Vam možemo osigurati:

- ▶ Izrada i revizija geotehničke projektne dokumentacije;
- ▶ Izvođenje i nadzor nad provođenjem geotehničkih istražnih radova bušenja i sondiranja,



А.Д. “ВОДОВОД И КАНАЛИЗАЦИЈА” БИЈЕЉИНА



Улица Хајдук Станка 20, 76300 Бијељина
e-mail: office@bnvodovod.com
www.bnvodovod.com

Централа: 055/226-460

Факс: 055/226-462

Вода је живот

GEOCON d.o.o. Čitluk

Poduzeće za istraživanje, studije, projektiranje i izvođenje geotehničkih, geoloških,
hidrogeoloških, rudarskih i specijalnih radova



Geocon d.o.o Čitluk

Adresa: Gospin trg bb, 88 266 Međugorje BiH; **Telefon/Fax:** +387 36 36 642 240

Mobitel: +387 63 321 559; **Email:** geoconcitluk@yahoo.com

ISKUSTVO, ZNANJE I OPREMA GEO-MARIĆ MOSTAR d.o.o.

ISO 9001

BUREAU VERITAS
Certification



POSLOVNA POLITIKA PODUZEĆA JE VRHUNSKA KVALITETA IZVOĐENJA RADOVA,
ZADOVOLJAN INVESTITOR, USAVRŠAVANJE I EDUKACIJA DJELATNIKA TE PRAĆENJE
NAJNOVIJIH TEHNOLOGIJA BUŠENJA



DJELATNOST

- Istraživanje ležišta mineralnih sirovina
- Inženjerskogeološka i geotehnička istraživanja
- Hidrogeološka istraživanja i izrada bušotina i bunara
- Geotehnički radovi
- Izrada, izvođenje, revizija projektne dokumentacije i nadzor nad izvođenjem istražnih radova



REFERENTNI RADOVI

- Ležište lignita „Kongora“ kod Tomislavgrada
- Autoput na koridoru Vc Lot-7
- Autoput Zagreb - Dubrovnik (dionica Bisko - Ploče)
- Rudnik ugljena Vihovići - Mostar (sanacija)
- Rudnik mangana Bužim
- R.M.U Kakanj, lokacija P.K. Vrtilište – Haljinići
- VE Mesihovina - Tomislavgrad
- Vodozahvat „FEAL“ Široki Brijeg
- Kamenoloma vapnenca „Sokolica ZAPAD“ Zavidovići
- R.M.U Kakanj, lokacija Moščanica - Repovački potok
- Vodozahvat Gračanica – Pašalići
- Vodozahvat Mandino selo - Tomislavgrad
- R.M.U Breza – Eksploatacijska polja „Sretno i Kamenica“

**VAŠ POUZDAN PARTNER
GEO-MARIĆ MOSTAR D.O.O.**

KONTAKT PODACI

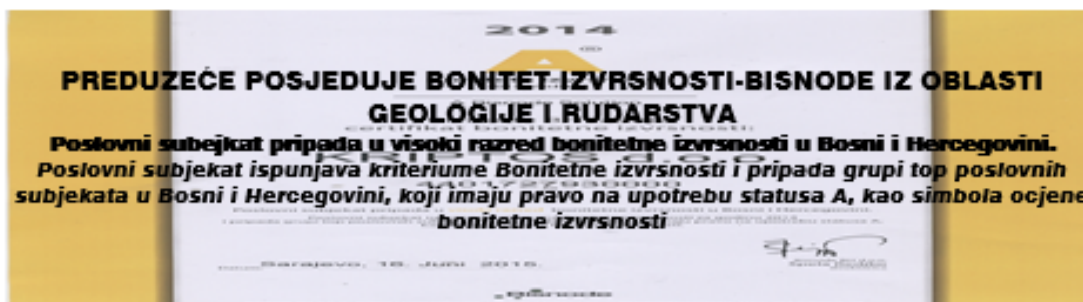
Adresa: Cim, ul. Ante i Nikole Marića 7, 88000 Mostar
Tel /Fax: 036 341 591 Mob: 063 317 477
E-mail: geo.maric@telemach.ba

" K R I P T O S " D.O.O. M I L I Ć I PREDUZEĆE ZA PROJEKTOVANJE ISTRAŽIVANJE I EKSPLOATACIJU



PREDUZEĆE OSNOVANO 2002 GODINE

**PREDUZEĆE REGISTROVANO ZA PROJEKTOVANJE
ISTRAŽIVANJE I EKSPLOATACIJU**



**PREDUZEĆE POSJEDUJE BONITET-IZVRSNOSTI-BISNODE IZ OBLASTI
GEOLOGIJE I RUDARSTVA**

*Poslovni subjekat pripada u visoki razred bonitetne izvrsnosti u Bosni i Hercegovini.
Poslovni subjekat ispunjava kriterijume Bonitetne izvrsnosti i pripada grupi top poslovnih
subjekata u Bosni i Hercegovini, koji imaju pravo na upotrebu statusa A, kao simbola ocjene
bonitetne izvrsnosti*

**PREDUZEĆE POSJEDUJE LICENCE ZA RAD IZ OBLASTI GEOLOGIJE I
RUDARSTVA NA TERITORIJI CIJELE BiH**

PREDUZEĆE SE BAVI:

IZRADOM ELABORATA IZ OBLASTI GEOLOGIJE

IZRADOM SVIH VRSTA PROJEKATA IZ OBLASTI GEOLOGIJE I RUDARSTVA

**KONTRLOM I REVIZIJOM SVIH VRSTA PROJEKATA IZ OBLASTI
GEOLOGIJE I RUDARSTVA**

IZRADOM STUDIJA IZVODLJIVOSTI I EKONOMSKE OPRAVDANOSTI

DUBINSKIM BUŠENJEM (BUŠOTINE DO 500 m')

**NADZOROM NAD SVIM RADOVIMA IZ OBLASTI
GEOLOGIJE I RUDARSTVA**

**Miloša Obilića 22. 75 446 Milići
Tel/fax: + 387 56 741 637 ; Mob. + 387 65 884 805
E-mail: kriptosmilici@gmail.com**



ArcelorMittal

ArcelorMittal Prijedor



ArcelorMittal Prijedor je zajedničko preduzeće, koje su u avgustu 2004. godine osnovali ArcelorMittal Holdings i RŽR „Ljubija“ a.d. Prijedor.

Sa 51 % vlasničkog udjela ArcelorMittal Holdings je većinski vlasnik.

Osnovna djelatnost je proizvodnja željezne rude, sa površinskog kopa Buvač, u rudniku Omarska. Zapošljavamo 800 radnika, a proizvodimo godišnje između 1.7 mt i 2.1 mt. Do danas smo proizveli i otpremili 24 mt koncentrata. U proizvodna poboljšanja, nabavku nove opreme, razvojne projekte i lokalnu zajednicu do danas smo uložili preko 110 miliona BAM.



Osim željezne rude, proizvodimo i različite frakcije krečnjaka, koje se koriste za naše interne potrebe, kao i za eksterno tržište. Vršimo usluge mašinskog, elektro održavanja i transporta ljudi i roba.



Naš glavni fokus je zaštita na radu i zaštita zdravlja naših zaposlenih, dugoročno održivo poslovanje i briga za našu lokalnu zajednicu. ArcelorMittal Prijedor posjeduje certifikate ISO 9001, ISO 14001 i ISO 45001.

Dobitnici smo velikog broja priznanja i nagrada Privredne komore Republike Srpske, Grada Prijedora i Međunarodne zajednice.



Poštujući naše vrijednosti: Kvalitet, Održivost i Liderstvo mi pokušavamo graditi bolju budućnost za naše zaposlene, njihove porodice kao i ukupnu ekonomiju Republike Srpske i Bosne i Hercegovine.



RUDNICI ŽELJEZNE RUDE "LJUBIJA" a.d. PRIJEDOR

79101 PRIJEDOR, Akademika Jovana Raškovića br.1

☎ +387 52 216-900, 233-801; Faks: +387 52 233-661

E-mail: rzrkont@teol.net; Web: www.rzrljubija.com

MB: 1111329; JIB: 4400692320002; PIB: 400692320002

RUDNICI ŽELJEZNE RUDE »LJUBIJA« a.d. PRIJEDOR



Rudnici željezne rude "Ljubija" a.d. Prijedor su osnovani sa ciljem eksploatacije rudnih nalazišta na području opština Prijedor i Sanski Most. Rudonosno područje zauzima površinu od oko 1 200 km². Istraživanjem ljubijske metalogenetske oblasti utvrđeno je oko 347 miliona tona geoloških rezervi željeznih ruda i značajne pojave mineralnih sirovina poput: kvarcnog pijeska, glina, krečnjaka, dolomita, barita, fluorita, cinka, olova.

Industrijska proizvodnja je u ljubijskoj metalogenetskoj oblasti započela 1916. godine, a značajniji napredak u proizvodnji željezne rude ostvaren je sredinom 20-og vijeka uvođenjem masovne eksploatacije i izgradnjom postrojenja za pripremu željeznih ruda. Omasovljenje rudarske proizvodnje omogućilo je izgradnju Centralnih rudišta, Istočnih rudišta i rudnika Omarska koji su poslovali u okviru RŽR "Ljubija" kao tri nezavisne tehničko-tehnološke cjeline na kojima se odvijela površinska eksploatacija i priprema ruda željeza.

Na "Centralnim rudištima" proizvodnja željezne rude je trajala od 1916. do 1992. godine. Proizvedeno je 44 643 358 t željezne rude i koncentrata. Projektovani proizvodni kapacitet je 1 milion tona godišnje koncentrata željezne rude.

Na "Istočnim rudištima" proizvodnja željezne rude je trajala od 1965. do 2004. godine. Proizvedeno je 20 690 037 t željezne rude. Projektovani proizvodni kapacitet je 1,2 milion tona godišnje željezne rude.

Na Rudniku "Omarska" proizvodnja željezne rude je počela 1986. godine i trajala do 1992. godine. Rudnik je revitalizovan 2004. godine, pokrenuta eksploatacija i proizvodnja koncentrata željezne rude pod okriljem nove firme, ArcelorMittal D.O.O. Prijedor, čiji su osnivači RŽR "Ljubija" a.d. Prijedor (49%) i kompanija Mittal (51%), sada ArcelorMittal. ArcelorMittal D.O.O. Prijedor radi sa projektovanim kapacitetom Rudnika "Omarska" od 1,5 miliona tona godišnje koncentrata željezne rude.

RŽR "Ljubija" a.d. Prijedor je u toku 85 godina rada proizveo oko 74 miliona tona robnih ruda željeza.



RUDNICI BOKSITA JAJCE o.d.d. Jajce

Rudnici boksita Jajce osnovani su 1958 godine. Trenutno se eksploatacija vrši na tri lokaliteta i to:

1. Ležište Crvene Stijene
2. Ležište Poljane
3. Ležište Bešpelj

Pored primarne odnosno osnovne djelatnost, Rudnici boksita Jajce su kroz investicije u nerudarske djelatnosti izgradili više proizvodnih pogona i to:

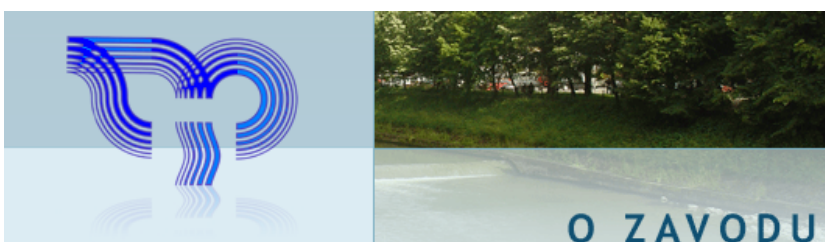
- Pogon za poljoprivrednu proizvodnju u Divičanima,
- Tvornicu aluminijske ambalaže u Šipovu,
- Tvornicu minikontenera u Baraćima, Mrkonjić Grad,
- Tvornicu aluminijskih točkova u Divičanima,
- Tvornicu aluminijske metaloplastične folije u Divičanima,
- Urađena je projektna dokumentacija i otkupljena licenca za proizvodnju aluminijskog praha, ali realizaciju ovog projekta prekinuo je rat.

U ratnom periodu je znatno smanjena aktivnost, no nije ni tada bila potpuno obustavljena. Pored otežanih uvjeta kako prometa tako i drugih čimbenika ukupno je isporučeno oko 30.000 tona boksita uglavnom Tvornici Glinice Birač iz Zvornika.

Proces privatizacije je počeo 1988. godine i prekinut ratom, nastavljen je 2001. godine te okončan 2003. godine. Od tada poduzeće posluje pod današnjim nazivom „Rudnici boksita Jajce” o.d.d.

Dobijanjem koncesije za dva eksploatacijska polja na Poljanama i Crvenim Stijenama 2013. godine, Rudnici boksita Jajce počinju sa eksploatacijom arhitektonsko građevnog kamena te 2014. godine osnivaju poduzeće „BX kamen” d.o.o. Jajce.

U poduzeću je uposleno 170 ljudi. Godišnja proizvodnja iznosi oko 120.000 tona boksita. Pored dugogodišnje tradicije rudarenja potrebno treba istaknuti kvalitetu boksita sa ovog područja, koji je jedan od najkvalitetniji u Europi i svijetu.



O ZAVODU

Zavod za Vodoprivredu je naučno-stručna institucija za istraživanje, studije, projektovanje i konsalting u oblasti vodoprivrede



Zavod za Vodoprivredu osnovan je 1952 godine. Pred rat je narastao u jednu od vodećih firmi u regiji u djelatnosti kojom se bavi. Tokom rata Zavod je izgubio znatan dio svojih kadrova, no i pored toga danas raspolaže sa značajnim brojem inženjera, tehničara i stručnjaka drugih profila. Danas ima 25 zaposlenih od čega 50% visoke stručne spreme.

Zavod je registrovan kao naučno-stručna institucija za istraživanje, studije, projektovanja i konsalting u oblasti vodoprivrede. Kao konsalting institucija, prije rata je registrovana sa FAO, UNIDO, INRES, EC WB. U tom periodu je razvijena saradnja sa mnogobrojnim poznatim naučno istraživačkim, projektantskim, konsalting i drugim kompanijama širom svijeta (ZUIVERINGSCHAP, AMSTEL-EN, GOOILAND, HELVERSUM, THE NETHERLANDS).

Koristeći posljednje naučne i stručne metode uz pomoć moderne računarske opreme vrše se istraživanja, rade studije, projekti i konsalting usluge u sektoru voda. Sve je ovo omogućilo Zavodu da vrlo brzo obogati svoju praksu unoseći u rješenja i najnovije u svijetu prihvaćene principe održivog razvoja Okvirne direktive o vodama EU i dr.

Tehnička opremljenost Zavoda:

- **Server** DP 3200-1,0MB/800MHz
- **IBM računari THINKCENTRE EDGE i7-3770** (procesori 3.43.9 GHz Turbo/8MB Cache, 8 GB (2x4GB) PC3-12800 1600MHz, 1 TB/7200rpm, 250 GB HD, grafička karta NVIDIA QUADRO 600, monitori 17", 19" i 21")
- Mreža, ADSL Router
- A0 ploter, 5 A3 printera, 5 inkjet A4 printera, 3 laserjet CB A4 printera, 1 laserjet color A4 printer, A3 skener, A0 kopir i A3 kopir aparat.
- **Software:**
 - Licencni Pro plus OLV NL 1Y ENT
 - Licencni Windows XP
 - Licencni Windows Server 2003
 - Licencni Symantec AntiVirus
 - Licencni MS Office 2003
 - Arc GIS 9 (ArcView, Arc Editor, extension 3D i Spatial Analyst)
 - Sewer 2004
 - Aqua Designer 6.3.EEU
 - Auto CAD LT 2013
 - Auto CAD 2007 NLM
 - Land Dev. 2i
 - Vectory pro5,00 for windows
 - Mike 11
 - Qual 2E
 - Epanet



PEUGEOT SUV RANGE



SPECIJALNA PONUDA PEUGEOT SUV MODELA

PEUGEOT 2008

Kao jedan od naših najprodavanijih modela, Peugeot 2008 pokazuje svoje pravo lice na svim vrstama terena. Izuzetno okretan i dinamičan, spreman je da vozaču pruži maksimalan užitak u vožnji. Uz nove tehnološke dodatke, postaje nezamjenjiv saputnik.

Potražite ga sa dizel i benzinskim varijantama motora i sa velikim izborom opreme.

PEUGEOT 3008

Pravi šampion sa pedigreeom! Peugeot 3008 je nekoliko godina za redom na prestižnim trkama (kao što je Dakar reli) iza sebe ostavljao najpoznatija automobilska imena. Tako je proglašavan i za automobil godine, zahvaljujući inovativnim rješenjima Peugeotovih stručnjaka.

Najprodavaniji je SUV u Francuskoj, a jedan od najprodavanijih u Evropi i svijetu.

PEUGEOT 5008

Raskošan i sa izuzetnom ponudom prostora, Peugeot 5008 osvaja vas na prvi pogled. Dostupan je u opcijama sa 5 i 7 sjedišta i opremljen najnovijim tehnološkim dostignućima savremene automobilske industrije. Plemeniti materijali nadopunjuju utisak elegancije i prefinjenosti.

Mnogi vozači ga u ovom trenutku smatraju najpoželjnijim SUV modelom na svijetu.



VERANO MOTORS

Peugeot koncesionar
Subotička bb, Banja Luka

Tel: 051 380 444

E-mail: info@verano-bih.com

Web: www.verano-bih.com



BH

Bušenje d.o.o. Tuzla

RUDARSKO-GEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA, BUŠENJE I PROJEKTOVANJE

Adresa: Mitra Trifunovića Uče br. 7, Tuzla	Br. Rješenja: 032-0-Reg-11-000991	Račun: 1404011120022702 Sber Banka – Filijala Tuzla
Tel.Fax: 035/ 288 - 088	PDV broj: 210014810004	Web: www.bhbusenje.ba
Email: info@bhbusenje.ba	ID broj: 4210014810004	Mat. br: 32-01-0029-11

About Us

"BH Drilling" Ltd. Tuzla – for geology and geological research is company specialized for:

- * Drilling of all kind of geological, hydrogeological and geomechanical exploration boreholes
- * Drilling, maintenance and water-well restoration including installation of water - supply accessories and equipment
- * Drilling boreholes in underground mines and filter installation
- * Geological exploration.
- * Making all kinds of projects within business registration (mining, geological, electrical and mechanical projects and studies) for underground and open mine exploitation of mineral resources.
- * Equipment survey, personal protection equipment survey and issuing of service certificates for equipment.

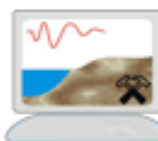
Company has highly skilled personnel and equipment for drilling of all kinds of geological – exploration boreholes, piezometers and geo mechanical boreholes (drilling with and without sampling), drilling for concrete basements and anchoring

We are capable to drill all kind of water wells with diameter from Ø 100 mm to Ø 1000 mm, depth 1000 meters (reverse and directional method) using water, mud or hammering method depending on investor request and needs.

Company makes mining and geology projects, periodical survey reports, equipment survey reports, projects of monitoring slopes and geo mechanical composition of soil. All of these activities are made in accordance to accurate legislation and standards with engagement of internal experts as much as external partners as experts in specific science areas.

"BH Drilling" Ltd. Tuzla maintains good business and technical cooperation with Faculty of Mining Civil Engineering and Geology. Cooperation is verified through contract signed between two parties. Faculty provides laboratory survey services of soil samples acquired by drilling.





“CTU - IPKIN” d.o.o.
CENTAR TEHNIČKIH USLUGA
ISTRAŽIVANJE, PROJEKTOVANJE, KONSALTING,
INŽENJERING I NADZOR

76 300 Bijeljina

Tel: ++387(0)65/53-93-43
www.ipkin.com
e-mail: ctu@ipkin.com

Matični broj: 1991248 Poreski broj-JIB:
4402204370007
PDV broj: 402204370007
Račun: 562-003-00003440-19

Vidovdanska 48

Privredni subjekt “CTU – IPKIN“ d.o.o Bijeljina posjeduje stručno osposobljen kadar i višegodišnje iskustvo iz oblasti geologije, geofizike i informacionih tehnologija, sertifikovanu opremu, licencirane softverske pakete kao, lično razvijene i unapređene softverske pakete i alate i potrebne licence i sertifikate za oblast geoloških istraživanja, projektovanja i nadzora na teritoriji cijele Bosne i Hercegovine.

Detaljna lista referenci sa izvodima iz rezultata provedenih geoloških istraživanja uz primjenu instrumentalnih metoda istraživanja za potrebe rješavanja problematike iz domena hidrogeologije, rudničke geologije, ležišta mineralnih sirovina, inženjerske geologije i geotehnike, predočena je na *web* adresi CTU-IPKIN-a: www.ipkin.com.



Geotehnos d.o.o. Sarajevo je privredno društvo koje egzistira već 20 godina i specijalizirano je za pružanje usluga iz oblasti geoloških, geotehničkih, hidrogeoloških ispitivanja i bušenje bušotina za korištenje obnovljivih izvora energije: geotermalne energije (vertikalne sonde) i podzemnih voda (bunara) za grijanje i/ili hlađenje objekata kao i nabavkom i ugradnjom vertikalnih sondi i bunarskih cijevi.

Geotehnos d.o.o. Sarajevo je kadrovski i tehnički osposobljeno za izvođenje kompletnih radova bušenja i ugradnje vertikalnih sondi i bunara koji predstavljaju ključni objekt u sistemu grijanja pomoću toplotne pumpe (dizalice topline).

Geotehnos d.o.o. Sarajevo
Stjepana Tomića 3
71000 Sarajevo
Tel/Fax.: +387 33 623 607
Tel: +387 33 223 636
E_mail: geotehnos@hotmail.com