

5. HRVATSKI GEOLOŠKI KONGRES

s međunarodnim sudjelovanjem

5th CROATIAN GEOLOGICAL CONGRESS

with international participation

Osijek 23.–25.09.2015.

Knjiga Sažetaka Abstracts Book



Urednice – Editors:
Marija Horvat & Lara Wacha

Hrvatsko geološko društvo – Croatian Geological Society

Hrvatski geološki institut – Croatian Geological Survey

Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu – Faculty of Science, University of Zagreb

Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu –
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb

INA-Industrija nafte d.d. – INA Oil Industry Plc.

Hrvatski prirodoslovni muzej – Croatian Natural History Museum

5. Hrvatski geološki kongres s međunarodnim sudjelovanjem

5. Croatian Geological Congress with international participation

Osijek 23.–25.09.2015.

Organizatori – Organized by

Hrvatsko geološko društvo – Croatian Geological Society

Hrvatski geološki institut – Croatian Geological Survey

Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu – Faculty of Science, University of Zagreb

Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu –

Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb

INA-Industrija naftne d.d. – INA Oil Industry Plc.

Hrvatski prirodoslovni muzej – Croatian Natural History Museum

Pokrovitelji – Under the patronage of

Predsjednica Republike Hrvatske gospođa Kolinda Grabar-Kitarović – President of the Republic of Croatia Madam Kolinda Grabar-Kitarović

Ministarstvo znanosti, obrazovanja i sporta Republike Hrvatske – Ministry of Science, Education and Sports of the Republic of Croatia

Ministarstvo gospodarstva Republike Hrvatske – Ministry of Economy of the Republic of Croatia

Potpore – Supported by

Ministarstvo znanosti, obrazovanja i sporta Republike Hrvatske

Ministry of Science, Education and Sports of the Republic of Croatia

Donatori – Donors

Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu – University of Zagreb Faculty of Science

Štedbanka d.d.

LASERplus d.o.o.

KAMEN d.d. PAZIN

Sponzori – Sponsors

INA – Industrija naftne d.d. – INA Oil Industry Plc.

Hrvatsko geotehničko društvo – Croatian Geotechnical Society

Organizacijski odbor Organizing committee

Josip HALAMIĆ
predsjednik
Sibila BOROJEVIĆ ŠOŠTARIĆ
potpredsjednica
Dražen BALEN
potpredsjednik
Morana HERNITZ KUČENJAK
potpredsjednica
Željko MIKLIN
tajnik
Marija BOŠNJAK MAKOVEC
Josip BUBNIĆ
Blanka CVETKO TEŠOVIĆ
Lidija GALOVIĆ
Tonći GRGASOVIĆ
Marija HORVAT
Maja HREN
Marijan KOVAČIĆ
Damir LACKOVIĆ
Jasminka MARTINJAK
Jelena PARLOV
Adaleta PERKOVIĆ
Dario PERKOVIĆ
Goran RADONIĆ

Znanstveni odbor – Scientific committee

Dunja ALJINOVIĆ	Vlasta PREMEC FUĆEK	Vladica CVETKOVIĆ (<i>Srbija</i>)
Andrea BAČANI	Esad PROHIĆ	Stjepan ČORIĆ (<i>Austrija</i>)
Uroš BARUDŽIJA	Bruno SAFTIĆ	Benedetto De VIVO (<i>Italija</i>)
Mirko BELAK	Damir SLOVENEC	Francois De VLEESCHOUWER (<i>Francuska</i>)
Čedomir BENAC	Stjepan STRELEC	Manfred FRECHEN (<i>Njemačka</i>)
Vlasta ČOSOVIĆ	Josip TERZIĆ	Špela GORIČAN (<i>Slovenija</i>)
Aleksandar DURMAN	Bruno TOMLJENOVIC	Hazim HRVATOVIĆ (<i>Bosna i Hercegovina</i>)
Goran DURN	Tamara TROSKOT-ČORBIĆ	Corina IONESCU (<i>Rumunjska</i>)
Goran KNIEWALD	Darko TIBLJAŠ	Marko KOMAC (<i>Slovenija</i>)
Tvrko KORBAR	Tatjana VLAHOVIĆ	Ferenc MOLNÁR (<i>Finska / Mađarska</i>)
Tomislav MALVIĆ	Igor VLAHOVIĆ	Zoran STEVANOVIĆ (<i>Srbija</i>)
Marta MILEUSNIĆ	Davor VRSALJKO	Georges STOOPS (<i>Belgija</i>)
		Pál SÜMEGI (<i>Mađarska</i>)

Počasni odbor Honorary committee

Akademik Vladimir BERMANEC
Akademik Ivan GUŠIĆ
Akademik Mladen JURAČIĆ
Izv. prof. dr. sc. Zoran NAKIĆ
Akademik Branko SOKAČ

CIP zapis dostupan u računalnome katalogu Nacionalne i Sveučilišne knjižnice u Zagrebu pod brojem 000912562
A CIP catalogue record for this book is available from the National and University Library in Zagreb under 000912562

ISBN 978-953-6907-50-2

Izdavač – Published by: Hrvatski geološki institut – Croatian Geological Survey – Zagreb

Urednice – Edited by: Marija Horvat & Lara Wacha

Oblikovanje – Layout and design: Mirela Mikić Muha, LASERplus, Zagreb, Brijunska 1a, Zagreb

Tisk – Printed by: LASERplus, Brijunska 1a, Zagreb

Izdano – Issued: rujan 2015, 250 primjeraka – September 2015, 250 copies

Ovitak – Cover:

Fotografija – Photo by Samir Kurtagić

**5. Hrvatski geološki kongres
s međunarodnim sudjelovanjem**
**5. Croatian Geological Congress
with international participation**

Osijek 23.–25. rujan 2015.

**Knjiga sažetaka
Abstracts Book**

Urednice – Editors:
Horvat Marija & Wacha Lara

Hrvatsko geološko društvo – Croatian Geological Society

Hrvatski geološki institut – Croatian Geological Survey

Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu – Faculty of Science, University of Zagreb

Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu –
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb

INA-Industrija nafte d.d. – INA Oil Industry Plc.

Hrvatski prirodoslovni muzej – Croatian Natural History Museum

Autori su odgovorni za sadržaj svojih sažetaka
The authors are responsible for contents of their abstracts

pozvano predavanje – key lecture

Repetitio est mater studiorum: **Do the orogeneses repeat their P-T patterns through the metamorphism in the Slavonian Mts. (Tisia Mega-Unit)?**

Repetitio est mater studiorum: **Ponavljanju li orogeneze svoje P-T obrasce tijekom metamorfizma u Slavonskim planinama (Tisija)?**

Dražen Balen, Iva Lihter & Zita Brigljević

Prirodoslovno-matematički fakultet, Geološki odsjek, Horvatovac 95, 10 000 Zagreb (drbalen@geol.pmf.hr)

Ključne riječi: stariji paleozoik, variscijska orogeneza, alpska orogeneza, Gondwana, Alpe, P-T put, Slavonija

Key words: Early Paleozoic, Variscan, Alpine, Gondwana, Alpine belt, P-T path, Slavonian Mts.

Introduction

A main characteristic of orogens is a complex deformation history involving various tectonic processes like uplift, burial, exhumation by nappe stacking, extension and denudation. Sensitive to pressure and temperature changes, rocks record P-T conditions deducible through reconstruction of metamorphic P-T paths. It seems, in broad lines, that through time those tectonic and metamorphic patterns produce elusively similar P-T loops i.e. that orogens, especially those that start at the edge of continents, repeat themselves through time. Repetition is the mother of study (*repetitio est mater studiorum*) is a common Latin phrase that may also be applicable as a starting hypothesis for the description of the repeating behavior of complex geological systems during orogeneses. The Slavonian Mountains, the area of particular significance within the Tisia Mega-Unit, can serve as a natu-

ral laboratory for testing of such hypothesis. This large predominantly **Variscan** unit, with a complex internal structure, encompasses huge southward dipping **Alpine** nappe systems that expose characteristic lithologies of south-eastern part of Pannonian Basin basement with remnants of **pre-Variscan** rocks.

Age dating constraints in the Slavonian Mts.

In the Slavonian Mts. area the metamorphic rocks show several age dating groups (Fig. 1) implying at least Alpine (82 ± 23 and 113 ± 20 Ma), Variscan (338 ± 12 , 375 ± 9 Ma) and Early Paleozoic (528 ± 7 and 465 ± 7 Ma) orogeneses (BALEN, 2014; BALEN et al., 2006, 2013, 2015; HORVÁTH et al., 2010 and unpublished data) together with signs of not well documented and consequently poorly understood events at 154 ± 21 , 417 ± 20 , 491 ± 6 , 616 ± 23 Ma.

Slavonian Mts.

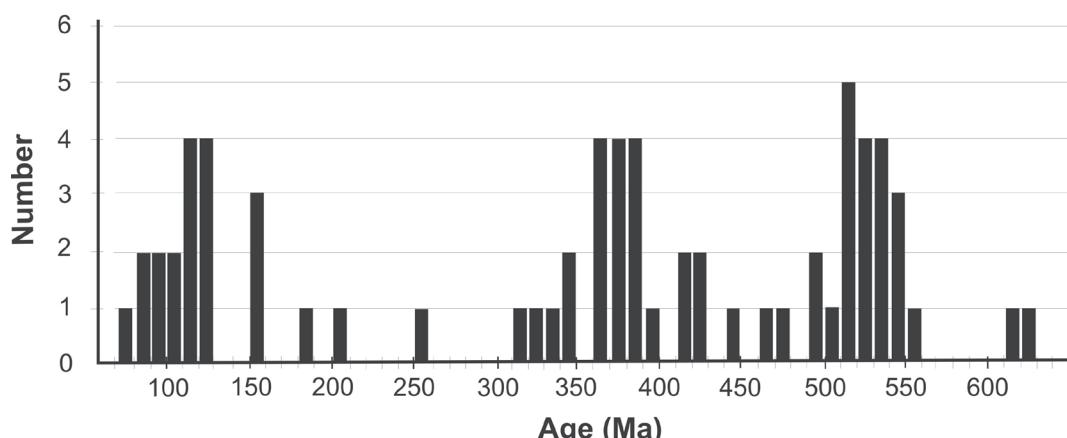


Figure 1. Overview of unpublished ages obtained on monazites from Slavonian Mts.

Slika 1. Zbirni pregled neobjavljenih starosti dobivenih na monacitima u Slavonskim planinama.

P-T conditions and typical patterns of main recognized orogenic events

The Alpine events are characterized with development of distinct penetrative low-grade metamorphic foliations recorded in the mica and chlorite schists reaching max. P-T conditions of 3–5 kbar and 300–360 °C and 7 kbar and 450–470 °C. The Variscan mica schists have max. P-T values of 9–9.5 kbar and 610 °C disturbed with granite intrusion at ca. 338 Ma with occurrence of melt phase at 4–5 kbar and 635 °C. The Early Paleozoic metamorphism reach peak P-T conditions of 13 kbar and 670 °C followed by isothermal decompression pointing to rapid exhumation and then isobaric cooling at ca. 4–5 kbars.

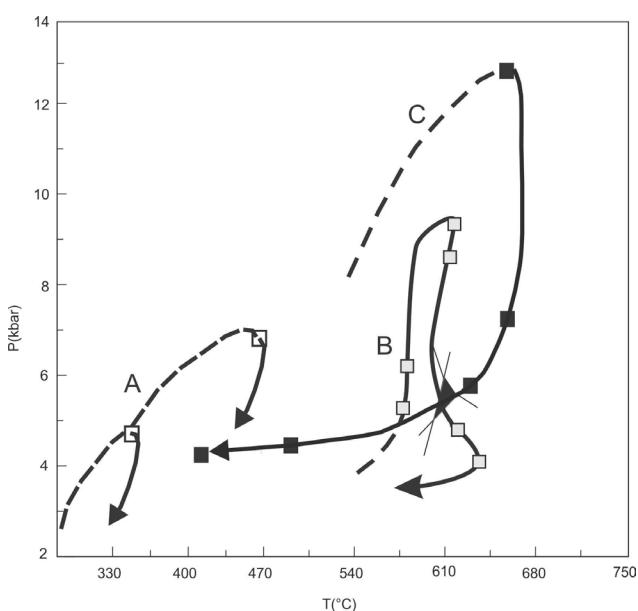


Figure 2. Typical P-T paths for A) Alpine event(s), B) Variscan and C) Early Paleozoic metamorphism.

Slika 2. Tipični P-T putevi za A) alpski, B) variscijski i C) starijepaleozojski metamorfizam.

Typical P-T paths for Slavonian Mts. are shown at Fig. 2, revealing broadly similar clockwise loops with decreasing intensities of maximally reached P-T conditions through time. Those patterns show that the parts of lithospheric fragments most likely broken off from the continental margin, collided, thrusted, underthrusted and subducted repeatedly passing through P-T conditions characteristic for some sort of crustal thickening either through nappe stacking, subduction processes or collisional environment with docking of a continental plate and another underthrusted smaller (micro)

plate. Although Fig. 2 shows similar patterns to certain extent, those similarities combined with max. P-T values, mineral assemblage and microtectonic data rather imply different geotectonic scenarios for different period of time. Broad similarities can be ascribed to the basically similar processes in the subsequent phases of the every orogen.

Conclusions

During geological history large scale geotectonic movements produced vaguely similar clockwise P-T paths reaching different maximal P-T values. Obtained P-T paths and geothermobarometric data in the Slavonian Mts. support nappe stacking model for Alpine orogenesis, convergence-related environment and tectonic exhumation with later intrusion of granites during Variscan events and docking (rather than classic subduction due to a deducible geothermal gradient ~15 °C/km) of a continental plate (Gondwana) and another underthrusted smaller (micro)plate in the Early Paleozoic.

Acknowledgements

This work has been supported in part by the Croatian Science Foundation under the project number IP – 2014-09-9541.

References:

- BALEN, D. (2014): Microstructural, geothermobarometric and geochronological constraints on the complex Alpine collisional history recorded on the low-grade "Psunj Complex" metamorphic rocks of the Slavonian Mts. (Croatia).— European Geosciences Union General Assembly 2014 Vienna, 6122. <http://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2014/EGU2014-6122.pdf>
- BALEN, D., HORVÁTH, P., TOMLJENOVIC, B., FINGER, F., HUMER, B., PAMIĆ, J. & ÁRKAI, P. (2006): A record of pre-Variscan Barrovian regional metamorphism in the eastern part of the Slavonian Mountains (NE Croatia).— Mineralogy and Petrology, 87, 143–162.
- BALEN, D., HORVÁTH, P., FINGER, F. & STARIJAŠ, B. (2013): Phase equilibrium, geothermobarometric and xenotime age dating constraints on the Alpine metamorphism recorded in chloritoid schists from the southern part of the Tisia Mega-Unit (Slavonian Mts., NE Croatia).— Int J Earth Sci, 102, 1091–1109.
- BALEN, D., MASSONNE, H.-J. & PETRINEC, Z. (2015): Collision-related Early Paleozoic evolution of a crustal fragment from the northern Gondwana margin (Slavonian Mts., Tisia Mega-Unit, Croatia): reconstruction of the P-T path, timing and paleotectonic implications.— Lithos, 232, 211–228.
- HORVÁTH, P., BALEN, D., FINGER, F., TOMLJENOVIC, B. & KRENN, E. (2010): Contrasting P-T-t paths from the basement of the Tisia Unit (Slavonian Mts., NE Croatia): Application of quantitative phase diagrams and monazite age dating.— Lithos, 117, 269–282.

pozvano predavanje – key lecture

Prošlost, sadašnjost i perspektive istraživanja ugljikovodika u RH

Past, present and perspectives of hydrocarbon exploration in Croatia

Lilit Cota

INA d.d., SD Istraživanje i proizvodnja nafte i plina, 10 000 Zagreb, Av. V. Holjevca 10 (Lilit.Cota@ina.hr)

Ključne riječi: istraživanje ugljikovodika, 2D i 3D seismika, istražne bušotine, Panonski bazen, Dinaridi, Jadran

Key words: hydrocarbon exploration, 2D and 3D seismic, exploration wells, Pannonian basin, Dinarides, Adriatic offshore

INA-ini geolozi te ostali stručnjaci uključeni u istraživanje ugljikovodika a koji se sustavno bave ovom djelatnošću već 63 godine, otkrili su 58 naftnih i plinskih polja na kopnu te 17 plinskih polja na sjevernom Jadranu, što je rezultiralo kumulativnom proizvodnjom ugljikovodika od 1.173 milijardi boe (barel naftnih ekvivalenta). U istom razdoblju, na prostoru RH otkrivene su cca 1.4 milijarde boe ugljikovodika. Nemali doprinos ovim rezultatima dale su i hrvatske znanstvene institucije pa ostvarene rezultate treba gledati u svjetlu sinergije znanosti, tehnologije i dobro vođene poslovne politike što je definitivno putokaz i za budućnost.

Tri značajne geotektonске cjeline i rezultati povijesnih istraživanja

Panonski bazen na sjeveru Hrvatske je visoko istraženo područje sa 950 istražnih bušotina te 3 tisuće razradnih i proizvodnih bušotina. U Panonskom bazenu je snimljeno više od 30,000 km 2D seizmičkih profila te oko 3,000 km² 3D seizmike. Stalnim podizanjem znanstveno-tehnološke razine u skladu sa svjetskim standardima pedesetih i šezdesetih godina uslijedila su prva otkrića pri čemu je uvođenje seizmičkih metoda snimanja imalo ključnu ulogu. Po veličini i značaju ističu se i danas najveća naftna polja Stružec i Žutica u Posavini. Krajem šezdesetih šire se aktivnosti prema Slavoniji koja je etabirana kao nova naftna provincija otkrićem najvećeg naftnog polja Beničanci 1969. godine. Sedamdesete i rane osamdesete godine su karakterizirane tehnološkim pomacima u istražnom bušenju probijanjem granice od 4000m i otkrićima najvećih plinsko-kondenzatnih polja u Podravini; Molvi, Staroga Gradca i Kalinovca a koja i danas predstavljaju okosnicu plinske proizvodnje u RH. Era velikih otkrića panonskih naftnih i plinskih polja ovime je bila zaokružena. Pad aktivnosti bilježi se u godinama domovinskog rata kada su otkrivena plinska polja Vučkovec i Vuknovac u Međimurju. U ratnom i poratnom razdoblju tempo nekadašnjih aktivnosti bilo je teško doseći a novi zamah istraživanju daje uvođenje 3D tehnologije 1994. godine. Iako je 3D seizmikom kao moćnim alatom koji omogućava bolji

uvid u strukturne i stratigrafske odnose moguće ostvariti znatan napredak u otkrivanju novih rezervi, to se u slučaju panonskog bazena nije dogodilo pa ostaje za vidjeti kako usmjeriti buduća seizmička istraživanja obzirom na specifičnosti odnosa tercijarnih naslaga panonskog bazena i njihove podloge.

Istraživanju Dinarida pristupilo se u kasnim pedesetima i ranim šezdesetima. Nakon geoloških prospekcija, gravimetrijskih, geoelektričnih, magnetometrijskih i rijetkih seizmičkih premjera ovog kompleksnog terena, u predgrađu Zadra je 1959. godine izbušena 1. istražna bušotina RK-1 (Ravni Kotari-1). Ukupno je izbušena 21 istražna bušotina, uključujući i one na Jadranskim otocima sa indicijama nekomercijalnih pojava nafte i plina. Krajem osamdesetih, u sklopu mega-projekta „Svjetska banka“, provedeno je opsežno istraživanje Dinarida kroz suradnju INA-e i eminentnih svjetskih stručnjaka. Zadnja dva desetljeća, aktivnosti su svedene u studijske okvire. To je rezultiralo određenim pomacima u shvaćanju geneze i značajki ključnih elementa potencijalnog mezozojskog ugljikovodičnog sustava sa naglaskom na srednjotrijaske karbone, gornjotrijaske dolomite i gornjopermske „Lemeš“ naslage. Pozornost je posvećena i gornjopermskom karbonatno-evaporitnom kompleksu središnjih Dinarida. Međutim, unatoč dokazanim produktivnim naftnim provincijama Apenina i Albanida u okruženju, potencijale Dinarida tek treba dokazati integriranjem kvalitetno obrađenih površinskih podataka sa seizmičkim podacima daleko bolje razlučivosti od postojećih.

Prvi 2D seizmički premjeri na Jadranu datiraju iz kasnih šezdesetih godina da bi 1970. bila izbušena 1. istražna bušotina Jadran-1. Najveće sjevernojadransko polje Ivana otkriveno je daleke 1973. godine a danas je 11 sjevernojadarskih plinskih polja u proizvodnji. Nakon plinskih otkrića, istražni fokus je preusmjeren na naftu, prema dugootočkoj i južnojadarskoj provinciji. Srednje i južno jadranski istražni ciklus koji se odvijao osamdesetih godina podrazumijevaо je izvedbu tehnološki i finansijski zahtjevnih projekata.

Međutim, pokazalo se da primijenjene istražne koncepcije nisu dale očekivane rezultate ako izuzmemo oskudne pojave nafte i plina. Određeno razočaranje rezultatima istraživanja tog dijela Jadrana uz nedostatak svježih ideja kao i relativno skromni rezultati istraživanja zemalja sa izlazom na Jadransko more, doveli su do prestanka kapitalnih ulaganja krajem osamdesetih godina.

Recentna istraživanja

Analizom povijesnih rezultata i podataka te sagledavajući specifičnosti svake geotektonске cjeline ponaosob, 2009. godine definirani su novi istražni prioriteti. Temeljem inventure istražnih potencijala implementirano je nekoliko panonskih i jadranskih projekata koji su vrlo brzo dali pozitivne rezultate ali definitivno niže magnitude u odnosu na najveća, povijesna otkrića. Otkriveni su plinsko-kondezatno polje Dravica-1 te naftna polja Selec, Hrastilnica, Đeletovci zapad i Bunjani Jug te manje plinsko polje Ilena na Sjevernom Jadranu. Obzirom na nivo istraženosti Panonskog bazena, mogućnosti istraživanja u konvencionalnim etažama su dobrim dijelom limitirane. Era otkrivanja polja u izrazitim strukturnim zamkama je iza nas pa se velika pozornost posvećuje tzv. stratigrafskim zamkama koje se definiraju specijalnim analizama 3D seizmike. Iskustva u mnogim „zrelim“ svjetskim bazenima ukazuju da alternative treba tražiti izvan tradicionalnih proizvodnih etaža usmjeravajući istraživanja na matične stijene i slabo propusne rezervoare. INA je provela pilot projekt istraživanja nekonvencionalnih ležišta nafte i plina čiji se rezultati analiziraju. Sjeverni Jadran također možemo smatrati dobro istražnim područjem pri čemu INA nastavlja ulagati napore u domeni tzv. tankih plinskih slojeva. Povratak srednjem i južnom Jadranu uslijedio je 2011./12. godine kada je INA snimila novu 2D i 3D seizmiku. Ekstenzivni 2D premjer čitavog Jadrana, koji je bio podloga za pokretanje 1. Javnog natječaja za istraživanje Jadrana, izvršen je 2013. Time su otvorena vrata za novi istražni ciklus u Jadranu. Da li će INA ili ostale svjetske kompanije zainteresirane za istraživanje ovog prostora otkriti kod srednjem i južni Jadran, ostaje za vidjeti.

Perspektive

Slijedom novih okolnosti otvaranja tržišta ugljikovodika u RH praćenih recentnim promjenama zakonodavstva u segmentu istraživanja i proizvodnje ugljikovodika javljaju se nove prilike ali i izazovi. Razvidno je kako su najveća naftna i plinska polja otkrivena devedesetih godina proteklog stoljeća pri čemu su otkrića iz prve dvije dekade 21. stoljeća značajna u smislu održavanja proizvodnje ali ne garantiraju održivu obnovu rezervi. Koliki su preostali potencijali i da li naredni istraživački ciklus može dobaciti do razine već otkrivenih rezervi pa i dalje? Sustavne procjene INA-e upućuju da je generativni potencijal Panonskog bazena moćniji u odnosu na evidentirane rezerve dok je pliocensko-pleistocenski plinski potencijal Sjevernog Jadran većim dijelom iscrpljen. Iako se u javnosti javljaju procjene iz različitih izvora, o potencijalima Dinarida te srednjeg/južnog Jadranu još uvijek govorimo na spekulativnoj razini budući da nema potpunih dokaza o efektivnom naftno-geološkom sustavu. Odgovor na pitanje preostalih potencijala mogu dati jedino intenzivirana kapitalna ulaganja u istražne aktivnosti INA-e ali i internacionalnih naftnih kompanija koje će dobiti istražna prava na novim koncesijama. Međutim, interes za ove prostore i intenzitet budućih aktivnosti će u velikoj mjeri ovisiti o situaciji na svjetskom naftnom tržištu, državnoj politici koja u punom smislu treba stati iza čitavog procesa ali i stavu cijelokupne zajednice, posebice nevladinih udruga i lokalne administracije. Iako je u zakonodavnom smislu učinjen veliki korak naprijed prema otvaranju tržišta istraživanja, dosadašnje iskustvo je pokazalo da će put prema istraživanju visokorizičnih naftno-geoloških provincija trebati tražiti uvođenjem dodatnih mjera za kompanije koje pokažu spremnost i hrabrost uhvatiti se u koštač sa takvim projektima. Samostalno ili putem povezivanja sa drugim zainteresiranim naftnim kompanijama INA želi demonstrirati posvećenost istraživanju ovih prostora, dobiti mogućnost ostvarenja novih vizija, projekata i bušenja novih kilometara. A sve to uz implementaciju suvremenih, sigurnih i čistih tehnologija pri čemu realizacija novih istražnih projekata iznad svega znači izuzetnu priliku za mlade stručnjake koji su nam se pridružili kroz kvalitetne programe zapošljavanja posljednjih godina.

pozvano predavanje – key lecture

The wonder of peatlands: Archives of environmental changes and human impacts

Tresetišta: Arhiv promjena u okolišu i ljudskog utjecaja

Francois De Vleeschouwer^{1,2}

¹ Université de Toulouse, INP, UPS, EcoLab (Laboratoire Ecologie Fonctionnelle et Environnement), ENSAT, Avenue de l'Agrobiopole, 31 326 Castanet Tolosan, France

² CNRS, EcoLab, 31 326 Castanet Tolosan, France

Key words: peatlands, environmental changes, human impact

Ključne riječi: tresetišta, promjene u okolišu, ljudski utjecaj

Peat deposits are formidable terrestrial archives for Holocene environmental changes as well as Human impacts. Some peatlands (bogs) are only fed by atmospheric inputs and therefore have a potential to record a more global (i.e. hemispheric) signature than other continental deposits (e.g. river and lake sediments). Easily datable, they can produce high-resolution, precisely dated records covering the Holocene and beyond. The widespread occurrence of peats in mid- to high latitudes of both hemispheres compared to other sedimentary records ought to make them particularly suitable for global hemispheric comparison and to answer major global climate change questions.

Through examples selected in more than 40 years of literature as well as ongoing studies, we will provide an insight into significant advances in the reconstructions of Holocene climate and natural/anthropogenic environmental changes from peat deposits from both hemispheres. We will walk from pioneering works through studies employing high-resolution records integrating climate-environment and land-atmosphere interactions using varieties of inorganic, organic, biotic and abiotic climate and environmental proxies.

pozvano predavanje – key lecture

Kredno-paleogenski tsunamit na otoku Hvaru i paleomorfologija JZ ruba Jadranske karbonatne platforme s mogućim implikacijama na paleogeografiju zapadnog Tetisa

Cretaceous-Paleogene tsunamite on the island of Hvar and paleomorphology of SW margin of the Adriatic Carbonate Platform with possible implications on the western Tethyan paleogeography

Tvrko Korbar¹, Alessandro Montanari² & Ladislav Fuček¹

¹ Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Hrvatska (tvrtko.korbar@hgi-cgs.hr)

² Osservatorio Geologico di Coldigioco, Cda. Coldigioco 4, 62021 Apiro, Italy

<http://gsabulletin.gsapubs.org/content/early/2015/05/07/B31084.1.abstract>

Ključne riječi: Jadranska karbonatna platforma, Jadranski bazen, maastricht, paleocen, Viški paleozaljev, tsunami, Atlantik, zapadni Tetis

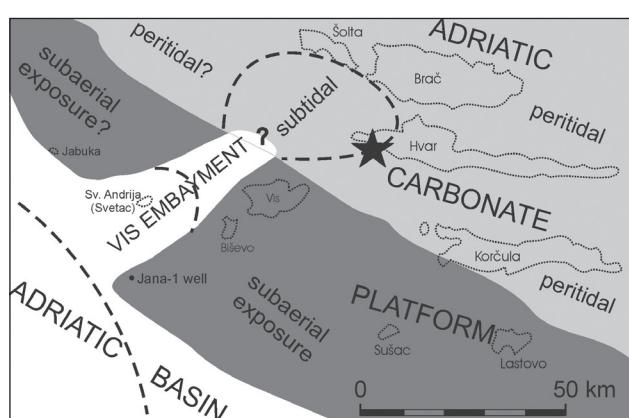
Key words: Adriatic Carbonate Platform, Adriatic Basin, Maastrichtian, Paleocene, Vis embayment, tsunami, Atlantic, western Tethys

Poznati udar asteroidea u području Yucatana (Chicxulub krater) uzrokovao je jedno od najvećih globalnih izumiranja na granici krede i paleogena (K-Pg, ex. K-T, prije 66 milijuna godina) i značajne kratkotrajne sedimentacijske procese u području Meksičkog zaljeva i šire (SCHULTE et al., 2010). Dok su zapisi ovog događaja pronađeni širom svijeta u dubokovodnim naslagama, plitkovodni zapisi su vrlo rijetki i nejasni, a do sada još nikada nisu bili dokazani unutar neke od tadašnjih tropskih karbonatnih platformi. Stoga je nedavno objavljeni nalaz do 5 m debelog tsunamita, istaloženog na granici krede i paleogena unutar tipičnog slijeda naslaga unutrašnjeg dijela Jadranske karbonatne platforme (JKP) na području grada Hvara, od iznimnog značaja (KORBAR et al., 2015).

Između ostalog, taj nalaz potiče na nove interpretacije paleomorfologije toga dijela JKP. Naime, taj lokalitet nalazi se oko 60 km od najbližeg interpretiranog ruba JKP prema Jadranskom bazenu (GRANDIĆ et al., 1999). Međutim, TARI (2002) prepostavlja formiranje dubokog gornjokredno-paleogenskog paleozeljeva zapadno od otoka Visa, a nedavni nalazi pelagičkog maastrichta do paleogena na otoku Sv. Andrija (FUČEK et al., ovaj svezak) to i potvrđuju. Na temelju do tada objavljenih podataka, KORBAR (2009) prepostavlja da je JZ rub JKP tijekom maastrichta bio izdignut iznad razine mora zbog izdizanja predgorja (*foreland bulge*), a uslijed približavanja Dinaridskog orogena, što bi značilo da udar eventualnog tsunamija u taj rub nije ostavio značajnije zapise u tada izronjenim i paleookršavanim platformnim sedimentima tzv. Istarskog segmenta JKP (KORBAR, 2009). Međutim, položaj Viškog paleozaljeva mogao je imati značajnu ulogu pri kanaliziranju tsunamija koji je udario u JKP s JZ, pri čemu je isti

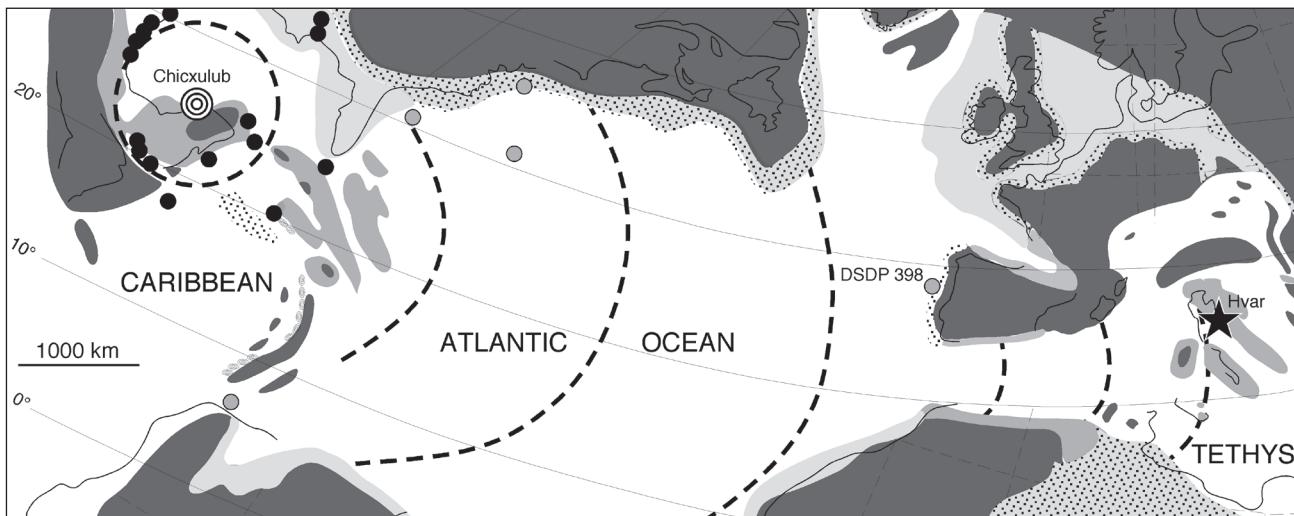
mogao ostaviti i relativno debele sedimente u području tzv. Dalmatinskog segmenta JKP, u kojem su tada prevladavali peritajdalni okoliši (Sl. 1). Pritom valja naglasiti da unutar naslaga na pretpostavljenoj granici K-Pg u uvali Likva na otoku Braču nema očitih sedimentoloških dokaza bilo kakvog neuobičajeno visokoenergetskog događaja, čime se isključuje mogućnost da je tsunami došao iz sjeveroistočnih smjerova.

Dokaze gornjokredne emerzije dijela JKP nalazimo na otoku Biševu, gdje je utvrđen nekonformni kontakt plitkovodnih naslaga turon-konijaka i gornjeg eocena (KORBAR et al., 2012). Nadalje, pretpostavlja se da je slična situacija



Slika 1. Paleookolišna rekonstrukcija JZ ruba Jadranske karbonatne platforme tijekom maastrichta i paleocena u području srednjeg Jadrana s interpretacijom napredovanja tsunamija (debele crtkane linije) i lokacijom Hvarskega tsunamita (zvjezdica).

Figure 1. Maastrichtian-Paleocene paleoenvironmental reconstruction of the area of central Adriatic, showing the tsunami propagation (thick broken lines) and position of the Hvar tsunami (star).



Slika 2. Paleogeografija kasnog maastrichta, lokacija Chicxulub impakta i uz njega vezanih naslaga u području Kariba i Atlantika (točke), moguće napredovanje tsunamija (debele crtkane linije) te položaj Hvarskog tsunamita (zvjezdica) na Jadranskoj karbonatnoj platformi u području zapadnog Tetisa (KORBAR et al., 2015).

Figure 2. Late Maastrichtian paleogeography, location of Chicxulub impact crater and mass wasting and/or tsunami deposits (circles) in Caribbean and Atlantic regions, related tsunami propagation (thick dashed lines), and location of Hvar tsunamite (star) on Adriatic Carbonate Platform in western Tethys (KORBAR et al., 2015).

u području bušotine Jana-1, koja je na paleogeografskim interpretacijama stavlјena unutar JKP (GRANDIĆ et al., 1999). Otvoreno pitanje ostaje prostrano područje između Visa, Hvara, Šolte i Jabuke, u kojem ne postoji niti izdanci, ni bušotinski podaci. Stoga je upravo tsunamit koji je nađen na otoku Hvaru posredni dokaz postojanja takvog paleozaljeva koji je omogućio da gusti sedimentni tok formiran uslijed K-Pg tsunamija dopre sve do tog lokaliteta u unutrašnjosti JKP. Taj lokalitet mogao je biti minimalno 5 km udaljen od mogućeg ruba bazena, jer zapadni dio otoka Hvara čine plitkovodni sedimenti (OŠTRIĆ et al., 2014), čime se pretpostavljeni bazen može provući maksimalno do tih pozicija.

Nadalje, pitanje povezanosti takvog tsunamija s udarom asteroida u području današnjeg Yucatana, otvara moguće interpretacije paleogeografije zapadnog Tetisa (današnjeg zapadnog Mediterana), jer je put za takav tsunami morao biti otvoren kroz tada dovoljno široki i duboki prolaz u području Gibraltara, a plitkovodna i kopnena područja su trebala biti smještena uz rubove tadašnjeg oceanskog bazena (Sl. 2). Potvrdom velikog interoceanskog tsunamija potvrdila bi se i najnovija paleogeografska rekonstrukcija zapadnog Tetisa i geodinamika područja zapadnog Mediterana tijekom paleogenske Alpinske orogeneze. Čini se da su udaljena područja ostala izvan dosega katastrofalnog seizmičkog udara direktno povezanog s impaktom, ali su bila u dosegu interoceanskog kataklizmičkog tsunamija nastalog uslijed simultanog urušavanja rubova šelfa/platiformi u području središnjeg dijela zapadnog Atlantika, odnosno uz južne rubove sjevernoameričkog šelfa i/ili istočnih rubova karbonatnih platformi Bahama, Kube i Karipskog otočnog luka (Sl. 2).

Literatura:

- FUČEK, L., PREMEC FUČEK, V., OŠTRIĆ, N. & KORBAR, T. (ovaj svezak): Pelagički karbonati maastrichta do paleogena otoka Sv. Andrija – Svetac (srednji Jadran) (Pelagic Maastrichtian to Paleogene carbonates of the island of St. Andrija – Svetac (Central Adriatic)), 78–79.
- GRANDIĆ, S., BOROMISA-BALAŠ, E., ŠUŠTERČIĆ, M. & KOLBAH, S. (1999): Hydrocarbon possibilities in the Eastern Adriatic Slope zone of Croatian offshore area.– Nafta, 50/2, 51–73.
- KORBAR, T. (2009): Orogenic evolution of the External Dinarides in the NE Adriatic region: a model constrained by tectonostratigraphy of Upper Cretaceous to Paleogene carbonates.– Earth Science Reviews, 96/4, 296–312.
- KORBAR, T., BELAK, M., FUČEK, L., HUSINEC, A., OŠTRIĆ, N., PALENIK, D. & VLAHOVIĆ, I. (2012): Osnovna geološka karta Republike Hrvatske (Basic Geological Map of the Republic of Croatia) 1:50 000: list (sheet) Vis 3 i Biševo 1 (571/3 i 621/1).– Hrvatski geološki institut (Croatian Geological Survey), Zagreb, ISBN: 978-953-6907-27-4.
- KORBAR, T., MONTANARI, A., PREMEC FUČEK, V., FUČEK, L., COCCIONI, R., McDONALD, I., CLAEYS, P., SCHULZ, T. & KOEBERL, C (2015): Potential K-Pg tsunami deposit in the intra-Tethyan Adriatic Carbonate Platform section of Hvar (Dalmatia, Croatia).– Geological Society of America Bulletin, DOI:10.1130/B31084.1
- OŠTRIĆ, N., FUČEK, L., PRTOJAN, B., JELASKA, V., KOROLJJA, B., GUŠIĆ, I., ŠPARICA, M., KORBAR, T. & HUSINEC, A. (2014): Osnovna geološka karta Republike Hrvatske (Basic Geological Map of the Republic of Croatia) 1:50 000: list (sheet) Vis 4 (571/4).– Hrvatski geološki institut (Croatian Geological Survey), Zagreb, ISBN: 978-953-6907-28-1.
- SCHULTE, P., & 44 sur. (2010): The Chicxulub asteroid impact and mass extinction at the Cretaceous-Paleogene Boundary.– Science, 327, 1214–1218.
- TARI, V. (2002): Evolution of the northern and western Dinarides: a tectonostratigraphic approach.– European Geosciences Union, Stephan Mueller Special Publication Series, 1, 223–236.

pozvano predavanje – key lecture

Kartiranje prostornog rasporeda poroznosti u svrhu procjene kapaciteta geološkog uskladištenja ugljičnog dioksida u dubokim slanim vodonosnicima jugozapadnog dijela Panonskog bazena

The porosity distribution mapping to estimate the capacity of the CO₂ geological storage in deep saline aquifers of the south-western part of Pannonian basin

Bruno Saftić, Iva Kolenković, Marko Risek, Iva Tomljenović & Dario Arandia Krešić

Sveučilište u Zagrebu - Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Ključne riječi: ugljični dioksid, geološko skladištenje CO₂, duboki slani vodonosnik, poroznost, kapacitet uskladištenja CO₂

Keywords: carbon dioxide, CO₂ geological storage, deep saline aquifer, porosity, CO₂ storage capacity

Smatra se da bi se smanjenjem emisije stakleničkih plinova u atmosferu za 50% uspostavila ravnoteža i eliminirao štetan utjecaj stakleničkih plinova na klimatske uvjete. Smanjenje emisije ugljičnog dioksida moguće je postići zamjenom fosilnih goriva obnovljivim izvorima energije, povećanjem učinkovitosti u transformaciji i korištenju energije, ali i kaptiranjem velikih stacionarnih izvora i skladištenjem ugljičnog dioksida u podzemlju, za što su uobičajeni nazivi „geološko skladištenje“ ili „geosekvestracija“. Ugljični dioksid je moguće trajno uskladištiti u duboko smještene propusne i porozne stijene koje sadrže vodu povećane mineralizacije i čiji se slojevi nalaze na dubinama od 1000–2500 m. Takve „formacije“ zovemo dubokim slanim vodonosnicima i oni se mogu naći u većini sedimentnih bazena.

Stijene za geološko skladištenje CO₂ moraju zadovoljavati određene kriterije, kao što su povoljna poroznost i propusnost, dovoljno velika dubina zalijeganja, te postojanje izolatorskih stijena u krovini koje bi sprječile moguću migraciju CO₂ prema površini i njegovo ispuštanje u atmosferu. Na području Republike Hrvatske kao potencijalne stijene za uskladištenje CO₂ pokazali su se gornjomiocenski pješčenjaci u hrvatskom dijelu Panonskog bazena (EU GEOCAPACITY, 2009). Kao prva jedinica za koju su provedene detaljnije procjene kapaciteta uskladištenja odabran je regionalni duboki slani vodonosnik Poljana u zapadnom dijelu Savske depresije koji lithostratigrafski odgovara jedinici pješčenjaci Poljana u tome području (PEREŠIN, 2011; KOLENKOVIĆ, 2012; KOLENKOVIĆ et al., 2013). Pješčenjaci Poljana odabrani su zbog povoljne dubine zalijeganja i značajne debljine propusnih slojeva. Izolatorske stijene predstavljaju laporu u neposrednoj krovini dubokog slanog vodonosnika koji svojim litološkim sastavom, debljinom i prostiranjem zadovoljavaju uvjete za regionalni izolator.

Na izračun kapaciteta geološkog uskladištenja CO₂ utječu brojni parametri od kojih se neki teže određuju. Pri-

dosadašnjem radovima na kartiranju potencijala ovog resursa u svijetu su korišteni ponešto različiti pristupi (PRELICZ et al., 2012), a nije se još uspjelo uspostaviti niti jedinstvenu terminologiju. Ipak, neke su stvari zajedničke jednostavno jer su već uspostavljene razvojem geofizičkih mjerena i dubinskog kartiranja. Na temelju bušotina i seizmičkih mjerena može se rekonstruirati oblik sedimentnih tijela i procijeniti trendove promjene dubine zalijeganja i debljine propusnih slojeva, zatim su tu i podaci o temperaturi i tlaku u podzemlju s tim da još jedna bitna stvar nedostaje – kolektorska svojstva. Poroznost treba što je moguće točnije odrediti jer se jedino tako može znati koliki je potencijal za geološko uskladištenje, a propusnost je isto tako važna jer će o tom svojstvu ovisiti kako će utisnuti ugljični dioksid migrirati u podzemlju, kao i koje su maksimalne brzine utiskivanja s obzirom na neizbjježni porast tlaka u blizini utisnih bušotina. Propusnost je stoga obično presudna u lokalnim istraživanjima i ona je bitni dio geološkog modela jedne strukture u kojoj se želi napraviti podzemno skladište ugljika. Poroznost se, međutim ne može samo tako preskočiti ni pri početnim, regionalnim kartiranjima odnosno pri procjenama regionalnog potencijala primjene ove tehnologije.

Regionalna procjena prostornog rasporeda poroznosti često je opterećena malim brojem ulaznih podataka. Postojeći model za duboki slani vodonosnik Poljana u zapadnom dijelu Savske depresije u disertaciji Ive Kolenković (KOLENKOVIĆ, 2012) napravljen je na temelju kvantitativne interpretacije karotažnih mjerena iz 20 bušotina što predstavlja relativno mali broj ulaznih podataka za tako veliko područje istraživanja. To je dovelo do nesigurnosti prilikom interpretacije u područjima gdje su bušotine na velikom razmaku. Da bi se smanjile te nesigurnosti i povećala pouzdanost procjene u tim područjima, konstruirane su dvije nove karte. Prva na temelju regionalne regresijske analize ovisnosti poro-

znosti o srednjoj dubini (prema JELIĆ, 1984), što se pokazalo kao dobro rješenje za jednostavne procjene u nedostatku podataka. Mana ove metode je prepostavka da se poroznost mijenja samo s dubinom, tj. stupnjem kompakcije pješčnjaka, što je na ovom objektu istraživanja dovelo do precijenjenih vrijednosti u pličim slojevima i podcijenjenih vrijednosti u središnjim, dubljim slojevima. Uzimajući u obzir da su se na istraživanom području istaložili pješčenjaci turbiditnim strujama, ova pretpostavka je rezultirala smanjenim vrijednostima specifičnog kapaciteta u središnjim dijelovima područja gdje su deblji slojevi pješčnjaka, te je tako podcijenjen ukupni kapacitet uskladištenja u dubokom slanom vodonosniku Poljana. Druga je karta konstruirana na temelju regresijske analize ovisnosti poroznosti o dva parametra – srednjoj dubini i efektivnoj debljini. Dobivene su veće vrijednosti specifičnog kapaciteta uskladištenja u središnjim, dubljim dijelovima vodonosnika u odnosu na model ovisnosti poroznosti o samo dubini, što je i očekivano zbog specifičnih uvjeta taloženja pješčnjaka. U oba je slučaja procijenjena vrijednost poroznosti i u buštinama u kojima nije bilo odgovarajućih karotažnih mjerena, te je povećana pouzdanost izračuna specifičnog i ukupnog kapaciteta uskladištenja ugljičnog dioksida. Ispitani modeli mogu poslužiti za planiranje istraživanja u područjima s većim potencijalom, odnosno na najperspektivnijim lokacijama.

Literatura:

- EU GEOCAPACITY, Assessing European Capacity for Geological Storage of Carbon Dioxide (2009): Technical reports, FP-518318.: EU GeoCapacity. Storage Capacities. WP2.3 D12.
- JELIĆ, K. (1984): Odnos gustoće i poroznosti s dubinom litostratigrafskih formacija Savske i Dravske potoline.– *Nafta*, 35/12, 637–643, Zagreb.
- KOLENKOVIĆ, I. (2012): Mogućnosti za geološko skladištenje ugljičnoga dioksida u gornjomiocenskim pješčenjacima zapadnog dijela Savske depresije.– Doktorska disertacija, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 130 str., Zagreb.
- KOLENKOVIĆ, I., SAFTIĆ, B. & PEREŠIN, D. (2013): Regional Capacity Estimates for CO₂ Geological Storage in Deep Saline Aquifers – Upper Miocene Sandstones in the SW part of the Panonian Basin.– *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 16, 180–186.
- PEREŠIN, D. (2011): Regionalna procjena kapaciteta uskladištenja ugljičnog dioksida u gornjomiocenskim pješčenjacima zapadnog dijela Savske depresije.– Diplomski rad, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 31 str., Zagreb.
- PRELICZ, R.M., MACKIE, E.A.V. & OTTO, C.J. (2012): Methodologies for CO₂ storage capacity estimation: review and evaluation of CO₂ storage atlases.– *First Break*, 30, 71–76.

Application of multiple polynomial regression and artificial neural network for identification of natural background and influence of mining and metallurgical activities

Primjena multiple polinomske regresije i umjetne inteligencije za prepoznavanje prirodnih distribucija i utjecaja rudarskih i metalurških djelatnosti

Jasminka Alijagić & Robert Šajn

Geological Survey of Slovenia, Dimičeva ul. 14, 1000 Ljubljana, Slovenia (jasinka.alijagic@geo-zs.si, robert.sajn@geo-zs.si)

Key words: Linear modelling, nonlinear modelling, trace elements, mainfields, Stavnja valley, Bosnia and Herzegovina

Ključne riječi: linearno modeliranje, nelinearno modeliranje, elementi u tragovima, minska polja, dolina Stavnje, Bosna i Hercegovina

The Stavnja valley was selected as the study area due to several reasons. High concentrations of particular elements are released into environment not only through anthropogenic activities but also by natural erosion and weathering reactions of parental rocks what adds to the complexity of the environmental assessment. The study area has a very interesting geology, which can be represented by isolated lithological units. The oldest rocks are on the north and younger on the south of study area. This regular layout is quite unique and makes this study area more interesting and challenging for the geochemical investigation. Here are present two types of contamination, atmospherically and river transport, respectively. The valley of river Stavnja is very narrow, surrounded by steep hills. The contamination is transported down to the river and accumulates into alluvial sediments. Even the atmospheric particles have the direction N–S. Problem of contamination along the river can be demonstrated as an anisotropic appearance between the layered (isotropic) lithological units. Complex problems can be partially solved by using denser and more regular sampling grid, but due to the presence of remained minefields, high cost and time consuming soil sampling, the research has been based on developing methods for the creation of soil maps, applying various prediction methods. Development of linear and nonlinear prediction methods that use secondary attributes sourced from the DEM, land use, and remote sensing in combination with sparse and expensive soil measurements has been the focus of research. Applying various modelling techniques, different prediction methods for soil prediction were compared, but the best combination of prediction method and secondary information has been chosen as well. Various modelling techniques help us in reconstruction simultaneously different processes that influenced the entire study area.

Due to the study complexity caused by the anthropogenic, geogenic and morphological influence as well as restriction of sampling possibilities (minefields), the three different prediction methods have been applied: the Segment Kriging, Polynomial Multiple Regression and Artificial Neural Network-Multilayer perceptron.

The river Stavnja, is located in the central part of Bosnia and Herzegovina, northern from Sarajevo. It has about 35 km in length, and within its valley, there are about 30.000 inhabitants, mostly settled in two small cities Vareš and Breza. The study area is large 104 km², mostly covered by forest 57 km² or 55%. Meadows, pastures and cultivated land cover 37.4 km² or 36%, settlements 4.5 km², industrial zone 1.2 km², and open mine pits 3.6 km². This valley is a very narrow valley surrounded with steep hills with average width about 5 km. The river Stavnja springs at 1080 m, but ends at 430 m. The valley belongs to the temperate continental mountain climate zone, with cold winters and moderately warm summer. In general, autumn is warmer than spring.

In the Vareš municipality, the mineral exploitation dated back to the Antique period, but with the arrival of Austrians to Bosnia, it admired economic revival. The iron ore deposits are conducted to the Triassic structures. The mine Vareš is the oldest and largest in Bosnia and Herzegovina, comprising of three areas of exploitation: Smreka, Droškovac and Brezik. The mining zones of aforementioned areas make one geological unit. In 1991, open pit's reserves and resources in the mentioned three Fe ore deposits have been deemed to 169 million tonnes. Beside the main iron ore minerals, hematite and siderite there are present various metal ore sulphides of Cu, Pb, Zn, As, Sb and Sn. Lead, zinc and barite Veovača open pit sits about 10 km eastern of Vareš. Sulphide mineralization is associated with layers of barite and have volcanogenic – sedi-

mentary genesis. Inside of these deposits hydrothermal processes have formed some minor veins reached with various minerals.

Construction of the ironworks and metal foundry in Vareš begin in 1891. Until 1991, it was operated within the company "Mine and Ironworks Vareš". The ironworks have been the second largest ironworks in Bosnia and Herzegovina. All activities in the ironworks ended in 1998, when two furnaces were overthrown due to disuse technology and unprofitability. A town Breza with surrounding settlements is developed on river terraces of the river Stavnja. It is known with brown coal mining. This coal basin belongs to the Central Bosnian coal basin that lies along the river Bosna.

The sampling design has been initiated to provide high quality environmental geochemical baseline data for the Stavnja Valley. The data are based on sampling of soil, stream sediment and attic dust collected from entire study area. High quality and consistency of the obtained data are ensured by using standardised sampling methods and by treating and analysing all samples in the same way. Preparation of sampling design has been the most challenging part, because of the remained minefields from the last war (1992-1995). At 111 sampling sites from two soil horizons, topsoil (0-5 cm) and subsoil (20-30 cm) have been collected. Analysis of 36 chemical elements (Ag, Al, As, Au, B, Ba, Bi, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ga, Hg, K, La, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, S, Sb, Sc, Se, Sr, Th, Ti, Tl, U, V, W and Zn) was performed at the ACME, Ltd. laboratory in Vancouver, Canada. Beside the chemical analyses, various geospatial data been obtained either as open data on websites freely (such as Digital Elevation Model DEM, satellite images, and Google Earth topography) or at the archives of public institutions in Slovenia or Bosnia and Herzegovina.

Chemical analysis and obtained spatial data have been processed by the univariate, bivariate, and multivariate statistical methods. The concentration ratios according to the lithological units and determined zones are identified but also the statistical tests for statistical significance and assumptions have been performed. Based on multivariate statistical methods (clusters and factor analysis), four dominant geochemical associations were extracted. The Factor 1 associates the high concentration of Pb, Zn, Hg, Cd, Cu, Bi, Ag, Sb, Mo, W, Mn, Ba, Fe, and Tl. The group represents chemical elements that are the most probably anthropogenically distributed, associated to the main industrial and mine zone, and alluvial sediments found downstream of the river Stavnja. Three next factors, F2 (Ni, Cr, Co, and Mg), F3 (Th, La, As, and Sc), and F4 (Al, Ti, V, and Ga) are associating elements that are most probably naturally distributed and influenced by lithology.

From the land use map and Digital Elevation Model (DEM) many geospatial data had been sourced and later used in modelling. The main purpose of use such parameters (data), is helpful in preparation of spatial distribution of particular elements as a final product. Geochemical maps, as final products are necessary in understanding both, natural and anthropogenic processes.

Due to high cost and time-consuming nature of soil sampling, research in developing methods for the creation of soil maps from sparse soil data is becoming increasingly important. In recent years, the development of prediction methods (linear and nonlinear) that use secondary attributes sourced from the DEM, land use, and remote sensing in combination with sparse and expensive soil measurements has been sharpening focus of research. Consequently, the potential for using such information to soil mapping at the within fields extent is greater than ever before. Applying various modelling techniques different prediction methods for soil prediction were compared, but we also choose the best combination of prediction method and secondary information. Various modelling techniques help us in reconstruction simultaneously different processes that influenced the entire study area. They main purpose is not only the isolation of hotspots with highest concentrations, but simultaneously distinguish between natural and anthropogenic influences as well as transportation pattern such as atmospheric or water transport. Studying aforementioned fact, it will help us in better interpretation and understanding processes that happened in some certain period time that they are related to.

All aforementioned data been used for preparing spatial distribution models using two predicting methods, modelling by Multiple Polynomial Regression and Artificial Neural Network - Multilayer Perceptron, respectively. For both modelling methods a recall grid has been used. The whole study area is divided to 50 x 50 m grid. Total number of recall points is 41.471. The both methods were treated by same conditions and same software packages, Statistica 11 (Stat Soft Inc., 2012) and Surfer 11 (Golden Software Inc., 2012). The segment Kriging is a linear method and concerns the sparse measured data only.

Modelling with ANN-MP and MPR represents the milestone in geochemical investigations and mapping. Main advantages of those methods are: a) construction of very eventful and complete maps with spatial distribution of particular elements or geochemical association; b) sampling at high risk sites can be avoided; c) number of sampling sites can be reduced but the maps can still remain very qualitative.

Lito-, bio- i kemostratigrafija naslaga donjega trijasa Vanjskih Dinarida (Plavno, Hrvatska)

Early Triassic litho- bio- and chemostratigraphy in the External Dinarides (Plavno, Croatia)

Dunja Aljinović¹, Tea-Kolar Jurkovšek², Micha Horacek³, Sylvain Richoz⁴, Leopold Krystyn⁵,
Duje Smirčić¹ & Bogdan Jurkovšek²

¹ Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Sveučilište u Zagrebu

² Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana, Slovenija

³ BLT Wieselburg, HBLFA Francisco Josephinum, Rottenhausstr. 1, 3250 Wieselburg, Austria

⁴ Commission for the Palaeontological and Stratigraphical Research of Austria, Austrian Academy of Sciences c/o Institute of Earth Sciences, University of Graz, Heinrichstr. 26, Graz, 8010, Austria

⁵ Institute of Paleontology, Vienna University, Althanstraße 14, 1090 Vienna, Austria

Ključne riječi: donji trijas, Vanjski Dinaridi, C-izotopi, konodonti

Key words: Early Triassic, External Dinarides, C-isotopes, conodonts

Kontinuirani slijed sedimenata donjega trijasa impozantne debljine od 915 m istražen je lito-, bio- i kemostratigrafskim metodama na lokalitetu Plavno u središnjem dijelu Vanjskih Dinarida (okolica Knina). Profil Plavno obuhvaća stratigrافski raspon od ranog grisbahija do anizika što je bilo moguće dokazati determinacijom mikro- i makrofosa (konodonti, amoniti, školjkaši). Kontinuiranim mjerenjem ugljikovih izotopa (^{13}C), prvi puta primjenjenim u istraživanju donjotrijaskog slijeda Dinarida, dobivena je izotopna krivulja koja je uz biostratigrافske podatke znatno pomogla pri detaljnijoj stratigrafkoj raščlambi donjotrijaskih naslaga usporedbom s referentnim krivuljama u Italiji, Kini, Indiji i Iranu (e.g. PAYNE et al., 2004; RICHOZ, 2006; HORACEK et al., 2007a,b). U najdonjem dijelu profila ^{13}C izotopna krivulja ima niske vrijednosti (prosječno $-3,5\text{\textperthousand}$) koje polagano rastu prema pretpostavljenoj granici grizbahij-dinerij (do $-1,5\text{\textperthousand}$). Blizu te granice zabilježen je kratki pomak prema negativnim vrijednostima dok dalje kroz dinerij vrijednosti ^{13}C izotopa rastu (s izuzetkom nekoliko kratkih, negativnih infleksija) da bi se nakon toga krivulja sasvim ustrmila prema granici dinerij-smitij, što je zabilježeno na mnogim poznatim donjotrijaskim profilima (e.g. HORACEK et al., 2007 a,b). U blizini te granice pojavljuje se maksimum od $+5.2\text{\textperthousand}$, a zatim slijedi strmi kontinuirani pad prema niskim, često negativnim vrijednostima u smitiju. Neposredno prije granice smitij-spatij zabilježen je nagli rast do drugog maksimuma ($+5.6\text{\textperthousand}$) nakon čega slijedi skokovit pad u spatiju te polagani rast (do $+1.8\text{\textperthousand}$) na granici spatij-anizik. Trendovi dobivene krivulje slijeda Plavno generalno se podudaraju s publiciranim podacima.

Profil Plavno je litološki podijeljen u tri jedinice. Najstarije naslage profila (oko 40 m debljine) pripadaju neformalnoj jedinici „Dolomita“ starosti rani grisbahij što je potvrđeno nalazom konodontnih vrsta *Hindeodus parvus* (KOZUR & PJATAKOVA), *Isarcicella isarcica* (HUCKRIEDE), *I. staeschei*

DAI & ZHANG. Kasni grisbahij, dinerij i smitij obilježeni su taloženjem jedinice „Siliciklastičnih naslaga“ podijeljene na donji interval (kasni grisbahij) gdje se talože tankoslojeviti crveni šejlovi, siliti i pješčenjaci, te srednji i gornji interval (dinerij-smitij) koji se oba sastoje od srednje i debeloslojevitih crvenih šejlova, silita i pješčenjaka proslojenih s ooidnim i bioklastičnim *grainstonima*. Na granici dinerij-smitij pojavljuje se *Eurygnathodus costatus* STAESCHE koji predstavlja marker za tu granicu (KRYSTYN et al., 2003; PAYNE et al., 2004, HORACEK et al., 2009) dok je u vršnom dijelu jedinice „Siliciklastičnih naslaga“ prisutna *Foliella gardenae* (STAESCHE). Najmlađi dio profila, spatijske starosti, obilježen je taloženjem jedinice „Madstona“ koju karakterizira izmjena sivih vapnenačkih madstona, laporu i kalksiltita uz prisustvo konodontnih vrsta *Triassospathodus* (*T. ex gr. hungaricus* (KOZUR & MOSTLER) i *T. ex gr. triangularis* (BENDER), školjkaša *Eumorphotis venetiana* HAUER i *Promyalina* te amonita *Dinarites dalmatinus* HAUER, *D. muchianus* HAUER, *Tirolites* sp. i *Carniolites cf. carniolicus* MOJSISOVICS.

Karakteristike slijeda naslaga profila Plavno odražavaju uvjete taloženja prostrane epikontinentalne rampe (“epeiric ramp” sensu LUKASIK et al., 2000) uz uvjete marinske transgresije i bočnog premještanja facijesa. Talozi epikontinentalne rampe odražavaju sedimentaciju na prostranom pasivnom, plitkom morskom prostoru blagoga nagiba, s dubinom mora do nekoliko desetaka metara, šrine nekoliko stotina kilometara. U taloženju dominiraju olujni procesi (humčasta kosa slojevitost i tragovi utiskivanja) ali je uočen i utjecaj valova i plimnih struja. Plitkomorski uvjeti zadržali su se tijekom taloženja čitave donjotrijaske sekvencije. U spatiju se litologija značajnije mijenja od dominantno klastičnih u dominantno karbonatne taloge unutar kojih se nalaze dvije zone amonita. Unatoč prisustvu amonita, koje uobičajeno

smatramo indikatorima pelagičkog okoliša, u smitijskim karbonatnim naslagama još je uvijek prisutan utjecaj oluja kroz prisustvo olujnoga laga (gastropodi, amoniti), humčaste kose slojevitosti i intenzivne bioturbacije u slojevima između oluja. Može se zaključiti da se taložni prostor produbio, ali se taloženje još uvijek događa iznad osnovice valova olujna vremena. Prostrano plitko morsko područje koje egzistira između dviju osnovica valova moguće je jedino u modelu taloženja na epikontinentalnoj rampi. Epikontinentalna rampa nema barijerne otoke, lagunu ili plimnu ravnicu te se utočištu razlikuje od donjotrijaskoga okoliša kako je interpretirano u Južnim Alpama (Italija) i Karpatima (Mađarska). Slično je i s izračunatom ratom sedimentacije. Iz izmjerene debljine naslaga donjeg trijsa i stratigrafskog raspona profila Plavno (prema COHEN et al., 2013), rata sedimentacije za naslage induana, u trajanju 0,97 Ma, i iznosi 1m/3,3 ka, dok je za naslage olenekija, 4 Ma, dobivena vrijednost od 1m/6,7 ka što se razlikuje od izračunate rate sedimentacije u induanu za profile Južnih Alpa – 1m/6,5 ka (BRANDNER et al., 2012) iz čega se može zaključiti o lokalno različitim uvjetima količine donosa materijala i subsidencije.

Literatura:

- BRANDNER, R., HORACEK, M. & KEIM, L. (2012): Permian-Triassic-Boundary and Lower Triassic in the Dolomites, Southern Alps (Italy).– Field trip guide 29th IAS meeting of Sedimentology Schladming/Austria.– *Journal of Alpine Geology*, 54, 379–404.
- COHEN, K.M., FINNEY, S.C., GIBBARD, P.L. & FAN, J.-X. (2013): The ICS International Chronostratigraphic Chart.– *Episodes*, 36, 199–204.
- HORACEK, M., BRANDNER, R. & ABART, R. (2007a): Carbon isotope record of the P/T boundary and Lower Triassic in Southern Alps: Evidence from rapid changes in storage of organic carbon.– *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 252, 347–354.
- HORACEK, M., RICHOZ, S., BRANDNER, R., KRYSTYN, L. & SPÖTL, C. (2007b): Evidence for recurrent changes in Lower Triassic oceanic circulation of the Tethys: The ^{13}C record from marine sections in Iran.– *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 252, 355–369.
- HORACEK, M., KOIKE, T. & RICHOZ, S. (2009): Lower Triassic ^{13}C isotope curve from shallow-marine carbonates in Japan, Panthalassa realm: Confirmation of the Tethys ^{13}C curve.– *Journal of Asian Earth Sciences*, 36/6, 481–490.
- KRYSTYN, L., RICHOZ, S., BAUD, A. & TWITCHETT, R. (2003): A unique Permian-Triassic boundary section from the Neotethyan Hawasina Basin, Central Oman Mountains.– *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 191, 329–344.
- LUKASIK, J.J., JAMES, N.P., McGOWRAN, B. & BONE, Y. (2000): An epeiric ramp: low-energy, cool-water carbonate facies in a Tertiary inland sea, Murray Basin, South Australia.– *Sedimentology*, 47/4, 851–881.
- PAYNE, J.L., LEHRMAN, D.J., WEI, J., ORCHARD, M.J., SCHARG, D.P. & KNOLL, A.H. (2004): Large perturbations of carbon cycle during recovery from end Permian extinction.– *Science*, 305, 506–509.
- RICHOZ, S. (2006): Stratigraphie et variations isotopiques du carbone dans le Permien supérieur et le Trias inférieur de quelques localités de la Néotéthys (Turquie, Oman et Iran).– *Mémoire de Géologie de Lausanne*, 46, 275 p.

Mikropetrografske karakteristike mikrobijalnih sedimenata na granici perm-trijas (Vanjski Dinaridi, Slovenije i Hrvatske)

Characteristics of microbialites at Permian-Triassic boundary (The External Dinarides of Slovenia and Croatia)

Dunja Aljinović¹, Tea Kolar-Jurkovsek², Bogdan Jurkovsek², Duje Smirčić¹,
Galina Nestell³ & Kristijan Širić¹

¹ Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Sveučilište u Zagrebu

² Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana, Slovenija

³ Department of Earth and Environmental Sciences, University of Texas at Arlington, Arlington, TX 76019, USA

Ključne riječi: granica perm-trijas, mikrobijalit, Dinaridi, Slovenija, Hrvatska

Key words: Permian-Triassic boundary, microbialite, Dinarides, Slovenia, Croatia

Mikrobijalni karbonati (stromatoliti i tromboliti) poznati su i značajan facijes koji se pojavljuje neposredno uz granicu perm-trijas (P/Tr). Pojava ovog tzv. *anakronističnog* facijesa opisana je na brojnim lokalitetima (pregled u KERSHAW et al., 2012) i ukazuje na izuzetno nepovoljne uvjete u marin-skim okolišima vezane za masovno izumiranje krajem perma u kojima mikrobna zajednica predstavlja rijetke preživjele organizme te se razvija uslijed odsutnosti kompetitivne biote.

Istraživanja P/Tr granice koja već dulje vrijeme traju u Vanjskim Dinaridima odnosno u zapadnom dijelu Paleote- tisa, tek nedavno su omogućila pronalazak mikrobijalita na tri lokaliteta u Slovenije i na jednom lokalitetu u Hrvatskoj što uz raniji pronalazak (FIO et al., 2010) predstavlja rijetko i vrijedno otkriće.

Na sva tri lokaliteta u Sloveniji, mikrobijalni stromato- liti talože se izravno na gornjopermske vapnence Bellerophon Formacije. Vapnenci Bellerophon Formacije predstavljaju uglavnom lagunski facijes ili vrlo mala grebenska tijela u kojima dominiraju fosilni ostaci algi, foraminifera, ježinaca, spužvi, školjkaša, puževa, ostrakoda, brahiopoda, mahovnjaka te konodontni fragmenti. Uz uvjete kontinuirane sedimentacije može se uočiti oštri kontakt gotovo crnih belerofonskih vappenaca sa sivim laminiranim mikrobijalnim talozima (vapnencima na dva lokaliteta i dolomitima na jednom lokalitetu) koji predstavljaju prijelazni P/Tr interval. Istraživanja koja imaju za cilj točno lociranje P/Tr granice su u tijeku.

Mikrobijalni talozi se uočavaju zahvaljujući izraženoj lami- naciji. Mikropetrografska laminacija se očituje izmjenom svijetlih, mikrosparitnih te tamnih, mikrobijalnih lamina. U svjetlim laminama prisutan je homogeni mikrosparit koji vjerojatno odražava taloženje anorganskog karbonata uslijed specifičnih biokemijskih marinskih uvjeta koji su se pojavili na P/Tr granici. Prisutne su i rijetke kućice foraminifera (*Hyperammina deformis*) koje ukazuju na stresne uvjete te na rijetke organizme koji su ih preživjeli. Za razliku od svjetlih lamina, tamne lamine su mikrobijalnog (organskog) porijek-

la te u njima može biti prisutna i značajnija količina framboi- dalnog pirita. Unutar tamnih mikrobijalnih lamina uočeno je nekoliko karakterističnih mikrostrukturnih obilježja koje izravno ukazuju na mikrobijalno porijeklo. To su: 1) *mikrobne niti* – koje mogu biti kontinuirane, razlomljene ili uvinjene, a prostiru se povrh svjetlih mikrosparitnih lamina te ponekad okružuju krupne makrokristale sparita; 2) *nakupine sitnih sfera* (20-40 µm) koje predstavljaju sitne šuplje kuglaste forme sa jasnim mikritnim rubom te se prepostavlja da predstavljaju kokoidne bakterije sačuvane zahvaljujući biološki potaknutu kalcifikaciju; 3) *mikritne grudice i peloidi* koji predstavljaju izdužene krupne, potpuno mikritne forme ili imaju mikritni rub dok je unutrašnjost izgrađena od makrosparita i 4) *sparitne mikrosfere* (> 300 µm) okruglih ili elipsastih oblika, oštreljih granica, makrokristalaste unutrašnjosti koje zbog navedenih karakteristika sliče ooidima. Postanak sparitnih mikrosfera nije razjašnjen, no mikrokarakteristike uočene u istraženim uzorcima ukazuju na genetsku vezu između postanka mikritnih grudica/peloida te sparitnih mikrosfera pri čemu bi mikrosfere mogle nastati početnim mikrobijalnim obavijanjem sparitnih kristala, dok su uslijed daljnog pretaloživanja poprimile pravilne forme slične ooidima.

Na jednom lokalitetu u Hrvatskoj gdje su pronađeni dolomitizirani mikrobijalni talozi (Brušane, Velebit) u P/Tr inter- valu uočen je ravnomjeran raspored mikritnih i mikrosparitnih lamina, bez karakterističnih mikrostrukturnih obilježja.

Literatura:

- FIO, K., SPANGENERG, E.J., VLAHOVIĆ, I., SREMAC, J., VELIĆ, I. & MRINJEK, E. (2010): Stable isotope and trace element stratigraphy across the Permian–Triassic transition: A redefinition of the boundary in the Velebit Mountain, Croatia.– Chemical Geology, 278, 38–57.
 KERSHAW, S., CRASQUIN, Y. LI, COLLIN, P.-Y., FOREL, M.-B., MU. X., BAUD, A., WANG, Y., XIE, S., MAURER, F. & GUO, L. (2012): Microbialites and global environmental change across the Permian-Triassic boundary: a synthesis.– Geobiology, 10, 25–47.

Egerske i srednjemiocenske naslage u području rijeke Sutle

Egerian and Middle Miocene sediments in the area of the Sutla River

Radovan Avanić, Anita Grizelj, Mirjana Miknić, Lara Wacha, Koraljka Bakrač, Ines Galović,
Tomislav Kurečić & Monika Špišić

Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10 000 Zagreb (radovan.avanic@hgi-cgs.hr)

Ključne riječi: eger, srednji miocen, šelf, prijelazna zona, priobalje, transgresivan slijed, regresivan slijed

Key words: Egerian, Middle Miocene, Offshore, Transitional zone, Nearshore, Transgressive/Regressive system tract

Egerske naslage na području Hrvatskog zagorja prvi je istraživao GORJANOVIĆ-KRAMBERGER (1904). Detaljna sedimentološka istraživanja istih naslaga napravili su AVANIĆ et al. (1990). Nešto kasnije AVANIĆ et al. (2007) prepoznali su i opisali granicu formacija Meljan i Golubovec oligocensko-egerske starosti.

U dolini rijeke Sutle uz cestu Kumrovec-Rogatec, južno od Donjeg Brezna, snimljen je geološki stup Sutla-1 s egerskim (gornji eger) naslagama na kojima se erozijski transgresivno nalaze srednjemiocenski (gornji baden) klastiti. **Egerske naslage** pripadaju formaciji Golubovec, a sastoje se od facijesa pijesaka, facijesa pijesaka s proslojcima siltova, facijesa laminiranih siltova i facijesa pijesaka s positnjavanjem prema gore. Pijesci u facijesu pijesaka su srednjezrnati, limonitizirani i trošni bez vidljivih teksturnih karakteristika. U sastavu pijesaka prevladavaju minerali iz lake mineralne frakcije, među kojima je najzastupljeniji kvarc s valovitim potamnjenjem. Dobro su zastupljeni K-feldspati i čestice stijena, a muskovit je prisutan u vrlo maloj količini. Od čestica stijena najzastupljeniji su škriljavci, a pojavljuju se još čestice tipa kvarcita i rožnjaka i kiselih intruzivnih stijena. U teškoj mineralnoj frakciji od prozirnih minerala najzastupljeniji su granati i staurolit. Osim njih redovito se pojavljuju turmalin, cirkon, rutil, epidot i glaukofan. U pojedinim uzorcima u maloj količini prisutni su zeleni amfiboli, titanit, kloritoid, klinocoidit i brukit. Na temelju kontinuiteta s krovinskim pijescima s proslojcima siltova, može se zaključiti da su pijesci ovog facijesa odlagani vjerojatno u marinskom priobalju. Facijes pijesaka s proslojcima siltova nalazi se u donjem dijelu stupa, a slijedi kontinuirano na facijesu pijesaka i facijesu laminiranih siltova. Pijesci su 1–15 cm debljine, većinom srednje do krupnozrnati, te rijetko sitnozrnati. Siltovi su 1–10 cm debeljine s dobro izraženom horizontalnom laminacijom. Donja granica pijesaka je većinom erozijska, a manjim dijelom ravna, dok je gornja granica uglavnom ravna te rijetko neravna. U pijescima se vide intraklasti silta te slabije izražena kosa laminacija. Sastav lake i teške mineralne frakcije je vrlo sličan sastavu pijesaka prethodnog facijesa. Horizontalna laminacija suspensijskog tipa upućuje da su siltovi taloženi iz suspenzije na marinskem odobalju. Erosijska donja granica, intraklasti silta, kosa i horizontalna laminacija govore da su pijesci nas-

tali erozijom plitkovodnog materijala uslijed oluje (JOHNSON & BALDWIN, 1986) i turbulentnim strujama transportirani na područje odobalja. Nešto veća količina pijeska u odnosu na silt uz teksturne karakteristike dokazuje velik utjecaj oluja, koje su značajne za prijelaznu zonu između šelfa i priobalja (ELIOT, 1989). Facijes laminiranih siltova je debljine 1,2 m, a dolazi u donjem dijelu stupa unutar facijesa pijesaka s proslojcima siltova. Siltovi su masivni do horizontalno laminirani s mnoštvom biljnog trunja i fragmenata školjaka. U mikrofossilnoj asocijaciji određene su aglutinirane vrste foraminifera *Haplophragmoides laminatus* VOLOSHINOVA i *Haplophragmoides carinatus* CUSHMAN & RENZ te planktonske vrste *Globigerina lentiana* RÖGL i *Globoturborotalita woodi* (JENKINS). Od vapnenačkog nanoplanktona zabilježena su zadnja pojavljivanja *Reticulofenestra bisecta* (HAY, MOHLER & WADE) ROTH vrste, a od dijatomeja krhotine rijetkih formi *Thalassionema nitzschiooides* (GRUNOW) MERESCHKOWSKY. Unutar ovog facijesa javljaju se dinociste *Cleistosphaeridium placacanthum* (DEFLANDRE and COOKSON) i *Polysphaeridium zoharyi* (ROSSIGNOL) i *Membrailarnacia?* Picena BIFFI & MAMUM te spore *Muerrigerisporis lusaticus* KRUTZSCH i *Poly-podiaceoisporites lusaticus* KRUTZSCH. Na temelju foraminifera, vapnenačkog nanoplanktona i palinomorfa utvrđeno je da su siltovi odlagani u gornjem egeru, odnosno početkom donjeg miocena (NN1 zona). Horizontalna laminacija suspensijskog tipa i granulometrija sedimenata upućuje da su siltovi taloženi iz suspenzije u mirnom okolišu, a mikrofossilna asocijacija ukazuje na marinsku sredinu. Izostanak pokazatelja prerade materijala valovima, aglutinirane bentičke i planktonske vrste foraminifera te sastav palinomorfa govore da se sedimentacija odvijala na pličem šelfu, odnosno offshore-u s riječnim donosom siltnog terigenog materijala. Facijes pijesaka s positnjavanjem prema gore je ukupne debljine 2 m, a nalazi se u srednjem dijelu stupa. Ciklusi positnjavanja prema gore su debljine 0,1–0,3 m i započinju granulastim pijescima s intraklastima siltita, a završavaju izrazito limonitiziranim sitnozrnatim pijescima. Sedimentno-petrografska sastav pijesaka je vrlo sličan onima iz facijesa pijesaka. Klastiti ovog facijesa, s granulastim pijescima i intraklastima u donjem, te siltovima u gornjem dijelu govore o struji vode

velike energije, koja je imala tendenciju slabljenja. Ovakvi sedimenti mogli su nastati u području marinskog priobalja pod djelovanjem plime i oseke. Pri tome bi intraklasti silti mogli predstavljati ostatke erodiranih medukanalskih plimskih ravnica, a limonitizirani vršni djelovi ciklusa mogli bi ukazivati na subaersko djelovanje za vrijeme niskih oseka. No izostanak drugih pokazatelja djelovanja plime i oseke, sedimente ovog facijesa smještava na gornje obalno lice.

Srednjemiocenski sedimenti pripadaju formaciji Vrapče (gornji baden), a sastoje se od facijesa biokalkrudita i facijesa horizontalno uslojenih biokalkarenita do biokalkrudita. *Facijes biokalkrudita* debljine je 1,5 m, a nalazi se erozijski transgresivno na facijesu ciklusa positnjavanja prema gore. U donjem dijelu sediment sadrži brojne ekstraklaste podinskih siltova i pijesaka od 1–10 cm promjera. Biokalkruditi se većinom sastoje od fosilnog karbonatnog detritusa, a manjim dijelom od siliciklastičnih čestica. U fosilnom detritusu najbrojnije su crvene alge briozoi, bentičke foraminifere i bodlje ježinaca, a manje zastupljeni fragmenti ljuštura mkušaca i planktonske foraminifere. Od siliciklastičnih čestica najčešći su kvarc, plagioklasi, muskovit, biotit, te čestice stijena (tuf, efuzivne sijene, rožnjak i kvarcit). Vezivo je sparitni kalcit. Stijena je određena kao loše sortirani biokalkarenit do biokalkrudit. Fosilni sadržaj biokalkrudita govori o marinskoj sredini nastanka, a veličina zrna i fosilni karbonatni detritus upućuju da je sediment taložen u priobalu pod djelovanjem valova. *Facijes horizontalno uslojenih biokalkarenita do biokalkrudita* nalazi se u gornjem dijelu stupa i slijedi kontinuirano na facijesu biokalkrudita. U donjem dijelu (0,6 m debljine) izmjenjuju se krupnozrnni i sitnozrnni biokalkareniti, a zatim slijede biokalkareniti do biokalkruditi. U njima se vidi horizontalna slojevitost te rijedje horizontalna laminacija. Gornjih 1,5 m sediment je slabije vezan i prelazi u kalcitični granulasti pijesak s intraklastima pijesaka, a uz horizontalnu u njemu se vidi i kosa laminacija. Naslage se pretežno sastoje od karbonatnih čestica (fosilni detritus i odlomci starijih vapnenaca), dok su nešto manje zastupljene siliciklastične čestice. Fosilni detritus čine fragmenti crvenih algi, briozoa, iglice ježinaca te autohtone bentičke i rijetke planktonske foraminifere. U gornjem dijelu facijesa određeni su i fragmenti ljuštura školjaka i rodoidi. Od siliciklastičnih čestica, uz prevladavajući kvarc, dolaze još glaukonit, K-feldspati, muskovit, biotit, te čestice rožnjaka, efuziva i kvarcita. Vezivo je većinom karbonatno s primjesama gline, a u manjoj mjeri se sastoji od sparitnog kalcita. Stijena je određena kao loše sortirani krupnozrnni kalkarenacejski pješčenjak. Od bentičkih foraminifera određene su *Textularia* sp., *Ammonia* sp. i *Heterolepa* sp. Gornjo-badenska starost biokalkarenita do biokalkrudita određena je na osnovu bentičkih foraminifera i usporedbom litoloških karakteristika sličnih sedimenata sjeverne Hrvatske. Obilje fosilnog detritusa i veličina zrna indicira visokoenergetsku obalu. Horizontalna slojevitost

govori o mehanizmu vučenja u visokom režimu toka. CLIFTON et al. (1971) sedimente sličnih karakteristika smještava u plići priobalje, a ELLIOTT (1986) smatra da je za predobalje karakteristična horizontalna slojevitost odnosno nisko-kutna kosa slojevitost. Budući da sedimenti ovog facijesa nemaju uvijek jasno izražene teksturne karakteristike, može se sa sigurnosti utvrditi jedino da su taloženi na području marinskog priobalja.

Slijed naslaga facijesa na stupu formacije Golubovec upućuje da je u gornjem egeru došlo do produbljavanja odnosno transgresije te su nakon pijesaka u priobalu odlagani pijesci s proslojcima siltova prijelazne zone između obalnog lica i šelfa, te siltovi šelfa. Nakon toga dolazi do opločavanja odnosno regresije te se na siltovima šelfa ponovo odlazu pijesci s proslojcima siltova prijelazne zone i pijesci s positnjavanjem prema gore gornjeg obalnog lica. Ovaj transgresivno-regresivan slijed naslaga može se objasniti lokalnom tektonikom i/ili brzinom subsidencije i/ili brzinom donosa kopnenog materijala u bazen. Značajan utjecaj lokalne tektonike vidi se i u erozijsko trengresivnom kontaktu plitkovodnih egerskih sedimentima formacije Golubovec i gornjobadenskih biokalkrudita i biokalkarenita formacije Vrapče. Nedostatak naslaga od egenburga do karpatu ukazuje da je emerzija u području rijeke Sutle rezultat većinom lokalnog tektonskog izdizanja, a manjim dijelom utjecaj erozije. Na lokalno izdizanje upućuje i činjenica da u susjednom području (između Ravne gore i Strahinčice), gdje nije došlo do izdizanja, postoji kontinuirana sedimentacija u razdoblju gornji eger – karpat (AVANIĆ, 2012).

Literatura:

- AVANIĆ, R. (2012): Litostratigrafske jedinice donjeg miocena sjevero-zapadne Hrvatske.– Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, 162 str., Zagreb.
- AVANIĆ, R., BAKRAČ, K., MIKNIĆ, M. & GRIZELJ, A. (2007): Egerian Deposits from the South-western Part of the Pannonian Basin, Croatia.– U: GROSS, M. (ur.): 2nd International Workshop „Neogene of Central and South-Eastern Europe“, Kapfenstein, Landesmuseum Joanneum – Geologie und Paläontologie 9, 9–10, Graz.
- AVANIĆ, R., ŠIMUNIĆ, AN., ŠIMUNIĆ, AL. & ŠIKIĆ, L. (1990): Klastiti egera (Socka slojevi) u Hrvatskom zagorju.– Knjiga I, Zbornik radova XII kongresa geologa Jugoslavije, 206–219, Ohrid.
- CLIFTON, H.E., HUNTER, R.E. & PHILLIPS, R.L. (1971): Depositional structures and processes in the non - barred high - energy nearshore.– Journal of Sedimentary Petrology, 41, 651–670.
- ELLIOTT, T. (1986): Siliciclastic shorelines.– U: READING, H.G. (ur.): Sedimentary Environments and Facies, Blackwell, 155–188.
- GORJANOVIĆ-KRAMBERGER, D. (1904): Geologiska prijegledna karta Kraljevine Hrvatske-Slavonije. Tumač geološke karte Rogatec-Kozje.– Nakl. Kralj. zemalj. vlade, Odjel za unutarnje poslove, 25 str., Zagreb.
- JOHNSON, H.D. & BALDWIN, C.T. (1986): Shallow Siliciclastic Seas.– U: READING, H.G. (ur.): Sedimentary Environments and Facies. Blackwell, 229–282.

Evidence of sapropel S1 formation from Holocene lacustrine sequences in Northern Dalmatia (Vrana Lake)

Dokazi formiranja sapropela S1 unutar holocenskih jezerskih sekvenci sjeverne Dalmacije (Vransko jezero)

Koraljka Bakrač, Nikolina Ilijanić, Slobodan Miko & Ozren Hasan

Hrvatski geološki institut – Croatian Geological Survey, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Croatia

Ključne riječi: sapropel S1, holocen, Vransko jezero, sjeverna Dalmacija, Hrvatska

Key words: sapropel S1, Holocene, Vrana Lake, Northern Dalmatia, Croatia

Sapropels are distinctive layers of organic-rich sediment commonly observed within marine sediment cores recovered from many localities throughout the Mediterranean Basin (ARIZTEGUI et al., 2000). A number of sapropel layers have been observed in marine sedimentary sequences that extend over several glacial–interglacial cycles, which suggests that the conditions under which sapropels form are linked, directly or indirectly, to Quaternary climate forcing mechanisms. The most recent (Holocene) sapropel (S1), widespread throughout the eastern Mediterranean Basin and the Adriatic, formed between ca. 9.8 and 6.8 cal kyr B.P. The wettest conditions are reported throughout the central Mediterranean region and are contemporary with enhanced rainfalls over the northern borderlands during the deposition of sapropel (organic-carbon-rich sediments) S1 in the Adriatic Sea (SIANI et al., 2010) and in the central-eastern Mediterranean Basin (ARIZTEGUI et al., 2000). However, this is a simplification, because what is termed the ‘S1 layer’ is often a complex feature, one that is difficult to detect in some places because it is susceptible to extensive oxidation, resulting in considerable thinning, or even its complete removal.

New stratigraphic data are presented from well-dated sequence in Lake Vrana near Biograd na Moru on the eastern Adriatic coast. The sequence spans the uppermost Pleistocene and Holocene, but we focus here on the evidence for the time period during which sapropel S1 formed in the Mediterranean (ca. 9.0 to 6.8 cal B.P.). The new records provide evidence of palaeoenvironmental changes on land that can be reconstructed, and which throw some light on the processes which led to the formation of S1. The evidence indicates that: (i) organic-rich sediments occurred in the lake site during the time of formation of the S1 sapropel; (ii) there is evidence of increased stratification and anoxia in the water column during the period of S1 formation; (iii) the S1 period in the study area is divisible into two sub-phases (S1a and S1b). We conclude that the key factor that initiated the formation of S1 was increased discharge of freshwater into the lake following a change post-9.0 cal B.P. to a warmer and wetter climate.

Furthermore, the period of S1 formation was interrupted by a short-lived episode of comparatively cooler and drier conditions during the Early–Middle Holocene transition as in ARIZTEGUI et al., 2000. Sapropel S1 is thus subdivided into an early (S1a) and later phase (S1b), these being separated by a short-lived episode which dates to around 8.0 to 7.5 cal B.P.

Sapropel S1 is characterized in the studied core by two levels of black-gray sediments from 813 cm to 860 cm and 640 cm to 710 cm (S1a and S1b), separated by a horizon between 710 cm and 813 cm corresponding to the sapropel interruption evidenced by a short-lived period of reduced organic matter deposition (i.e. relatively low productivity and/or preservation). This is considered to reflect regional climatic cooling associated with reduced levels of precipitation that interrupted a period of generally higher precipitation. A similar subdivision of the sapropel S1 phase can be detected in a number of published stratigraphical records from sites located in various parts of the Mediterranean Basin.

From the oldest parts (zones PPVR2-I to PPVR2-IV), palynomorphs are represented by sparse taxa indicating transition from colder Pleistocene to warmer Holocene climate. From 9.6–9.3 cal BP (PPVR2-V), abundant *Botryococcus* (colonies) are recorded, typical of an open lake with deep water (TESTA et al., 2001) following by *Pediastrum* colonies. In the next subzone PPVR2-VIa and PPVR2-VIb (ca. 8.2–7.7 cal BP), abrupt reduction of the *Botryococcus* algal colonies and relatively small amount of organic content is observed. At the beginning of the subzone PPVR2-VIc (ca. 8.2–8.0 cal BP) cooling and dryness could be inferred from the increased amount of Graminae (cereals), Ericaceae, Asteraceae and Chenopodium. This interruption is followed by wetter climate documented by decreased amount of stepic elements, while arboreal elements increase. This could be correlated with increased river inputs around the Adriatic Basin from the central Adriatic borderlands that happened around 7.5–7.0 cal BP (COMBOURIEU NEBOUT et al., 2013).

References:

- ARIZTEGUI, D., ASIOLI, A., LOWE, J.J., TRINCARDI, F., VIGLIOTTI, L. & TAMBURINI, F. (2000): Palaeoclimatic reconstructions and formation of sapropel S1: inferences from Late Quaternary lacustrine and marine sequences in the Central Mediterranean region.– *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 158, 215–240.
- COMBOURIEU NEBOUT, N., PEYRON, O., BOUT-ROUMAZELLES, V., GORING, S., DORMOY, I., JOANNIN, S., SADORI, L., SIANI, G. & MAGNY, M. (2013): Holocene vegetation and climate changes in central Mediterranean inferred from a high-resolution marine pollen record (Adriatic Sea).– *Climate of the Past*, 9, 2023–2042.
- SIANI, G., MAGNY, M., PATERNE, M., DEBRET, M. & FONTUGNE, M. (2012): Paleohydrology reconstruction and Holocene climate variability in the South Adriatic Sea.– *Clim. Past Discuss.*, 8, 4357–4399, doi:10.5194/cpd-8-4357-2012.
- TESTA, M., GERBAUDO, S. & ANDRI, E. (2001): Data report: *Botryococcus* colonies in Miocene sediments in the western Woodlark Basin, southwest Pacific (ODP Leg 180).– In: HUCHON, P., TAYLOR, B. & KLAUS, A. (eds.): *Proc. ODP Sci. Results*, 180, 1–6.

"This work has been supported by the Croatian Science Foundation under the project HRZZ9419 – Lost Lake Landscapes of the Eastern Adriatic Shelf (LoLADRIA) – Nestali jezerski krajobrazi istočnog dijela Jadranskog mora."

Procjena rizika od pojave klizišta primjenom GIS-a: brza cesta Varaždin-Krapina

GIS based landslide risk assessment: Varaždin-Krapina motorway

Nikolina Bakšić, Alen Berta & Višnja Šteko

Oikon d.o.o – Institut za primijenjenu ekologiju, Trg senjskih uskoka 1–2, Zagreb (nbaksic@oikon.hr)

Ključne riječi: prometnica, procjena rizika, klizišta, GIS

Key words: motorway, risk assessment, landslides, GIS

Preklapanjem različitih prostornih podataka upotrebom GIS tehnologije procijenjene su potencijalno najugroženije zone odnosno mjesta na kojima se mogu pojaviti klizišta.

Za procjenu rizika od pojave klizišta kao prirodni čimbenici koji utječu na pojavu klizišta u obzir su uzeti nagib terena, geološka građa terena, dreniranost tla, ekspozicija i srednja godišnja količina padalina. Korištenje zemljишta i utjecaj prometnica predstavljaju pretežno antropogene čimbenike koji utječu na pojavu klizišta na nekom području. U primijenjenom modelu prometnica je uzeta kao stabilizirajući čimbenik koji do datno osigurava stabilnost padine. Stabilizirajući efekt uočljiv

je pri raspodjeli klase nakon izgradnje prometnice gdje su površine koje su bile u vrlo visokoj i visokoj zoni rizičnih površina prešle u klase niže rizične zone.

Konačni rezultat istraživanja predstavlja karta rizika od pojave klizišta na području istraživanja, čije dobivene vrijednosti predstavljaju relativne, a ne apsolutne razine rizika, te može poslužiti kao dobra osnova za detaljniju procjenu rizičnih područja. Izdvajanje i adekvatno uključivanje rizičnih zona u prostorne planove može doprinijeti smanjenju opasnosti od nastanka klizišta.

Infrared study of O-H stretching region in the nodular and disseminated dravite-schorl series tourmalines from Moslavačka gora (Croatia)

Infracrveni spektri O-H vibracijskog područja nodularnog i diseminiranog turmalina dravit-schorl serije iz Moslavačke gore

Dražen Balen, Zorica Petrinec & Valentina Juranić

Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geološki odsjek, Horvatovac 95, 10 000 Zagreb
(drbalen@geol.pmf.hr)

Ključne riječi: IR spektar, turmalin, dravit, schorl, Moslavačka gora

Key words: IR spectra, tourmaline, dravite, schorl, Moslavačka Gora Mt.

Introduction

Peraluminous granites generated during the Cretaceous evolution of the LP-HT zone in the Adria-Europe plate boundary setting (Mt. Moslavačka Gora, Croatia) host two contrasting tourmaline types having different chemical composition (BALEN & BROSKA, 2011): slightly alkali-deficient nodular schorl to dravite (Fe# 0.43-0.58) and disseminated schorl (Fe#=0.75-0.85). Schorl occurs also as “tourmaline suns”. Differences in chemistry of tourmalines reflects to their complex crystal structure and consequently to the outlook of infrared spectra. One of the most prominent parts for recognizing differences is the O-H stretching region. The spectra measurements from 4000 to 375 cm⁻¹ were conducted at Division of Mineralogy and Petrology, Department of Geology, Faculty of Science using infrared spectrometer Bruker Tensor 27. The samples are prepared from powdered mixture of pure solid KBr and optically clear separation of tourmaline grain(s) pressed into a thin and transparent pellet.

Infrared study of O-H stretching region

Differences between nodular (NT) and disseminated tourmaline (DT) types, beside mineral chemistry and geological setting (two-mica granite vs. leucogranite, respectively), are observed in the O-H stretching region (3800–3100 cm⁻¹) of the infrared spectra. Two strikingly different O-H stretching regions with clearly defined absorption bands (Fig. 1) point to the distinct mineral evolution reflected in the local lattice environment of the two natural tourmaline types from the same locality. IR spectra of nodular tourmaline show two asymmetric and relatively broad O-H stretching bands, their observed positions are at $\nu_1(\text{OH}_1)=3635 \text{ cm}^{-1}$ and $\nu_2(\text{OH}_3)=3554 \text{ cm}^{-1}$ with shoulders at the high and low wavenumber side. Disseminated tourmaline shows four sharp O-H stretching bands: $\nu_1(\text{Fe}, \text{Mg})(\text{OH}_1)=3643 \text{ cm}^{-1}$, $\nu_1(\text{Fe})(\text{OH}_1)=3633 \text{ cm}^{-1}$, $\nu_2(\text{OH}_3)=3550 \text{ cm}^{-1}$ and $\nu_3(\text{OH}_3)=3484 \text{ cm}^{-1}$. The OH stretching bands were examined closely because of their sensitivity to crystal-chemical features, which are partly controlled by the bulk chemical environment, water content available in

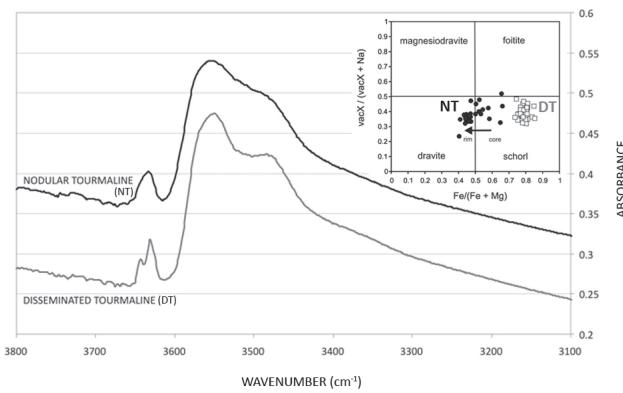


Figure 1. IR spectra (3800–3100 cm⁻¹) and mineral chemistry of the nodular (NT) and disseminated (DT) tourmaline from Moslavačka Gora.

Slika 1. Infracrveni spektri (3800–3100 cm⁻¹) i kemijski sastav nodularnog (NT) i diseminiranog turmalina (DT) Moslavačke gore.

the system, rock/fluid interaction, degree of “crystallinity”, geological history or magma evolution and temperature-pressure conditions.

The observation of four OH stretching bands (although two are “hidden” for NT) in the hydroxyl stretching region shows mixed occupancy of octahedral sites in both tourmaline types. The broadening in the lower wavenumber region in respect to disseminated tourmaline suggests a higher water content for nodular tourmaline while the observed shifts between corresponding bands can be explained by shortening of O-H₁ and O-H₃ distances attributed to different formation (geological) processes i.e. magmatic/hydrothermal (NT) vs. magmatic (DT).

Conclusions

Origin of the nodular tourmaline, crystallized as the last mineral in the evolved granitic system of Moslavačka Gora Mt. has been attributed to the interaction of a fluid phase from the residual granitic melt with the wall-rock derived fluid in the environment of low pressure and relative rapid cooling,

which resulted in increased MgO content. Disseminated tourmaline from the leucogranite host, on the other hand, can be considered as a typical magmatic (pegmatite) product and a common accessory phase. Such interpretation has been corroborated by the variation patterns in composition of the two tourmaline types and 3D tomographic study of tourmaline nodule shape and distribution (BALEN & PETRINEC, 2011).

Acknowledgements

This work has been supported in part by the Croatian Science Foundation under the project number IP – 2014-09-9541.

References:

- BALEN, D. & BROSKA, I. (2011): Tourmaline nodules – products of devolatilization within the final evolutionary stage of granitic melt?– In: SIAL, A.N., BETTANCOURT, J.S., DE CAMPOS, C.P. & FERREIRA, V.P. (eds.): *Granite-Related Ore Deposits*. Geological Society, London, Special Publications, 350, 53–68.
- BALEN, D. & PETRINEC, Z. (2011): Contrasting tourmaline types from peraluminous granites: a case study from Moslavačka Gora (Croatia).– *Mineralogy and Petrology*, 102, 117–134.

Neogene marine mammals from Vranić sand deposit

Neogenski marinski sisavci iz pjeskokopa Vranić

Adriano Banak¹, Martina Đuras², Radovan Avanić¹, Anita Grizelj¹ & Hrvoje Posilović¹

¹ Croatian Geological Survey, Department of Geology, Sachsova 2, HR-10 000 Zagreb, Croatia

² Department of Anatomy, Histology and Embryology, The Faculty of Veterinary Medicine University of Zagreb, Heinzelova 55, 10 000 Zagreb, Croatia

Key words: Vranić, sand deposits, Neogene, mammals, Cetacea

Ključne riječi: Vranić, naslage pijeska, neogen, sisavci, Cetacea

The Neogene formations of the marginal parts of the Pannonian Basin in Croatia include numerous quartz sand deposits. One of them is Vranić at the foothills of Papuk Mt. During the initial evolution of Pannonian Basin weathering conditions led to erosion of exposed granites, transportation of terrigenous material and deposition of quartz/feldspar fractions grains. The deposition of quartz during the Miocene and Pliocene was cyclic. Cyclicity was induced by the regional tectonic events and repeated transgressions and regressions accompanied by intense weathering of exposed rocks (PAVELIĆ, 2001). This weathering occurred under moderately warm and humid climatic conditions (BAKRAČ, 2005).

Vranić is a sand quarry 300 m long and 30 m thick. Sedimentology of Vranić has been previously described as a sand deposit in which sand was transported from nearby mountains. In this research we have collected 8 samples for sedimentological analysis. Seven of them are from sand material and one is from marl lens at the middle part of the deposit. Marl sample has been analysed on pollen content. Grain size analysis proved that coarse sand is dominant fraction (range of 38-97% depending of the sample). SEM images of quartz grains provide detailed insight of shape and textures of the sand. Grains are dominantly angular and subangular. A few

of them are sub rounded. This confirms a theory of short transport from nearby mountains.

Osteological material sampled at Vranić consisted of 78 fossilized bones and teeth and 81 fossilized bone fragment originating from fishes (Class: Pisces) and mammals (Class: Mammalia). Out of the total sample 14 bones and 1 tooth originated from whales (Class: Mammalia, Ordo: Cetacea). The cetacean sample consisted of 5 humeri, 1 radius, 3 ulnas, 1 phalanx, 2 vertebrae, 1 tympanic temporal bone and 1 petrous temporal bone. According to our preliminary study Vranić represents a valuable finding of cetacean fossil remains and could serve as an important data source about marine life in Central Paratethys.

Both sedimentological and palaeontological results suggest that sand and fossil material were redeposited in short transport in aqueous environment.

References:

- BAKRAČ, K. (2005): Palinološka karakterizacija naslaga srednjeg i gornjeg miocena jugozapadnog dijela Panonskog bazena.– Disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, 173 str.
PAVELIĆ, D. (2001): Tectonostratigraphic model for the North Croatian and North Bosnian sector of the Miocene Pannonian Basin System.– Basin Research, 13, 359–376.

Loess vs. Loess – like sediment, similarities and differences

Prapor i lesoliki sediment, sličnosti i razlike

Adriano Banak

Croatian Geological Survey, Department of Geology, Sachsova 2, HR-10 000 Zagreb, Croatia

Key words: loess, loess-like sediment, silt, Baranja

Ključne riječi: prapor, lesoliki sediment, silt, Baranja

Loess is a terrestrial clastic sediment, composed predominantly of silt-size particles, formed by the accumulation of wind-blown dust (PYE, 1995). Loess is usually inter-bedded with soil horizons forming loess-palaeosol successions (LPS). Thickest LPS in Croatia are found in Baranja, region bounded with two big rivers, the Danube and the Drava. Baranja is almost completely covered with Quaternary sediments (PIKIJA & ŠIKIĆ, in press; HAASE et al., 2007). Special place within, regarding the origin, holds loess and loess derivatives. One of the most specific characteristics of loess is grain size distribution of particles. Most authors (BOGNAR, 1976; PÉCSI, 1990; SMALLEY et al., 2005; WRIGHT, 1995, 2001) agree that typical loess has grain-size distribution in range 20–60 μm , which correlates with silt-size grains, although it can also contain certain percentage of clay and sand fraction (<25%).

Five loess outcrops at Bansko brdo hill in Baranja were investigated. All of them display grain-size distribution typical for loess. Three are located on the southern slopes of the Bansko brdo hill, and other two are on the northern, steeper slopes. One of the southern loess profiles shows the sediment previously described like 'swamp' loess. Other two southern loess profiles are defined as typical loess. Northern loess profiles are defined as 'slope loess' or 'loess derived coluvium', a terms previously described by several authors (BOGNAR, 1976; PYE, 1995). All these terms for non-typical loess can be subjected to one name: 'loess-like sediment'. Only important difference between these sediments is in post-sedimen-

tary conditions that defined their characteristics. Similarities include climate induced origin, source material, depositional multi-phase process and grain-size distribution.

References:

- BOGNAR, A. (1976): Les i lesu slični sedimenti i njihovo geografsko značenje [Loess and loess like deposits and their geographical meaning – in Croatian]. – Geogr. Horizont. 1–2, 15–31.
- HAASE, D., FINK, J., HAASE, G., RUSKE, R., PÉCSI, M., RICHTER, H., ALTERMANN, M. & JAEGER, K.-D. (2007): Loess in Europe - its spatial distribution based on a European Loess Map, scale 1:2,500,000. – Quat. Sci. Rev., 26, 1301–1312.
- PECSI, M. (1990): Loess is not just accumulation of airborne dust. – Quatern. Int., 7/8, 1–21.
- PIKIJA, M. & ŠIKIĆ, K. (in press): Osnovna geološka karta 1:100.000 list Mohač. – Hrvatski geološki institut, Zagreb.
- PYE, K. (1995): The nature, origin and accumulation of loess. – Quat. Sci. Rev., 14, 653–667.
- SMALLEY, I.J., KUMAR, R., O'HARA-DHAND, K., JEFFERSON, I.F. & ECANS, R.D. (2005): The formation of silt material for terrestrial sediments: particularly loess and dust. – Sed. Geol., 179, 321–328.
- WRIGHT, J.S. (1995): Glacial comminution of quartz sand grains and the production of loessic silt: a simulation study. – Quatern. Sci. Rev., 14, 669–680.
- WRIGHT, J.S. (2001): Desert loess versus glacial loess: quartz silt formation, source areas and sediment pathways in the formation of loess deposits. – Geomorphology, 36, 231–256.

"This work has been fully supported by the Croatian Science Foundation under the project 4425".

Application of X-ray computed tomography (CT) in core sample analysis

Primjena CT-a u analizi uzorka jezgri

Adriano Banak¹, Kosta Urumović¹ & Borna Lužar – Oberiter²

¹ Croatian Geological Survey, Department of Geology, Sachsova 2, HR-10 000 Zagreb, Croatia

² University of Zagreb, Faculty of Science, Department of Geology, Horvatovac 102a, HR-10 000 Zagreb, Croatia

Key words: X-ray CT, core samples, porosity, permeability, EOR

Ključne riječi: kompjuterizirana rentgenska tomografija, uzorci jezgara, poroznost, permeabilnost, napredno eksploatairanje nafte-EOR

X-ray Computed Tomography (CT) is a non-destructive method useful for investigation and 3D visualization of a wide range of materials, including rock, bone, ceramic, metal and soft tissue. Characterization of reservoir rocks is of utmost importance for production planning in oil & gas industry, so 3D imaging is a useful tool in the visualization, analysis and modelling of those rocks. Porosity, fluid saturation, and permeability derived from core can be tied to log response; however, several studies have shown that the results obtained from different core analysis laboratories can vary significantly, reflecting differences in proprietary analytical protocols, differences in definitions of fundamental rock and fluid properties. The description of pore space especially in carbonate rocks is very important in the oil & gas industry because pores contain natural accumulation of producible hydrocarbons which is confined by impermeable rocks. Standard 2D methods for determination of porosity in rocks (CCA including thin section and helium porosimeter – Corelab method) are limited. CT is a non-destructive technique for visualizing interior features within solid object and for obtaining digital information on their 3D geometries and properties. This information has strong scientific interest (studying of fluids/ions migration, formation of properties) and can also be used in practice in different areas of oil & gas industry, e.g. for optimization of enhanced oil recovery (EOR) methods, analysis of mechanisms of reservoir formation damage, etc. This 3D quantitative analysis is essential because conventional 2D (thin-section) images cannot provide true porosity. CT scanner matched with compatible software is able to extract large amount of qualitative and quantitative information, based on which petrophysical parameters

such as porosity, connectivity, and permeability can be calculated, visualized and applied in oil & gas investigation.

To test CT method we have compared CT scans from medical (Siemens Somatom) and industrial scanners (Skyscan 1173) on a single sandstone sample. Industrial scanner proved to be more accurate because it has better resolution and can provide true results of micro porosity.

Apart from use in oil & gas industry, CT obtained data have been applied to virtually every geological discipline, and new applications are being continually discovered. Successful applications to date include:

- Measuring 3D size and spatial distribution of crystals, clasts, vesicles, etc.
- Non-destructive volumetric study of rare specimens (fossils, meteorites, etc.).
- 3D measurement of: fluid flow fields, including porosity (CP, OP and TP), microporosity, and fracture extent and roughness. Description and quantification of porosity and permeability in rocks and soils.
- Porosity and permeability estimation of rocks intended for UGS facilities
- 3D fabric determination (foliations, shape preferred orientations, network properties).
- Inspection and measurement of morphology in fossils and recent biological specimens.
- Detection and examination of high-density economic trace phases.
- Reconnaissance imaging of samples for optimal geochemical exploitation (for example, locating crystal central sections, spiral axes, solid and fluid inclusions).

RoofOfRock project: Limestone as the common denominator of natural and cultural heritage along the karstified part of the Adriatic coast – the results from Herzegovina project area

RoofOfRock projekt: Vapnenac kao zajednički nazivnik prirodne i kulturne baštine krškog pojasa Jadrana – rezultati iz projektnog područja Hercegovine

Uroš Barudžija¹, Goran Glamuzina², Alojz Filipović³, Zoran Prusina⁴, Vedad Demir³ & Radoslav Dodig⁵

¹ University of Zagreb, RGN Faculty, Pierottijeva 6, Zagreb (uros.barudzija@rgn.hr)

² JP Elektroprivreda HZ HB, Mile Budaka 106a, Mostar

³ Federalni zavod za geologiju, Ustanička 11, Sarajevo

⁴ Hrvatsko rudarsko geološko društvo, Mostar

⁵ Kralja Zvonimira 13, Metković

The aim of the "RoofOfRock" project (www.roofofrock.eu), co-financed from Adriatic IPA CBC Programme 2007-2013, is to establish a joint platform for sustainable platy limestone use, preservation and promotion, create relevant guidelines and to upgrade both individual and joint capacities in preserving this common natural and cultural heritage element along the karstified part of the Adriatic coast. General scope of the geological part (WP3&WP4 HERAG team), including all activities with main goals, tasks and results for Bosnia and Herzegovina project area, is shown below.

Identification and characterization of types of building limestones and identification of resource areas in karstified project area

Detail overview (list) of all types of limestones from karstified project area in Herzegovina-Neretva and West Herzegovina Counties, which have been used in the past or are still being used as building limestone, has been made. Review of the existing relevant documents and dana, in order to prepare the detail overview (list) of all types of limestones from West

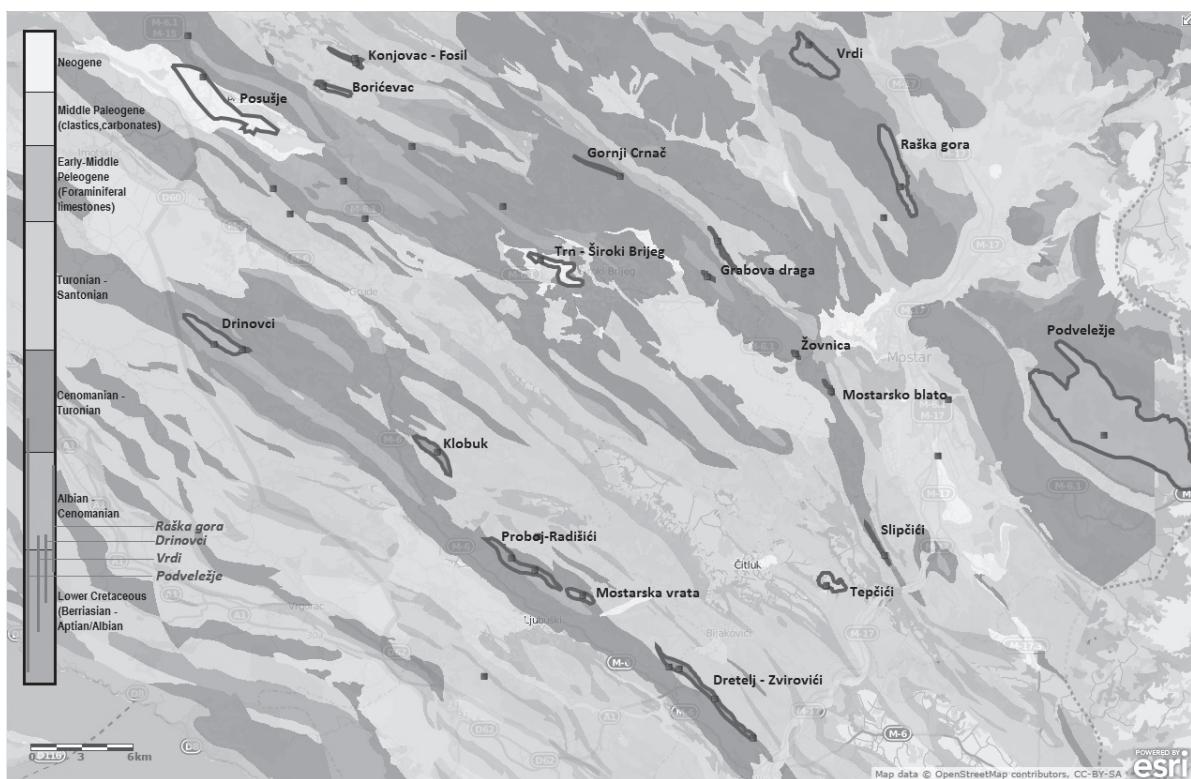


Figure 1. Potential platy limestone sites in Herzegovina, shown on the geological map of the project area.

Slika 1. Geološka karta projektnog područja s potencijalnim lokalitetima pločastih vapnenaca.

Herzegovina County (WH) and Herzegovina Neretva County (HN) which were used as a building stone, has been made. Fieldwork in the project area resulted with the definition of source areas of all types of building limestones in WH and HN Counties. These results are presented on a geological map in the scale 1: 250.000 (Figs. 1 & 2).

Provenance of building stone

Selection of 5 autochthonous "Show Case" houses (or other man-made objects) in the project area has been made: 1. "Bišćević House"/Bišćevića kuća, Mostar; 2. "Gavrankapetanović Tower"/Glavna kula, Počitelj; 3. "Velagić Mill"/Velagića mlinica, Blagaj; 4. "Čaršijska mosque"/Čaršijska džamija, Stolac; 5. "Lalića tower house"/Lalića kula, Ljubuški. The following results were produced from selected 5 objects: a) general classification, description and definition of all types of building limestone; b) detailed identification of lithological and paleontological features of types of limestones and identification of their provenance; c) geological map/maps of spatial appearance of building limestone (scale 1:50.000); d) report with descriptions of use of stone and proper use of stone; e) description of lithological and paleontological features of all types of used limestones.

Common definition of platy limestone

Platy limestones in the project area are defined and described. They occur mainly in Mesozoic lithostratigraphic formations and in some of the Tertiary sedimentary formations as well. The most widely used as building material are the platy limestones of the Cretaceous age. The majority of platy limestone sites are of Cenomanian age. The sites with Cretaceous platy limestones are mostly located in the central parts and in the SW parts of the project area, while those sites with the platy limestones of Paleocene, Eocene and Miocene age are mostly located in the W part of the project area. The largest platy limestone provenance in the project area is located at Podveležje site, E of Mostar. These are high quality limestones, extensively used for commercial purposes, as in the past and today as well. The best example of their efficient usage is in the Old City of Mostar, which is included on UNESCO's list of protected sites.

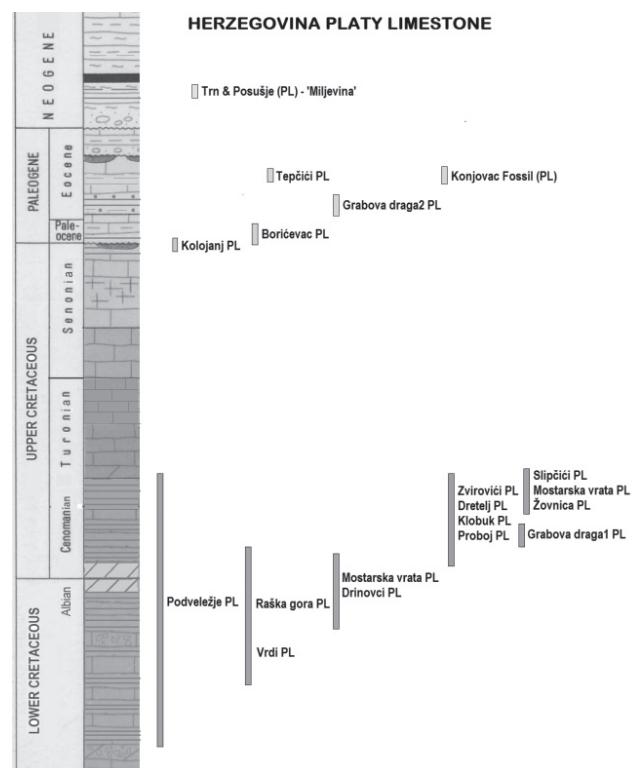


Figure 2. Stratigraphical range of the potential platy limestone sites in Herzegovina.

Slika 2. Stratigrafski raspon potencijalnih lokaliteta pločastih vapnenaca u Hercegovini.

Platy limestone as a mineral commodity and identification of potential quarrying areas

The following parameters have been estimated: a) evaluation of quality and quantity of platy limestone; b) possible limitations (land use, natural, physical, social and legislative); c) evaluation of platy limestone as a mineral commodity; d) identification of the potential quarrying areas (Podveležje, Zvirovići, Drinovci, Raška Gora and Vrdi, Borićevac). After the evaluation of all platy limestone sites, within the entire project area in Bosnia and Herzegovina, Podveležje site with Cretaceous platy limestones is determined as the largest and the most potential site.

Metamorfne stijene facijesa plavih škriljavca na Medvednici (SZ Hrvatska)

Metamorphic rocks of the blueschist facies on the Medvednica Mt. (NW Croatia)

Mirko Belak¹ & Vesnica Garašić²

¹ Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10 000 Zagreb (mirko.belak@hgi-cgs.hr)

² Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Ključne riječi: Medvednica, facijes plavih škriljavaca, OIB, subdukcija, akreocijska prizma

Key words: Medvednica Mt., blueschist facies, OIB, subduction, accretion prism

Planina Medvednica geografski pripada sjeverozapadnom dijelu Hrvatske s pružanjem orografske osi sjeveroistok-jugo-zapad u dužini od oko 40 km, a smještena je u dodirnom području geotektonskih jedinica Alpa, Tisije i Dinarida u Zagorje-srednjotransdanubijskoj tektonskoj zoni.

Na sjeveroistočnim dijelovima Medvednice izdvojeni su sljedeći varijeteti stijena facijesa plavih škriljavaca: fengit-feroglaukofanski škriljavac, fengit-egirin-glaukofan-feroglaukofanski škriljavac, fengit-paragonit-jadeit-egirin-feroglaukofanski škriljavac, fengit-paragonit-jadeit-feroglaukofan-glaukofanski škriljavac, glaukofan-magnezioribekitni škriljavac (glaukofanit), granat-magnezioribekitni (krositni) škriljavac, fengit-glaukofan-egirin-jadeitski škriljavac i fengit-klorit-jadeitski škriljavac (jadeitit).

U navedenim stijenama ukupnu mineralnu asocijaciju, uključujući glavne i sporedne minerale čine: glaukofan, magnezioribekit, feroglaukofan, titanski feroglaukofan, titanoviti feroglaukofan, jadeit, omfacit, egirin, egirin-augit, feroomfakit, ribekit, titanoviti ribekit, fengit, paragonit, granat (spesartin), pumpellyit, turmalin (dravit i šerlit) šamozit, klinoklor, Fe-Mg klorit, albit, K-feldspat, K-Na feldspat, Na-K feldspat, kvarc, titanit, rutil, magnetit, hematit, cirkon i kalcit.

Kemijske analize minerala, načinjene elektronskom mikrosondom su pokazale da se sadržaj ribekitne komponente u Na-amfibolima smanjuje, a sadržaj jadeitne komponente u Na-piroksenima i Si u tetraedru u fengitu povećava od jezgre prema rubu minerala. Na temelju takve mineralne zonalnosti izdvojene su metamorfne progradne zone sa slabo izraženom retrogradnom metamorfnom fazom na rubovima zrna. Metamorfna reakcija $Ab = Jd + Qtz$ pri temperaturi od 350

i $450^{\circ}C$ daje tlakove 9 kbara i 11 do 12 kbara, s time da u vremenskom rasponu između najniže i najviše progradne metamorfne zone tlak raste samo oko 1 kbar. Također i fenitni barometar daje maksimalne tlakove od 12 kbara pri temperaturi od $450^{\circ}C$, te stijene plavih škriljavaca odgovaraju Sanbagawa metamorfnom tipu.

Protolitne stijene facijesa plavih škriljavaca interpretirane su na temelju kemijskih analiza i TAS dijagrama koji se može koristiti za odredbe vulkanskih stijena. U TAS dijagramu jadeitski škriljavci i jadeit-glaukofanski škriljavci projicirani su u polje fonotefrita, granat-magnezioribekitni škriljavac (krositni) u polje bazalta, glaukofanski škriljavac u polje andezita, a ostali varijeteti u polje bazalt-trahandezita. U dijagramu Nb/Y – log Zr/TiO₂, gdje se koriste imobilni elementi, gotovo sve stijene su se usko grupirale u polju andezit-bazalta, osim uzoraka granat-magnezioribekitnog škriljavca, koji je projiciran u polje alkalijskih bazalta i glaukofanskog škriljavca projiciranog u polje andezita.

Geotektonski smještaj protolitnih stijena facijesa plavih škriljavaca na temelju kemijskih karakteristika odgovara stijenama oceanskih otočnih bazalta (OIB).

Najranije pretaloživanje detritusa plavih škriljavaca na Medvednici prema sadašnjim spoznajama zbivalo se u sedimentima gornje krede. Pretpostavlja se da su plavi škriljavci nastali tijekom jurske subdukcije u akreocijskoj prizmi i regionalno se vežu uz geotektonski prostor plavih škriljavaca Međilita jedinice.

Ovaj je rad sfinancirala Hrvatska zaklada za znanost projektom IP-2014-09-4632.

Geokemijske karakteristike barita i klastičnih stijena Petrove gore

Geochemical characteristics of barite and clastic rocks of Petrova Gora mountain

Šime Bilić & Vesnica Garašić

Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: barit, klastične stijene, Petrova gora, izotopi

Key words: barite, clastic rocks, Petrova Gora mountain, isotopes

Na području Petrove gore, na lokalitetima na kojim se nalaze baritna orudnjenja, analiziran je barit i klastične stijene koje predstavljaju stijenu domaćina. Dosadašnja istraživanja su pokazala da se radi o orudnjenu hidrotermalnog tipa, međutim, porijeklo hidrotermalnog fluida različiti autori pripisuju različitim izvorima. Prema JURKOVIĆU (1958) hidrotermalni fluid odgovoran za baritnu mineralizaciju vezan je za postmagnetsku fazu granitnog plutona koji izgrađuje temeljno gorje Petrove gore. S druge strane, BOROJEVIĆ ŠOŠTARIĆ i dr. (2009) su hidrotermalni fluid interpretirali kao duboko cirkulirajući permsku morsku vodu prethodno izloženu procesu evaporacije te kasnije modificiranu u interakciji sa varisciskim temeljnim stijenama. S ciljem da se razjasni porijeklo hidrotermalnog fluida u okviru ovog rada napravljenе su detaljne kemijske i petrološke analize barita te stijena domaćina. Kemijske analize barita i okolnih stijena obuhvaćaju koncentracije glavnih i sporednih elemenata te elemenata rijetkih zemalja. Nadalje, napravljenе su i izotopne analize ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{34}\text{S}$ i $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) barita. Stijene su petrografski determinirane kao litična grauvaka (2 uzorka), breča, petromiktni konglomerat, feldspatska grauvaka i kompozitna stijena koja se sastoji od izmjena lamina siltita i šejla. Rezultati kemijskih i petrografske analiza ovih klastičnih stijena upućuju da su one nastale trošenjem protolita koji je odgovarao kiselim magmatskim stijenama odnosno njegovim sedimentnim i metamorfnim ekivalentima. Na temelju omjera elemenata Th-La-Sc i Sc-Th-Zr/10 u istraženim klastičnim stijenama zaključeno je da su njihovi protoliti nastali u području zone subdukcije, a na

to upućuje i markantno izražena negativna Nb-Ta anomalija. Hidrotermalni fluid odgovoran za baritnu mineralizaciju mogao je, uzimajući u obzir $\delta^{34}\text{S}$ vrijednosti u baritu (+10,1‰ do +11,6‰) uključivati morsku vodu permske starosti, ali $\delta^{18}\text{O}$ vrijednosti u baritu (+14,6‰ do +15,7‰) ukazuju da su u tom slučaju fluidi morali biti dodatno obogaćeni sa ^{18}O u interakciji sa stijenama. Vrijednosti omjera $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ u baritu (0,71095 – 0,71097), s druge starne, jasno sugeriraju da Ba ne potječe iz morske vode, već je krustalnog porijekla. Vrlo niske vrijednosti Eu anomalije u baritu (0,03 – 0,06) upućuju na to da je hidrotermalni fluid iz kojeg se precipitirao barit uključivao izluživanje stijena siromašnih Ca-plagioklasom. Vrijednosti Eu anomalije iz okolnih stijena kreću se od 0,6 do 0,9. Usporedba krivulja koncentracija REE u baritu s onima u klastičnim stijenama Petrove gore upućuje na zaključak da hidrotermalni fluid nije izluživao stijenu domaćina, već nosi karakteristike nekih drugih stijena. Najvjerojatnije je hidrotermalni fluid vezan za dublje položeni granitni pluton, kako je to prepostavio JURKOVIĆ (1958).

Literatura:

- BOROJEVIĆ ŠOŠTARIĆ, S., PALINKAŠ, L.A., STRMIĆ PALINKAŠ, S., BERMANEC, V., NEUBAUERR, F., SPANGENBERG, J. & PROCHASKA, W. (2009): Origin of siderite mineralisation in Petrova and Trgovska Gora Mts., NW Dinarides.– Mineralogy and Petrology, 97, 111–128.
JURKOVIĆ, I. (1958): Pojava barita u Hrvatskoj.– Geološki vjesnik, 12, 77–94.

Geokemijsko modeliranje istražnog područja „Sava 3D ekstenzija“

Geochemical modelling of the “Sava 3D extension” exploration area

Snježana Blažeković Smožić, Rajko Perica & Filip Presečki

INA-industrija naftne d.d., Sektor za geologiju i inženjeringu, Šubićeva 29, 10 000 Zagreb

Ključne riječi: geokemija, TOC, bazensko modeliranje, naftni sistem, Savska depresija, Duboka Sava, HCG, GAE
Key words: geochemistry, TOC, basin modelling, petroleum system, Sava Depression, Deep Sava, HCG, GAE

Istraživano područje Sava 3D ekstenzije prostire se između Posavskih Brega i Ivanić Grada na sjeverozapadu, Stružeca na jugoistoku, Moslavacke gore na sjeveroistoku i rijeke Save na jugozapadu Savske depresije. Tijekom posljednjih 60 godina na ovom području vršeni su brojni istražni radovi: izbušeno je 1029 bušotina (118 istražnih i 911 proizvodnih) i otkriveno 9 naftnih i plinskih polja sa značajnim rezervama ugljikovodika. Cilj istraživanja bio je utvrđivanje naftno-geološkog potencijala područja Sava 3D ekstenzija i potvrda perspektivnosti daljnog traganja za novim rezervama.

U fokusu studije bila je tektonska jedinica „Duboka Sava“, a istraživano područje obuhvaća površinu od oko 290 km². Izrađene su dubinske strukturne karate po horizontima/ markerima: krovina Prkos SR (R_s) – (krovina matičnih stijena), krovina Prečec SR (R_s), krovina karpata (podina matičnih stijena) i krovina otnanga te karte debljina donjopanonskih i badensko-sarmatskih sedimenata koji predstavljaju matične stijene.

Bazensko modeliranje ovog područja provedeno je u programima PRA BasinMod® 2012. i BasinView® 2012. na 14 geokemijski obrađenih bušotina. Određen je srednji trend zrelosti modeliranog područja prema kojem se ulaz u naftni prozor (0,6-1,0 Ro%) nalazi na dubini od 2180 m, ulaz u kasnu zrelost naftne (1,0-1,3 Ro%) na 3500 m, a zona generiranja kondenzata, mokrog plina i suhog plina (1,3-2,6 Ro%) nalazi se na dubini od 3780 do 5140 m. Temeljem dubinskih strukturnih karata i modeliranih bušotina u programu BasinView izrađene su karte zrelosti po krovini i podini matičnih stijena, karte njihovih debljin i karte TOC-a. Temeljem modeliranja određen je kronostratigrafski raspon glavne faze generiranja ugljikovodika: za Prečec SR – u plio-pleistocenu (4,8-2,3 Ma), za Prkos SR – u pleistocenu (2,3-1,5 Ma). Miocenski naftni sistem u Savskoj depresiji pripada klasi tipičnih sistema, jer je potvrđena genetska poveznica između matičnih stijena i ugljikovodika u akumulacijama.

Cilj studije bio je i volumetrijsko određivanje ukupne mase generiranih ugljikovodika (HCG) i definiranje generativno-akumulacijske-efikasnosti (GAE) naftnog sistema na području Sava 3D ekstenzija. Za volumetrijski izračun korištena je Schmokerova metoda (SCHMOKER, 1994).

Dobiveni raspon vrijednosti ukupne HCG daje raspon vrijednosti GAE od 1,51 do 3,31%, što miocenski naftni si-

stem Savske depresije svrstava u srednje efikasni (GAE 1-10%; MAGOON & VALIN, 1994). Na uobičajeno veliku razliku između količine generiranih i količine otkrivenih ugljikovodika u zamkama utječu brojni čimbenici poput migracije, akumulacije i očuvanja ugljikovodika u podzemlju pa se tipične vrijednosti faktora ekspulzije i migracije kreću od 5 do 10% (BARKER & DICKEY, 1984; McDOWELL, 1975). Uz pretpostavku da je od ukupno generiranih ugljikovodika u zamkama očuvanih 10% (izračun s R i N/G) vrijednost HCG iznosi ~7,6 x 10⁸ m³. Proizlazi da je otkriveno ~22% rezervi te da je još ~78% rezervi preostalo za otkriti. Uz pretpostavku da je očuvano svega 5% generiranih ugljikovodika, vrijednost HCG iznosi ~3,8 x 10⁸ m³ te proizlazi da je preostalo za otkriti još ~57% rezervi. Uz najnepovoljniji mogući scenario (izračun s 5%, R_{aver.}, N/G) otkriveno je ~66% (ili 2/3) i preostaje za otkriti još ~34% (ili 1/3) rezervi.

Prema rezultatima dobivenim ovom studijom utvrđeno je da postoji još značajan naftno-geološki potencijal u preostalim strukturno-stratigraskim i stratigraskim zamkama. Za procjenu šireg područja potrebna su daljnja istraživanja uz reobradu snimljene i snimanje nove 3D seismike, kao i seizmostratigrafsku interpretaciju i specijalističke analize seizmičkih atributa.

Površina TJ „Duboka Sava“ predstavlja svega 2,32% ukupne površine savskog bazena (12 410 km²), a SZ dio Savske depresije i značajniji dublji JI dio nisu bili obuhvaćeni ovim istraživanjem, stoga ukupni volumen matičnih stijena cijele Savske depresije i njihov generativni potencijal tek preostaje za procijeniti.

Literatura:

- BARKER, C. & DICKEY, P.A. (1984): Hydrocarbon habitat in main producing areas, Saudi Arabia: discussion.– AAPG Bulletin, 68, 108–109.
 BARIĆ, G. (2006.): Naftna geokemija.– INA-industrija naftne d.d., Zagreb, 253 p.
 BARIĆ, G., IVKOVIĆ, Ž. & PERICA, R. (2000): The Miocene petroleum system of the Sava Depression, Croatia.– Petroleum Geoscience, 6, 165–173.
 ČORIĆ, 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).– Geologija Croatica, 62/1, 31–43.

- MAGOON, L.B. & VALIN, Z.C. (1994): Overview of the Petroleum System Case Studies.– U: MAGOON, L.B. & DOW, W.G. (ur.): The Petroleum System – from Source to Trap. AAPG Memoir, 60, 329–338.
- McDOWELL, A.N. (1975): What are the problems in estimating the oil potential of a basin?– Oil and Gas Journal, 73, 85–90.
- SCHMOKER, J.W. (1994): Volumetric Calculation of Hydrocarbons Generated.– U: MAGOON, L.B. & DOW, W.G. (ur.): The Petroleum System – from Source to Trap. AAPG Memoir, 60, 323–326.
- TROŠKOT-ČORBIĆ, T., VELIĆ, J. & MALVIĆ, T. (2009): Comparison of the Middle Miocene and the Upper Miocene source rock formations in the Sava Depression (Pannonian Basin, Croatia).– Geologia Croatica, 62/2, 123–33.
- Fond stručne dokumentacije INA – Naftaplin, Zagreb.

Geološko-geomorfološki uvjeti razvoja krša u području Dunjaka (općina Vojnić)

Geological and geomorphological conditions for karst development in the area of Dunjak (Vojnić municipality)

Neven Bočić¹, Maša Paic², Uroš Barudžija³ & Neven Šuica⁴

¹ Sveučilište u Zagrebu, PMF, Geografski odsjek, Zavod za fizičku geografiju, Marulićev trg 19/II, Zagreb (nbocic@geog.pmf.hr)

² Hrvatsko geomorfološko društvo, Marulićev trg 19/II, Zagreb (mpaic3@gmail.com)

³ Sveučilište u Zagrebu, RGNF, Zavod za mineralogiju, petrologiju i mineralne sirovine, Pierottijeva 6, Zagreb (uros.barudzija@rgn.hr)

⁴ Društvo za istraživanje, zaštitu i promociju geološke baštine „Petris”, Kralja Tomislava 19, Karlovac (neven.suica@gmail.com)

Ključne riječi: krš, fluviokrš, speleologija, geospeleologija, speleogenese, Dunjak, Hrvatska

Key words: karst, fluviokarst, speleology, geospeleology, speleogenesis, Dunjak, Croatia

Područje Dunjaka se nalazi u prijelaznom pojasu između Dinarskog krša te Peripanonskog dijela Hrvatske. Geomorfološki, ovo područje predstavlja prijelaznu zonu između krških prostora na jugozapadu i fluvijalno-fluviodenudacijskih na sjeveroistoku. Glavni tok i erozijska baza ovog prostora je rijeka Glina. Neposredno istraživano područje površine je 2,2 km², a izgrađeno je od sedimentnih stijena donjeg trijasa. Ovdje dominiraju tinjčasti pješčenjaci i karbonati (vapnenci i dolomiti). Cilj istraživanja bilo je odrediti temeljne geološke i geomorfološke značajke te utvrditi uvjete razvoja površinskih i podzemnih krških oblika na istraživanom području. Poseban naglasak usmjerjen je na geospeleološka istraživanja Pećine kod Dunjaka. U radu su korištene sljedeće metode: geološko i geo-

morfološko kartiranje površine i špiljskih kanala, morfometrijska analiza DMR-a, izmjera i morfometrijska analiza špiljskih kanala, analiza špiljskih sedimenta te datiranje sigaste kore metodom ¹⁴C. Utvrđeno je da istraživano područje fluviokrških karakteristika koje se razvilo procesom okršavanja i reorganizacijom prethodne površinske drenažne mreže. Od površinskih krških i fluviokrških formi utvrđene su slijepe doline, suhe doline i ponikve. Najznačajniji podzemni oblik je Pećina u Dunjaku koja predstavlja fosilni krški provodnik. U okviru rada izrađena je geomorfološka karta područja te speleološki nacrt Pećine kod Dunjaka s geološkim i geomorfološkim obilježjima. Utvrđene su osnovne faze razvoja površinskog reljefa te podzemnog krškog provodnika.

Geomorfološki značaj okršenih dolina na krškim zaravnima, primjer Unsko-koranske zaravni

Geomorphological significance of the karstified valleys on a karst plateaus, example of the Una – Korana plateau

Neven Bočić¹, Mladen Pahernik² & Andrej Mihevc³

¹ Sveučilište u Zagrebu, PMF, Geografski odsjek, Zavod za fizičku geografiju, Marulićev trg 19/II, Zagreb (nbocic@geog.pmf.hr)

² Hrvatsko vojno učilište „Petar Zrinski“, Ilica 256b, Zagreb (mladen.pahernik@zg.t-com.hr)

³ Inštitut za raziskovanje krasa SAZU, Titov trg 2, Postojna, Slovenija (mihevc@zrc-sazu.si)

Ključne riječi: krš, paleodrenažna mreža, okršene doline, krška zaravan, Dinaridi, Hrvatska

Key words: karst, palaeodrainage network, karstified valleys, karst plateau, Dinarides, Croatia

Krške zaravni često imaju složen geološko-geomorfološki razvoj. Razvoj zaravni prolazi kroz više faza, a uglavnom se smatra da je za njihov nastanak potrebno dugotrajno razdoblje krške denudacije. Glavna svrha ovog istraživanja bila je produbiti razumijevanje jedne od ključnih faza u evoluciji krških zaravni - prijelaza iz fluvijalnog krajolika u onaj kojim dominiraju procesi okršavanja. Cilj rada je rekonstrukcija paleodrenažne mreže na jednoj velikoj zaravni dinarskog krša i analiza njenih obilježja te utvrđivanje njenog značaja u geomorfološkom razvoju zaravni. Istraživanje je provedeno na velikom dijelu Unsko-koranske zaravni, najveće zaravni dinarskog krša. Površina istraživanog područja iznosi oko 1240

km² što je oko 63% ukupne površine Unsko-koranske zaravni. Najveći dio ove zaravni izgrađen je od karbonatnih stijena trijaske, jurske i kredne starosti koje omogućavaju razvoj krških procesa. Rekonstrukcija paleodrenažne mreže izrađena je na temelju topografskih karata 1:25.000 s ekvidistancom od 10 m. Elementi površinske drenažne mreže su ovisno o stupnju okršenosti podijeljeni u tri kategorije: aktivne, suhe i reliktne doline. Utvrđeno je da je 90,5% u reljefu vidljive drenažne mreže doživjelo neki stupanj okršavanja. Danas se zaravnjeno i okršeno područje između glavnih tekućica drenira podzemno prema glavnim vodotocima koji dalje površinski dreniraju cijelo područje.

Evidence of Permian rifting magmatism within the Adria basement: $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages, geochemistry and EMPA of the South Adriatic magmatic islets

Dokazi o permskom riftnom magmatizmu unutar podloge Adria ploče: $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ starosti, geokemija i elektronska mikroproba južnih jadranskih magmatskih otoka

Sibila Borojević Šoštarić¹, Franz Neubauer², Ladislav A. Palinkaš³, Ivan Razum⁴,
Manfred Bernroider² & Johann Genser²

¹ Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb, Pierottijeva 6, HR-10 000 Zagreb, Croatia (sborosos@rgn.hr)

² Department of Geography and Geology, University of Salzburg, A-5020 Salzburg, Austria

³ Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 95, HR-10000 Zagreb

⁴ Croatian Natural History Museum, Demetrova 1, HR-10 000 Zagreb

Key words: Adria basement, Permian rifting, Ar/Ar ages, geochemistry, EMPA

Ključne riječi: podloga Adrie, permsko riftovanje, Ar/Ar starosti, geokemija, elektronska mikroproba

Geological background

The Stable Adria is located between large Cenozoic mountain belts: Dinarides-Hellenides, Apennines and Southern Alps to the east, west and north, respectively, having a complex structural setting. A long-lasting and ongoing compressional regime in the area resulted in divergent subduction polarity. Furthermore, Cenozoic thrusting related to convergence within the Dinarides and Apennines gradually propagated southwestward and northeastward, respectively, with the migration of foredeep basin sequences in front of the growing belt, over the platform carbonates (Dinarides) and toward the central axis of the Adriatic Sea. In addition, described tectonics regime triggered inversion of the pre-existing normal faults as well as the halokinetic activity (diapirism) of Triassic evaporites located within Central Adriatic.

The Stable Adria plate is composed of an unknown crystalline basement, visible in seismic lines but never penetrated by boreholes except for Ordovician granodiorite at Venice plain. The overlying Mesozoic platform and basin carbonates are associated with evaporites and Cenozoic and Quaternary foredeep clastic and carbonatic successions.

Jabuka and Brusnik islets together with western part of Vis island belongs to the southern part of the uplifted halokinetic structure that separate Meso-Adriatic depression, and share a common geological history. These area is characterized by tectonic inversion through the compressional reactivated Permian-Triassic normal faults, generally deforming late Quaternary deposits. Diaps are composed of evaporites and at some places intermediary to basic subvolcanic to volcanic rocks, outcropping at Brusnik, Jabuka and Vis islands.

Petrography and mineral chemistry

Macroscopically, Jabuka and Brusnik samples are phaneritic, medium-grained leuco- to melanocratic rocks, containing 20 – 40 vol % of ferromagnesian minerals and showing intergranular texture.

The micropetrographical study illustrates the presence of a primary medium- to fine-grained basaltic assemblage composed of plagioclase >> clinopyroxene ($\text{Wo}_{25-47}\text{En}_{26-37}\text{Fs}_{16-29}$) >> opaque minerals, with crystal sizes varying between 0.4×0.5 mm to 2.5×4.5 mm. Superimposed on the primary mineral association we have found a fine-grained late stage acidic magmatic assemblage. It is composed of new grown quartz, albite ($\text{An}_{0.2-4.8}\text{Ab}_{92.9-99.5}\text{Or}_{0.2-2.2}$); anorthoclase ($\text{An}_{3.2}\text{Ab}_{84.4}\text{Or}_{12.4}$), partly chloritized biotite ($\text{K}_{0.5-1.5}\text{Na}_{0.1}\text{Mg}_{1.3-2.5}\text{Mn}_{0.1}\text{Ca}_{0.1}\text{Fe}_{4.2-4.8}\text{Al}_{2.1-2.6}\text{Si}_{5.1-5.7}\text{O}_{20}(\text{OH})_2$) and amphibole ($\text{K}_{0.1-0.2}\text{Na}_{0.1-0.6}\text{Mg}_{1.4-2.1}\text{Mn}_{0.1}\text{Ca}_{1.7-2.1}\text{Fe}_{2.9-3.4}\text{Al}_{0.3-1.3}\text{Si}_{6.8-7.7}\text{O}_{22}(\text{OH})_2$), mainly located within interstitial space of the previously formed doleritic crystals, as well as the very fine-grained uralite, epidote-clinozoisite, sericite and hematite, precipitated from a break-down of pyroxene, plagioclase and opaque minerals, respectively. The most striking feature of the new-grown assemblage is the occurrence of typical granophytic (micrographic) intergrowth of quartz and alkali feldspar as well as the symplectic intergrowth of quartz and sodium-rich plagioclase (myrmekite) along the grain-boundaries. In addition, new grown minerals, especially quartz, often contain numerous solid inclusions of contemporaneous biotite and amphibole as well as the fluid inclusions. Prehnite, carbonate, potassium rich chlorite and pumpellyite belongs to the very late stage of postmagmatic fluid circulation.

Due to the primary basaltic assemblage, texture and a crystal size these rocks are petrographically determined as dolerite, however, the introduction of quartz and associated late magmatic minerals shifted their primary basaltic composition towards andesite. For these reasons, the Jabuka and Brusnik rocks are determined as quartz dolerite.

Geochemistry

Brusnik and Jabuka quartz dolerites are basic to intermediate rocks with SiO_2 ranging from 51 and 54 wt. %, having high alumina content (16 to 19 wt. %) and therefore can be classified as high-alumina basalts. Quartz dolerites show lower Mg# values (mol Mg# = 100MgO/(FeO + MgO)), Cr and Ni content than observed from primitive magma pointing to more evolved magmatic system (52 – 63; 7 - 48 ppm; 0.5 to 10 ppm, respectively). Quartz dolerites exhibits andesite to andesite/basalt chemistry having Zr (65 - 87 ppm), Nb (2.5 – 3.4 ppm), Y (19-25 ppm), Hf (2 – 2.6 ppm), TiO_2 (0.83 to 1.04 wt%) and P_2O_5 (0.15 – 0.25 wt%). Their Th and U content (4.8 – 7.5 ppm and 1.1 – 1.3 ppm) is approaching the values of the Upper continental crust. Rocks show generally higher and more variable concentrations of large ion lithophile elements (LILE) with respect to high-field strength elements (HFSE) which is attributed to post-magmatic processes. Rocks display pronounced negative Nb trough and discrete negative Ti, Zr and P values together with high positive Pb values. Chondrite-normalized REE patterns of the quartz dolerites show a LREE-enriched pattern typically displayed by ocean island basalt (OIB) and/or enriched MOR basalts (EMORB), showing discrete negative Eu anomaly.

Timing of the magmatism

New grown, late magmatic biotite and K-feldspar (anorthoclase) were analysed from a Brusnik and Jabuka quartz dolerites. The low-energy part of the $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ spectra of the Brusnik biotite concentrate shows a typical stair-case pattern giving a maximum age of high energy steps of 265.3 ± 1.1 Ma. The Ca/K ratio calculated from the $^{37}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ value is generally below 0.2, whereas elevated values of the high temperature steps (>0.02 – i.e. Ca > 0.3% by wt.) indicate release of Ca from most likely apatite solid inclusions, without essentially disturbing the age spectrum. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages from a new grown biotite concentrate of the Jabuka quartz dolerite show a staircase pattern and an integrated age of 273 ± 1.1 . Two concentrates from of new-

grown K-feldspar from Jabuka gave plateau ages of 268.9 ± 1.0 Ma and 254.5 ± 2.0 Ma, constituting 77% and 96 % of ^{39}Ar released. Both feldspars show an increase the Ca/K ratio most likely as the result of intergrowth with plagioclase or presence of plagioclase bearing inclusions.

The K-feldspar concentrate from Brusnik gave a lower integrated age of 214 ± 0.9 Ma due to release of Ar through some later thermal episode. Previous whole-rock K/Ar ages and plagioclase $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages in a range from 200 ± 8 to 227 ± 5 Ma, respectively, most likely latter tectonothermal overprint, as indicated by K-feldspar $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages of the Brusnik dolerite.

P/t constraints

Temperature estimates based on Ti contents in new grown amphibole range from 575 °C to 610 °C ± 35 °C for Jabuka and 560 to 760 °C ± 35 °C for Brusnik; whereas new-grown biotite provide temperatures ranging from 490 to 560 °C ± 35 °C (based on Ti content). These data are similar to the primary NaCl-KCl-H₂O magmatic fluid inclusions from new-grown quartz, from the assemblage. Microthermometrical measurements show sylvine melting at temperature between 80° to 150 °C, followed by halite melting prior to or synchronous with the vapour disappearance at temperature range from 345° to >600 °C. Inclusions total salinities are between 41.9 to >74 wt % NaCl equ., whereas potassium chloride concentration range between 12.0 and 15.6 mass % of KCl. Total homogenization to a liquid phase was in the range from 415° to 600° C under pressure up to 1.25 Kbars.

Conclusion

These are the first reported Permian magmatic ages within Dinarides. Adria quartz-dolerite ages correlates well with the South Alpine magmatic rocks exposed on the northern borders of the Adria plate bearing evidence of Permian post-Variscan plate disintegration that was accompanied by extensive magmatic activity. South Alpine Permian magmatics include shallow-level acidic intrusions and accompanying extrusive rocks formed in a time span between 285 and 275 Ma as well as the contemporaneous Early Permian syntectonic intrusion of gabbros in the lower crust within Ivrea-Verbano Zone and Austroalpine units to the north of the Insubric Line. The geochemical signature of these rocks bear an inherited signal of the Variscan subduction, similar to the Adria quartz-dolerites.

GeoMapping project: mapping shallow geothermal potential in Croatia

Projekt GeoMapping: kartiranje plitkog geotermalnog potencijala u Hrvatskoj

Staša Borović¹, Vladimir Soldo², Josip Terzić¹, Leon Lepoša², Kosta Urumović¹, Luka Boban², Marino Grozdek², Miroslav Ruševljan² & Marko Mandić²

¹ Hrvatski geološki institut – Croatian Geological Survey, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Croatia

² Fakultet strojarstva i brodogradnje – Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, Ivana Lučića 5, 10 000 Zagreb, Croatia

Ključne riječi: termički parametri tla, distribuirani test toplinskog odziva tla, dizalice topline, Hrvatska

Key words: ground thermal properties, distributed thermal response test, heat pumps, Croatia

The aim of this project is to encourage the process of mapping shallow geothermal potential on local scale in different regions of Croatia, while the knowledge gained by the project will be used to promote the application of ground source heat pump technology as a renewable energy source. For this reason, the boreholes were drilled next to technical schools which will use the heat pumps for heating and cooling of their premises and monitoring system to continue the investigations and transfer the knowledge to their students.

Heat pumps coupled to closed-loop borehole heat exchangers (BHE) have been widely utilized and investigated theoretically and experimentally in the past few decades. Theoretical models are mostly based on the assumption of a homogeneous and isotropic ground, which generally does not correspond to reality. The long-term (years and decades) performance of BHEs is highly dependent on the balance between heat extraction during the heating period and heat in-

jection into the surrounding ground during the cooling period. This balance depends on climate of the region and ground thermal properties, which is why it is necessary to investigate the potential corresponding to local conditions.

For the utilization of ground-coupled heat pumps the relevant thermal parameters vary between the Pannonian part in the NE and Dinaric part in the SW of Croatia. The Pannonian part is characterized by kilometres thick clastic sedimentary sequences of Paratethys and (sub)modern fluvial sedimentation, while in the Dinaric part there is a domination of thick platform carbonate sequences (mostly limestone). In accordance with diverse genesis and lithology of the regions, different thermal parameters of the ground were expected. Eight pilot sites have been chosen for exploratory drilling, four in each region. The depth of the boreholes is 100 m because it is the standard depth in BHE utilization, and boreholes were cored in full length.



Figure 1. Left: locations of pilot sites for exploratory drilling; right: examples of sediments with intergranular porosity from Čakovec and limestones with fracture-dissolution porosity from Zadar.

Slika 1. Lijevo: lokacije istražnih bušotina; desno: primjer sedimenata međuzrnske poroznosti iz Čakovca te vapnenačkih stijena pukotinsko-kavernozne poroznosti iz Zadra.

Table 1. Results of thermal conductivity measurements in W/mK.**Tablica 1.** Rezultati mjerena toplinske vodljivosti u W/mK.

	Measurement technique			Discrepancy (%)
	LAB	TRT	DTRT	LAB/TRT
Čakovec	1.71	2.35	2.01	-27.2
Osijek	1.81	1.92	1.93	-5.7
Požega	1.39	1.75	–	-20.6
Gospic	2.87	2.95	–	-2.7
Knin	2.36	2.23	–	+5.8
Poreč	2.18	2.11	–	+3.3
Zadar	2.86	4.25	3.08	-32.7

In the Pannonian region predominantly sediments with intergranular porosity were found. Two of the localities – Zagreb and Čakovec - represent sedimentary cover with coarser-grained sediments, while Požega and Osijek sediments are characterized by the domination of silt, partially clayey or sandy. In the Dinaric part (Gospic, Zadar, Poreč and Knin) only fracture and conduit porosity exist within the rock mass, while porosity of monolithic rock matrix can be neglected. The differences between locations are mainly in the thickness of the topsoil and weathered zone (from 2 m in Poreč to 40 m in Knin), degree of limestone karstification and/or dolomitization, presence of evaporites and groundwater levels. In this abstract only the main conclusions after finishing all boreholes will be presented.

As a part of this project three different approaches for determination of ground thermal conductivity were applied: direct measurement of rock/sediment thermal properties in laboratory scale via transient method (LAB) (PRELOVŠEK & URAN, 1984) and conventional and distributed thermal response tests (TRT and DTRT) in natural scale (FUJI et al., 2009). The superiority of DTRT over TRT is clearly visible in Table 1. The aim of geological research in this project is to discern weather ground thermal properties could be successfully predicted from known geological settings and to determine the functional relations between hydrogeological, geo-mechanical and thermal parameters of rocks and sediments present throughout Croatia.

In sedimentary environments of NE Croatia the predictability is a function of lateral sedimentary environment changes. The prediction is relatively easy for clay and silt (e.g. Osijek), but it gets harder in sand and gravel because of the significant groundwater flow (e.g. Čakovec). Significant groundwater flow leads to the discrepancies between TRTs and laboratory measurements which cannot take water flow into account.

In carbonate environments the predictability is a function of karst heterogeneity. For instance, in Poreč and Gospic there is an excellent agreement of the methods because the boreholes

were almost entirely drilled through compact Cretaceous limestone and Jelar breccia, respectively. On the other hand, the Zadar borehole in foraminiferal limestones resulted in a lot of problems, because of large caverns. The results of thermal properties measurements again depended on presence of the groundwater flow which was significant in Zadar, leading to large discrepancies. Knin borehole is highly interesting because it was drilled through 60 m of evaporite rock with gypsum/anhydrite alternations. Laboratory measurements of thermal conductivity show extreme variations of thermal conductivity in this interval (1.5-6.5 W/mK), which is probably the result of mineral composition variation. Since thermal conductivity of anhydrite is double that of gypsum, the possibility of asserting mineral composition of evaporite deposits via thermal parameter measurements will be explored.

The discrepancies between the laboratory measurements and thermal response tests can also be attributed to a number of reasons aside from groundwater flow. Firstly, laboratory measurement includes a small volume of the rock/sediment for a short period of time in comparison to TRT. Secondly, it is impossible to get the core out of the borehole with its original water content due to drilling technology and mud infiltration. The third reason is the inability to measure thermal parameters momentarily after the core is taken out so certain percentage of the water inevitably evaporates. There are also problems related to the field measurement devices: the assessment of thermal contact quality, temperature fluctuations and non-homogeneity and anisotropy of the measured material sample. Adding to that, each device included in different measurement technique has its own sources of error.

References:

- FUJII, H., OKUBO, H., NISHI, K., ITOI, R., OHYAMA, K. & SHIBATA, K. (2009): An improved thermal response test for U-tube ground heat exchanger based on optical fiber thermometers.– Geothermics, 38, 399–406.
- PRELOVŠEK, P. & URAN, B. (1984): Generalised hot wire method for thermal conductivity measurements.– Journal of Physics E: Scientific Instruments, 17, 764–777.

Cenomanian-Turonian Boundary in the Northwestern Part of the Adriatic Carbonate Platform (Ćićarija Mtn., Istria, Croatia): Characteristics and Implications

Granica cenoman-turon u sjeverozapadnom dijelu Jadranske karbonatne platforme (Ćićarija, Istra, Hrvatska): svojstva i implikacije

Vlatko Brčić¹, Bosiljka Glumac², Anita Grizelj¹, Ladislav Fuček¹, Hrvoje Posilović¹, Marija Horvat¹ & Vedran Mihelj¹

¹ Department of Geology, Croatian Geological Survey, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Croatia (vlatko.brcic@hgi-cgs.hr)

² Department of Geosciences, Smith College, Northampton, Massachusetts 01063, USA

Key words: Sv. Duh Formation, microfacies, glauconite, OAE2, Cenomanian–Turonian, Ćićarija Mtn., Adriatic Carbonate Platform

Ključne riječi: Sv. Duh formacija, mikrofacijes, glaukonit, OAE2, cenoman–turon, Ćićarija, Jadranska karbonatna platforma

Cenomanian-Turonian boundary in the Ćićarija Mountain region (northern Istria, Croatia) is characterized by calcisphere limestone successions with a firmground and glauconite horizon, bioturbated intervals, tempestites and slumped structures, and laminated algal-cyanobacterial and organic rich interbeds as well (Fig. 1). Compilation of the results of litho-, bio-, and microfacies analyses, X-ray diffraction, SEM, EDS and stable isotope analyses revealed extensive evidence for the reconstruction of marine paleoenvironmental condi-

tions. Shallow water carbonate deposits (the *Milna* Formation) underlie a drowned-platform succession (the *Sv. Duh* Formation) on three detailed stratigraphic columns (*Vodice-Jelovica*, *Martinjak* and *Planik*). The transition between these two units is sharp and commonly slumped. The approximate thickness of the *Sv. Duh* Formation (calcsphere wackestone) is 100 m. The limestones of this formation are mainly greyish to light brown in color, weakly stratified, massive, brittle and tectonically fractured. The entire observed succession is

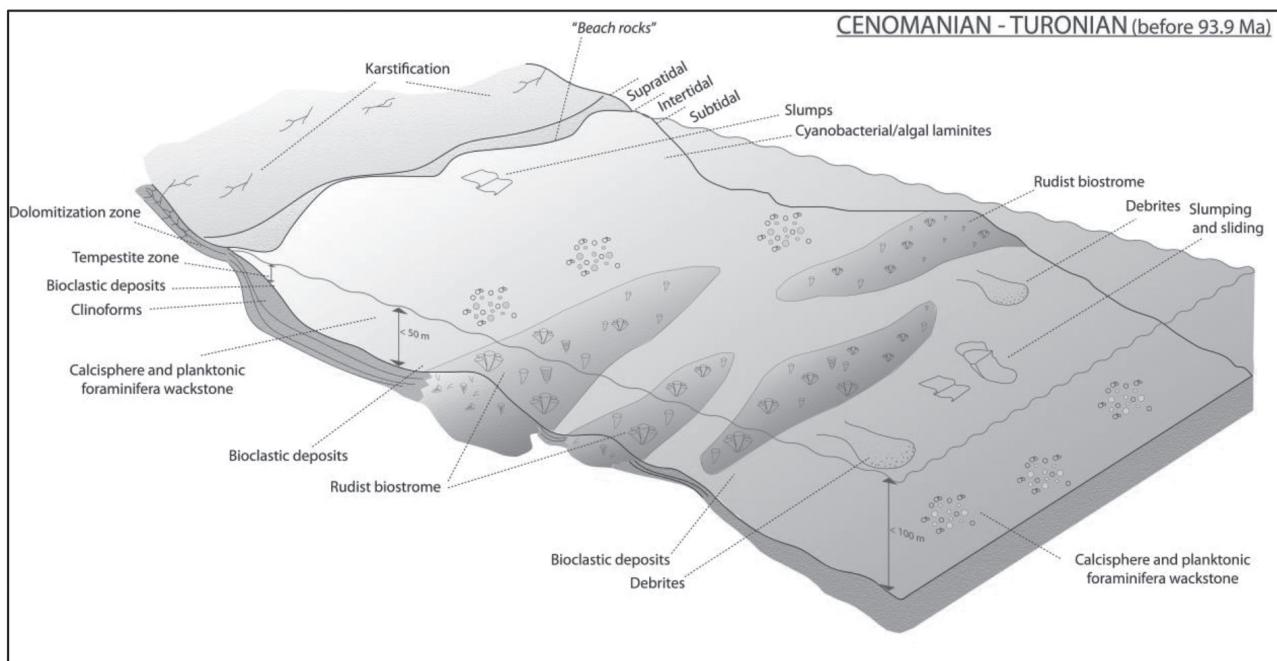


Figure 1. Block diagram illustrating paleoenvironmental conditions during Cenomanian–Turonian in the northwestern part of the Adriatic Carbonate Platform (AdCP).

Slika 1. Blok dijagram paleokolišnih uvjeta tijekom cenomana–turona na sjeverozapadnom dijelu Jadranske karbonatne platforme.

enriched in organic matter. Preliminary $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$ stable isotope analyses show the influence of the global Oceanic Anoxic Event (OAE2) on the northwestern part of the Adriatic Carbonate Platform (AdCP). Anoxic and hypoxic conditions in the water column lead to major changes in the shallow water carbonate system of the AdCP. Many benthic foraminifera declined during that time, but the opportunistic species (e.g., planktonic foraminifera and calcareous dinoflagellates, which are less sensitive to change in salinity, temperature, nutrients and oxygen saturation), diversified and

expanded greatly. Meanwhile, local and regional tectonics combined with sea-level dynamics led to facies differentiation in the study area.

Consequently, the investigated Upper Cretaceous deeper-marine lithostratigraphic units of the AdCP represent a record of the relationship between global eustatic changes and local subsedimentary tectonics. The results of this research provide new insights into the character of the Cenomanian-Turonian boundary interval in the northwestern part of the AdCP and allow the correlation of these deposits with global events.

Utjecaj intenzivnog crpljenja podzemne vode na ekosustave smještene između Koprivnice i Đurđevca

Effect of intensive groundwater abstraction on the ecosystems located between Koprivnica and Đurđevac

Željka Brkić, Ozren Larva, Maja Briški & Tamara Marković

Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10 000 Zagreb

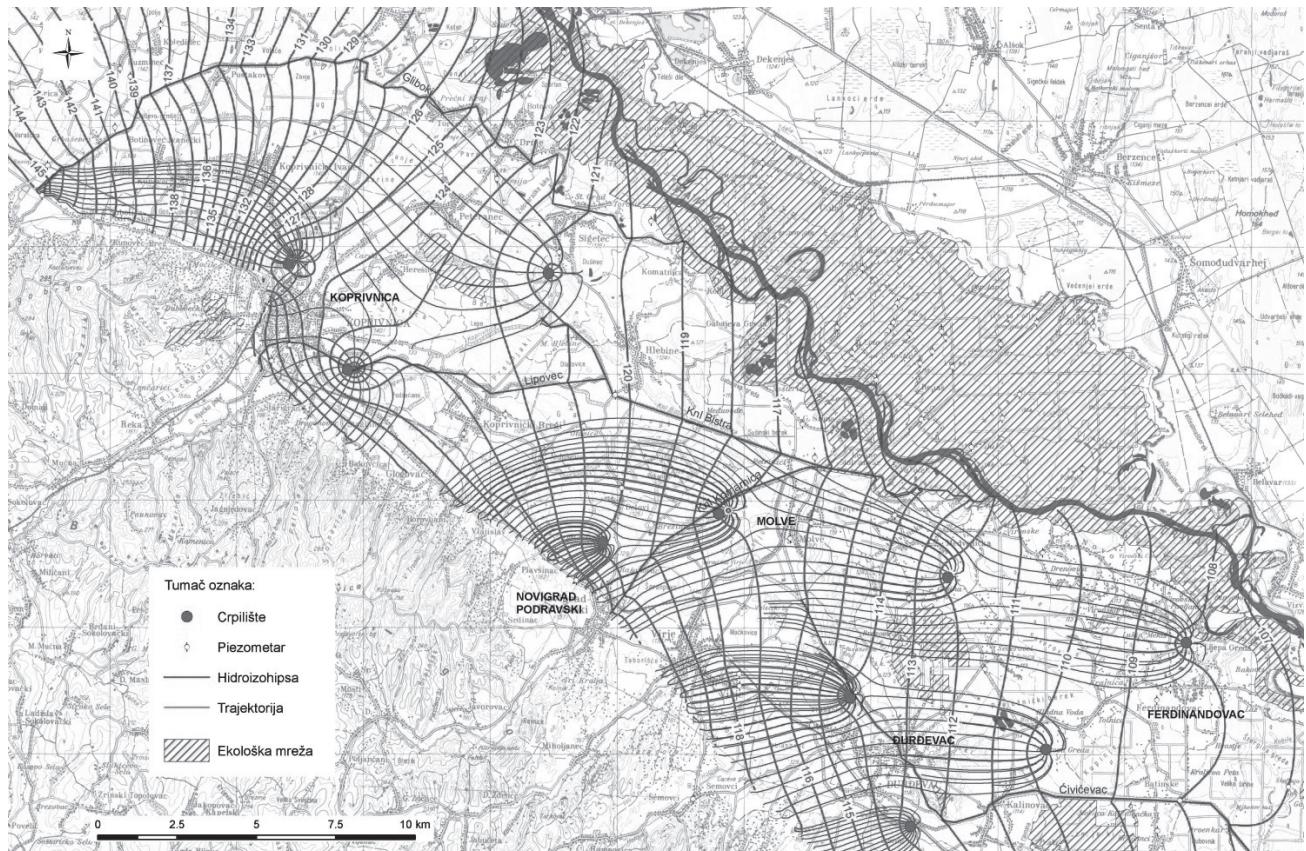
Ključne riječi: aluvijalni vodonosnik, zalihe podzemne vode, Okvirna direktiva o vodama

Key words: alluvial aquifer, groundwater resources, Water Framework Directive

U svrhu zaštite podzemnih voda, kao jednog od ciljeva Okvirne direktive o vodama Europske unije (ODV) (2000/60/EC) potrebno je utvrditi njihovo stanje s obzirom na količine i kakvoću. Dobro stanje podzemnih voda sa stanovišta količine je takvo stanje voda pri kojem razina podzemne vode omogućava dostupnost količinama koje ne prelaze višegodišnju prosječnu količinu crpljenja podzemne vode. Prema tome, dobro stanje podzemnih voda je ono gdje razina podzemne vode nije podložna antropogenim promjenama koje bi za posljedicu imale: (a) neuspjeh u postizanju

okolišnih ciljeva iz članka 4. ODV-a za pridružene površinske vode, (b) značajno ugrožavanje stanja takvih voda, te (c) značajnu štetu za kopnene ekosustave koji izravno ovise o podzemnim vodama.

U dolini rijeke Drave na području Koprivničko-križevačke županije glavni ekosustavi ovisni o podzemnim vodama nalaze se uz rijeku Dravu (Sl. 1). Sastavni su dio ekološke mreže RH koja predstavlja područje ekološke mreže Europske unije Natura 2000. Sastoji se od područja očuvanja značajna za ptice i područja očuvanja značajna za vrste i stanišne tipove.



Slika 1. Simulirane hidroizohipse i trajektorije u uvjetima srednjih voda i crpljenja 4660 L/s podzemne vode na prostoru između Koprivnice i Ferdinandovca.
Figure 1. Simulated hydroizohypes and trajectories in conditions of middle waters and during the pumping rate of 4600L/s in the aquifer between Koprivnica and Ferdinandovac.

S obzirom na velike zalihe podzemne vode akumulirane u dravskom vodonosnom sustavu na ovom području analizirane su eksploatacijske zalihe i njihov utjecaj na obližnje ekosustave.

Podina vodonosnog sustava određena je reperom Q' koji prema URUMOVIĆU et al. (1976) predstavlja najmarkantniju litostratigrafsku granicu i može se pratiti kao regionalni diskontinuitet uvjeta taloženja. Iznad njega dominiraju slojevi krupnozrnati sedimenata, šljunaka i pjesaka, unutar kojih se nalaze slojevi praha i gline, te prosloji treseta. Na ovdje razmatranom području približno odgovaraju naslaga srednjeg i gornjeg pleistocena i holocena. Prosječna hidraulička vodljivosti vodonosnika varira između 6×10^{-4} i 2×10^{-3} m/s. Najniži iznosi hidrauličke vodljivosti bilježe se uz južni rub dravskog vodonosnika. Transmisivnost vodonosnika zahvaćenog na postojećim crpilištima varira od 0,05 do 0,1 m²/s. Vodonosnik je pokriven razmjerno tankim, slabije propusnim krovinskim naslagama čija debljina varira od manje od metra uz rijeku Dravu do 20-ak metara uz južni rub vodonosnika. U litološkom sastavu dominiraju prah i pjesak, manje glina, te njihovi varijeteti.

Prema analizi utjecaja padalina na obnavljanje podzemne vode zaključeno je da napajanje vodonosnika iznosi do 25% prosječnih godišnjih padalina (BRKIĆ et al., 2013). Slični iznosi napajanja vodonosnika infiltracijom padalina razmatrani su i u prethodnim istraživanjima (URUMOVIĆ et al., 1981). Gubici podzemnih voda nastaju eksploatacijom podzemne vode, evapotranspiracijom i dreniranjem u površinske tokove. Smjer toka podzemne vode je prema rijeći Dravi. S obzirom na znatan iznos napajanja vodonosnika, na površini od oko 700 km² koliko dravski vodonosnik zauzima u Koprivničko-križevačkoj županiji, te razmjerno malu količinu vode koja se danas eksploatira, raspoložive zalihe podzemne vode su velike. Na istraživanom području vodonosnik je zahvaćen na nekoliko crpilišta: Ivanšćak i Lipovec u okolici Koprivnice, Delovi kod Novigrada Podravskog, Molve (crpilište INA-e), te staro i novo crpilište Đurđevac u okolici istoimenog grada. Uz napajanje infiltracijom padalina od oko 110×10^6 m³/god i prosječnu eksploatacijsku količinu (uključena samo javna vodoopskrba) od oko $6,5 \times 10^6$ m³/god (oko 210 L/s), koliko je iznosila u razdoblju od 2008. do 2012. godine, proizlazi da se koristi samo mali dio obnovljivih zaliha podzemne vode.

Eksploatacijske zalihe podzemne vode analizirane su pomoću numeričkog modela strujanja podzemne vode (BRKIĆ et al., 2014). U uvjetima pretpostavljenog crpljenja podzemne vode količinom od 4660 L/s na 10 lokacija smještenih između Koprivnice i Ferdinandovca, uključujući i postojeća crpilišta (Sl. 1), obnavljanje podzemne vode približno odgovara crpnoj količini. Lokacije 4 potencijalna crpilišta su izabrane na način da eksploatacija podzemne vode nema većeg utjecaja na ekološku mrežu koja se nalazi na širem području oko rijeke Drave. Time je ostvareno da se

utjecaj crpljenja podzemne vode uglavnom registrira uzvodno od područja ekološke mreže, odnosno da se taj utjecaj na ekološku mrežu minimalizira. Nestacionarna simulacija strujanja podzemne vode, u uvjetima kakvi su zabilježeni tijekom sušne 2009. i kišovite 2010. godine, rezultirala je u maksimalnom sniženju razine podzemne vode u iznosu od 10 do 20 cm uz južni rub ekološke mreže.

S obzirom na utvrđene hidrogeokemijske uvjete, kakvoća podzemne vode u ovom području je, s obzirom na uvjete za pitku vodu, zadovoljavajuća. Ipak, povećane koncentracije teških metala mjestimice se mogu registrirati na različitim mjestima što je prvenstveno posljedica sedimentacijskih uvjeta u vrijeme taloženja kvartarnih naslaga. Nadalje, zbog razmjerno male debljine i razmjerno propusnih krovinskih naslaga, podzemna voda mjestimice može sadržavati i izraženje koncentracije klorida, fosfata i nitrata. Zasada su nešto više koncentracije nitrata, ali još uvjek manje od maksimalno dozvoljenih u vodi za piće, zabilježene u okolici Koprivnice. Sa stanovišta kakvoće podzemne vode, na ekosustave ovisne o podzemnoj vodi upravo nitrati i fosfati mogu imati najveći negativni utjecaj (HOLMAN et al., 2008; DE SCHRIJVER et al., 2011).

Općenito se može zaključiti da podzemna voda na istraživanom području predstavlja iznimno vrijedan prirodni resurs koji, osim za potrebe Koprivničko-križevačke županije, može doprinijeti poboljšanju vodoopskrbe i ostalih susjednih područja. Istovremeno, intenzivnija eksploatacija podzemne vode od postojeće ne bi trebala imati negativan učinak na ekološku mrežu u ovom dijelu Hrvatske.

Literatura:

- BRKIĆ, Ž., MARKOVIĆ, T. & LARVA, O. (2013): Hidrogeološka studija u svrhu definiranja eksploatacijskih zaliha podzemne vode na području Koprivnica – Đurđevac – I. faza.– Hrvatski geološki institut, Zagreb.
- BRKIĆ, Ž., LARVA, O. & MARKOVIĆ, T. (2014): Hidrogeološka studija u svrhu definiranja eksploatacijskih zaliha podzemne vode na području Koprivnica – Đurđevac – II. faza.– Hrvatski geološki institut, Zagreb.
- DE SCHRIJVER, A., DE FRENNE, P., AMPOORTER, E., VAN NEVEL, L., DEMEY, A., WUYTS, K. & VERHEYEN, K. (2011): Cumulative nitrogen input drives species loss in terrestrial ecosystems.– Global Ecology and Biogeography, 20, 803–816.
- HOLMAN, I.P., WHELAN, M.J., HOWDEN, N.J.K., BELLAMY, P.H., WILLBY, N.J., RIVAS-CASADO, M. & McCONVEY, P. (2008): Phosphorus in groundwater – an overlooked contributor to eutrophication?– Hydrological processes, 22, 5121–5127.
- URUMOVIĆ, K., HERNITZ, Z., ŠIMON, J., & VELIĆ, J. (1976): O propusnom mediju kvartarnih, te gornjo i srednjepliocenskih naslaga sjeverne Hrvatske.– Zbornik radova 4. jug. simp. o hidrogeol. i inž. geol., knjiga 2, 395–410, Skopje.
- URUMOVIĆ, K., ŠARIN, A. & DONADINI, K. (1981): Bilanca zaliha podzemnih voda u vodnom području „Drava-Dunav“ za 1979/1980 godinu.– Geološki zavod, Zagreb.

Micropalaeontological and geochemical record of Holocene salt-marsh and marine stages in submerged sinkholes (Osor, Island of Cres)

Mikropaleontološki i geokemijski zapis izmjene morskih i slano-močvarnih okoliša tijekom holocena u potopljenim vrtačama (Osor, Cres)

Dea Brunovic¹, Slobodan Miko¹, Nikolina Ilijanić¹, Valentina Hajek-Tadesse¹, Ozren Hasan¹, Ivan Razum², Koraljka Bakrač¹ & Martina Šparica Miko¹

¹ Croatian Geological Survey, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Croatia (dbrunovic@hgi-cgs.hr)

² Croatian Natural History Museum, Demetrova 1, 10 000 Zagreb, Croatia

Key words: Adriatic Sea, core, sinkholes, Holocene, foraminifera, geochemistry

Ključne riječi: Jadransko more, jezgra, vrtače, holocen, foraminifere, geokemija

Southwestern part of the Island of Cres is dominated by karst relief with many sinkholes. Some sinkholes were drowned during the Holocene sea level rise, while others are not yet inundated by the sea. Therefore, different stages of environmental change can be observed in this area and progression from terrestrial, salt-marsh to marine environment is recognizable.

Cores LK-3 and LK-3B were extracted from Sonte embayment that today represents a submerged sinkhole. It is located in Lošinj Channel near Town of Osor, Island of Cres. This embayment is limited by a sill with water depth of about 3 m. Total length of cores LK-3 and LK-3B is 371 cm and they were collected at a water depth of 5 m.

In the Adriatic Sea, at the beginning of the Holocene, sea level was 40-50 meters lower than it is today (CORREGGIARI et al., 1996; LAMBECK et al., 2004). Hence, the

main aim of this study is to reveal the succession of events that occurred during the Holocene in Sonte embayment and to reconstruct environmental variability that is related to water depth fluctuations by sediment core analysis.

In this research patterns of environmental change are defined by integrating palaeontological, geochemical and sedimentological data. From Figure 1. it can be observed that there is a general decrease (with some deviations) in colour lightness (L^*), Ca concentration, sand fraction and total inorganic carbon (TIC%) with the depth of the core. Magnetic susceptibility (MS2E), silt and clay, nitrogen (N%), carbon (C%), total organic carbon (TOC%), carbon to nitrogen ratio (C/N) and Al concentrations show opposite trend (Fig. 1).

Special attention was dedicated to microfossil studies. Foraminiferal species are present throughout the core. In the

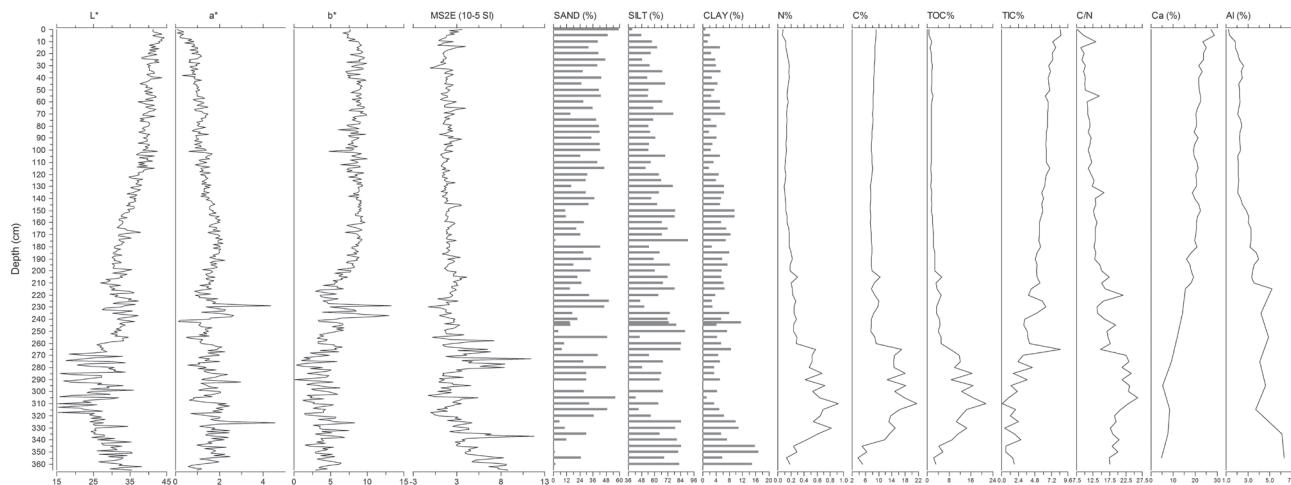


Figure 1. Spectral colour analysis ($L^*a^*b^*$), magnetic susceptibility (MS2E), grain-size analysis, total nitrogen (N%), carbon (C%), organic (TOC) and inorganic (TIC) carbon, carbon to nitrogen ratio (C/N) and distribution of some chemical elements of the cores LK-3 and LK-3B.

Slika 1. Spektralna analiza boje ($L^*a^*b^*$), magnetski susceptibilitet (MS2E), granulometrijska analiza, udio ukupnog dušika (N%) i ugljika (C%), organskog (TOC) i anorganskog ugljika (TIC), omjer organskog ugljika i dušika (C/N), te rezultati distribucije pojedinih elemenata u jezgrama LK-3 i LK-3B.

zone with the highest TOC and the highest C/N ratio the number of foraminiferal individuals tends to reach minimum values. Specimens were picked from the samples and subsequently identified to species level following classification of LOEBLICH & TAPPAN (1987) and CIMERMAN & LANGER (1991). It is possible to recognize few dominant species, such as *Elphidium crispum* (LINNÉ), *Elphidium mammulum* (FICHTEL & MOLL), *Elphidium cf. E. advenum* (CUSHMAN), *Ammonia beccarii* (LINNÉ), *Ammonia tepida* (CUSHMAN), *Peneroplis pertusus* (FORSKÅL), *Quinqueloculina seminula* (LINNÉ) and *Spiroloculina* sp.

Results indicate the existence of four different zones of deposition. It is possible to distinguish alteration of salt-marsh and marine sediments. A chronological framework for the core was based on several AMS radiocarbon age determinations. Therefore, it is possible to predict the age of marine intrusion and formation of fully marine conditions.

As the sea level rose during the Holocene Sonte embayment was partially inundated and salt-marsh has been formed. This sinkhole was not drowned when the sea level was low and it was separated from the rest of Lošinj Channel with a sill. At 6300 years BP sea level reached so high to fully spill over the sill separating the sinkhole from the sea, pumping seawater into the sinkhole and deposition of marine sediments occurred. In younger deposits we again have development of salt-marsh environment. Formation of the

salt-marsh could be a consequence of sea level fluctuations which would cause partial closure of coastal embayment and its isolation from the direct marine influence. The most probable explanation of renewed salt-marsh development could be elevation of the land as a consequence of tectonic activity. As transgression continued, fully marine conditions developed again at 6000 years BP and they still persist nowadays.

To conclude, palaeontological, geochemical and sedimentological data provide evidence for palaeoenvironmental development of Sonte embayment. Although our knowledge is still rather incomplete, these data document the existence and alteration of marine and salt-marsh stages in what is today marine embayment.

References:

- CIMERMAN, M. & LANGER, M.R. (1991): Mediterranean foraminifera.– Razred za naravoslovne vede, classis IV: Historia Naturalis, dela opera 30, Slovenska akademija, Ljubljana, 119 p.
- CORREGGIARI, A., ROVERI, M. & TRINCARDI, F. (1996): Late Pleistocene and Holocene evolution of the North Adriatic Sea.– II Quaternario, Italian Journal of Quaternary Sciences, 9, 697–704.
- LAMBECK, K., ANTONIOLI, F., PURCELL, A. & SILENZI, S. (2004): Sea-level change along the Italian coast for the past 10 000 years.– Quaternary Science Reviews, 23, 1567–1598.
- LOEBLICH, A.R., JR. & TAPPAN, H. (1987): Foraminiferal genera and their classification.– Van-Nostrand-Reinhold-New York, 970 p + 847 pls.

Seizmo-stratigrafska i sedimentološka analiza gornjomiocenskih naslaga polja Molve, Gola, Ferdinandovac i Kalinovac

Seismo-stratigraphy and sedimentology of Upper Miocene succession in Molve, Gola, Ferdinandovac and Kalinovac oil and gas fields

Kristina Čikeš, Željka Marić-Đureković, Srebrenka Matej & Vesna Hrženjak

INA-Naftaplin, Sektor za geologiju i inženjeringu, Šubićeva 29, 10 000 Zagreb

Ključne riječi: gornji miocen, seizmo-stratigrafija, sedimentology, ugljikovodici

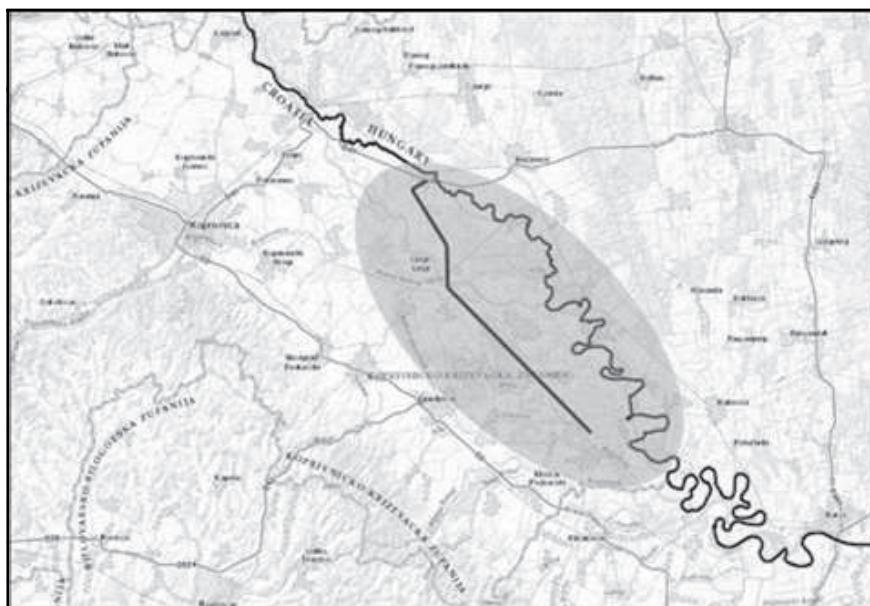
Key words: Upper Miocene, seismo-stratigraphy, sedimentology, hydrocarbons

Istraživano područje se nalazi u sjeverozapadnom dijelu Dravske depresije, a obuhvaća plinsko-kondenzatna polja Molve, Gola, Kalinovac i Ferdinandovac (Sl. 1). Dravska depresija pripada jugozapadnom rubnom pojusu Panonskog bazena. Istraživane naslage izgrađene su od pješčenjaka i laporanog ukupne debljine do 2200 m, a istaložene su tijekom panona i ponta.

Litostratigrafski, sedimentološki, seizmički i biostratigrafski podaci objedinjeni su u ovom radu kako bi se seizmostratigrafskim pristupom prikazala tektonska i stratigrafska evolucija područja. Analizom i interpretacijom seizmičkih podataka izdvojene su sekvencije i seizmički facijesi koji su potom korelirani s bušotinskim podacima, kako bi im se pridružila litološko-sedimentološka građa. Rezultati istraživanja prikazani su korelačijskim bušotinskim profilima i interpretiranim seizmičkim presjecima (Sl. 2 i 3).

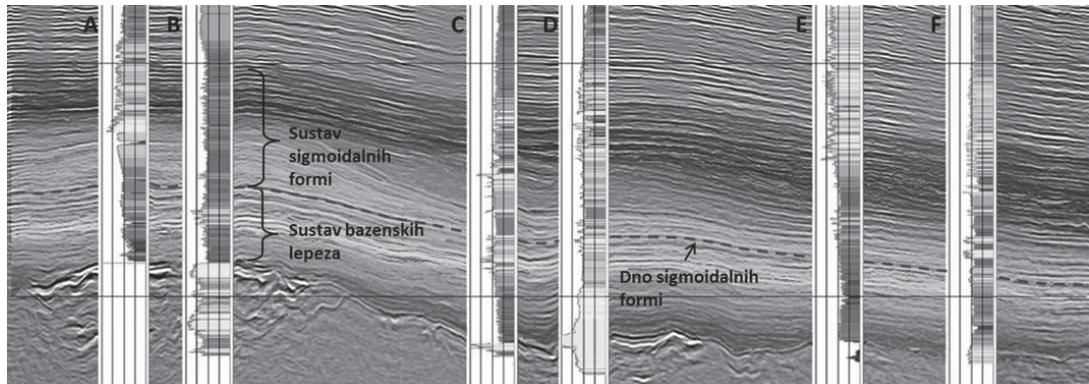
Sukcesija panonsko-pontskih naslaga razdvojena je u dva taložna sustava i to agradičko-retrogradacijski stariji sustav i progradacijski mlađi taložni sustav (Sl. 2).

Agradičko-retrogradacijski taložni sustav ili taložni sustav bazenskih lapeza karakteriziran je kontinuiranim, jače naglašenim seizmičkim refleksima koji imaju *onlap* završetke. Taložni sustav izgrađuju sitnozrnasti, gravitacijski pretaloženi, turbiditni pješčenjaci u izmjeni s bazenskim laporima (distalni turbiditi). Pješčenjaci su taloženi unutar kanala s nasipima i kao pješčani lobovi. Progradacijski taložni sustav seizmički je predstavljen progradacijom kliniformnih tijela i seizmičkim refleksima s *downlap* završecima na agradičko-retrogradacijski taložni sustav. Prema litološkom sastavu i sedimentološkim odlikama naslaga taloženje se odvijalo u tri različita okoliša taloženja i to u području bazena, padine i šelfa. U području bazena naizmjenično se odvijala sedimentacija dubljevodnih laporanog i proksimalnih turbiditnih pješčenjaka u obliku pješčanih lobova. Bazenski latori su karakterizirani seizmičkim refleksima niske amplitude, a pješčenjaci seizmičkim refleksima visoke amplitude. U području padine prevladavajuća litologija su siltozni latori, pješčenjaci su ograničenog rasprostiranja te se njihova amplituda smanjuje prema šelfu.



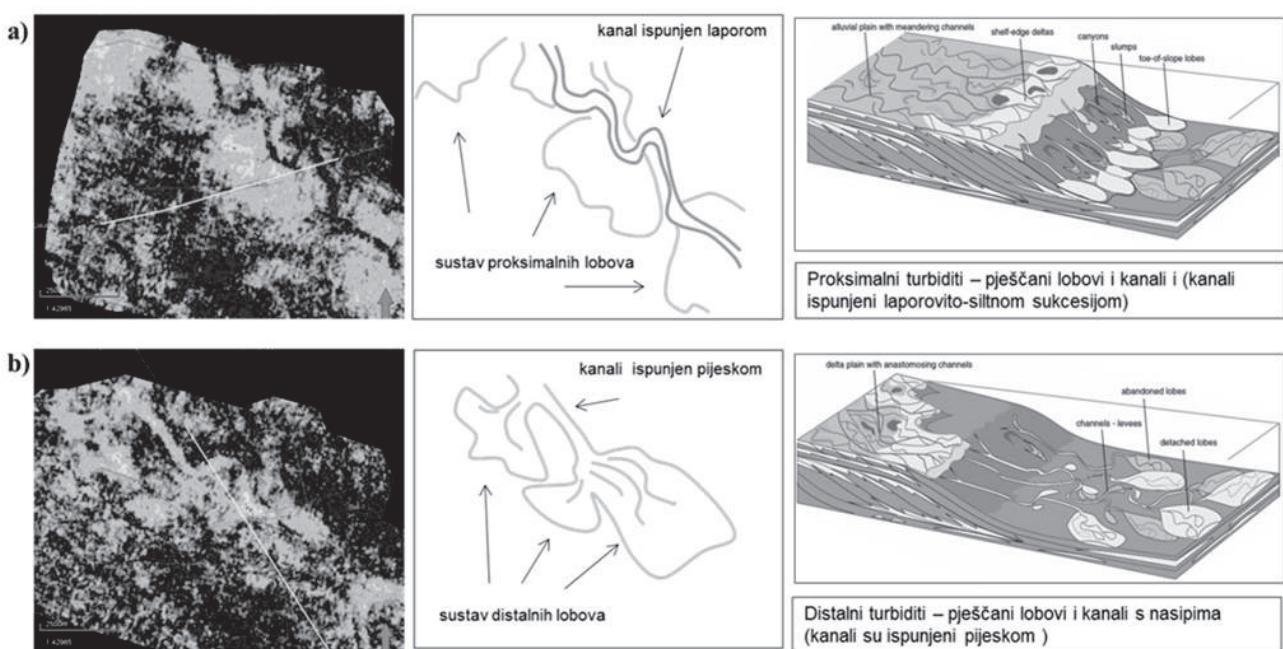
Slika 1. Geografski položaj istraživanog područja (zatanjanjeno) i odabranog 3D seizmičkog profila.

Figure 1. Geographical position of the study area (darkened circle) and selected 3D seismic profile.



Slika 2. Seizmički profil koreliran s litološkim stupovima na kojima je vidljiva građa seizmičkih sekvensacija te taložni sustav bazenskih lepeza i programacijskih sigmoidalnih formi. Litološki stupovi su načinjeni na temelju karotažnih analiza gdje su svjetlijie sivom bojom prikazani pješčenjaci, a tamnije sivom lapor.

Figure 2. Seismic profile correlated with well logs illustrate the seismic sequence structure and depositional systems of basin fans and progradational sigmoidal forms. Lithology is modelled by well log analyses where light/dark grey color indicate sand/clay content.



Slika 3. Seizmičke amplitudne karte intervala (a) proksimalnih pješčanih lobova te (b) distalnih pješčanih lobova i kanala s pripadajućim taložnim sustavom (taložni sustav prema SZTANO et al., 2012).

Figure 3. Seismic amplitude maps extracted for (a) the proximal sand lobes interval and (b) the distal sand lobes/channel interval associated with the corresponding depositional system (depositional system from SZTANO et al., 2012).

hova zastupljenost povećava u donjem dijelu padine. Seizmički refleksi su niske amplitude i isprekidani, a seizmički presjeci atributa kontinuiteta pokazuju blago sinusoidne kanale. U području šelfa taloženi su pješčenjaci i lapor, a seizmički refleksi su kontinuirani i visoke amplitude.

Na temelju orientacije kanalnih tokova i pripadajućih lobova sedimentni detritus je donošen u taložni prostor iz smjera SZ (Sl. 3). Kanali su ispunjeni pješčenjacima u starijem agradijsko-retrogradijskom taložnom sustavu te laporima i siltitima u mlađem progradijskom sustavu.

Seismostratigrafskom analizom prepoznati su dijelovi unutar sekvencije koji su potencijalna ležišta te potencijalne

matične i izolatorske stijene. Tako su potencijalne zamke pješčenjaci taloženi u sustavu bazenske lepeze i to kao a) proksimalni pješčani lobovi te b) distalni pješčani lobovi i kanali. Matične stijene čine bazenski lapor, a izolatorske stijene su lapor taloženi na padini.

Literatura:

- SZTANO, O., SZAFIAN, P., MAGYAR, I., HORANYI, A., BADA, G., HUGHES, D., HOYER, D. & WALLIS, R. (2012): Aggradation and progradation controlled clinothems and deep-water sand delivery model in the Neogene Lake Pannon, Makó Trough, Pannonian Basin, SE Hungary.– Global and Planetary Change, 103, 149–167.

**The benthic foraminifera *Rectochrysalidina Gusici n. gen., n. sp.*
(family Chrysalidinidae Neagu, 1968) from the Lower Campanian
of Brač Island, Croatia***

**Bentička foraminifera *Rectochrysalidina Gusici n. gen., n. sp.*
(porodica Chrysalidinidae Neagu, 1968) iz donjokampanskih naslaga
otoka Brača, Hrvatska***

Blanka Cvetočić¹ & Felix Schlagintweit²

¹ Department of Geology, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb, Croatia
(bcvetočić@geol.pmf.hr)

² Lerchenauerstr. 167, D-80 935 München, Germany (felix.schlagintweit@gmx.de)

Key words: Benthic foraminifera, Biostratigraphy, Upper Cretaceous, Brač island, Croatia

Ključne riječi: bentičke foraminifere, biostratigrafija, gornja kreda, otok Brač, Hrvatska

The larger benthic foraminifera *Rectochrysalidina gusici* n. gen., n.sp. is described from the lower Campanian Pučišća Formation (GUŠIĆ & JELASKA, 1990; CVETKO TEŠOVIĆ et al., 2001) of the Island of Brač, Croatia. It represents one of the youngest Cretaceous representatives of the Chrysalidinidae emended here with to include test becoming uniserial in the adult stage. One characteristic of the new taxon is represented also by its pseudo-keriothekal wall structure throughout the whole test. *Praechrysalidina infracretacea* might be considered the Lower Cretaceous ancestor of *Rectochrysalidina gusici*. *Rectochrysalidina gusici* has been recognized in packstones and poorly washed-out grainstones of the Pučišća formation containing a diverse association of benthic foraminifera.

Besides, *Fleuryana adriatica* DE CASTRO, DROBNE & GUŠIĆ, 1994, and *Reticulinella fleuryi* CVETKO, GUŠIĆ

& SCHROEDER, 1997, *Rectochrysalidina gusici* represents the third foraminifera described from the Upper Cretaceous of Brač Island. In addition, some of the foraminifera that occur in the same levels as *R. gusici*, are illustrated and shortly commented.

References:

- CVETKO TEŠOVIĆ, B., GUŠIĆ, B., JELASKA, V. & BUCKOVIĆ, D. (2001): Stratigraphy and microfacies of the Upper Cretaceous Pučišća Formation, Island of Brač, Croatia.– Cretaceous Research, 22, 591–613.
GUŠIĆ, I. & JELASKA, V. (1990): Upper Cretaceous stratigraphy of the Island of Brač.– Djela Jugoslavenske Akademije Znanosti i Umjetnosti Zagreb, 69, 1–160.

*slightly modified already presented at the International scientific meeting – 100th birth anniversary of Vanda Kochansky-Devidé

Newly discovered benthic foraminifera from the Lower Campanian of Brač Island, Croatia

Nove bentičke foraminifere otkrivene u donjokampanskim naslagama otoka Brača, Hrvatska

Blanka Cvetko Tešović¹ & Felix Schlagintweit²

¹ Department of Geology, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb, Croatia
(bcvetko@geol.pmf.hr)

² Lerchenauerstr. 167, D-80935 München, Germany (felix.schlagintweit@gmx.de)

Key words: Benthic foraminifera, Biostratigraphy, Upper Cretaceous, Brač island, Croatia

Ključne riječi: bentičke foraminifere, biostratigrafska, gornja kreda, otok Brač, Hrvatska

An almost complete, relatively undisturbed, and well-exposed Upper Cretaceous reference succession of the Adriatic-Dinaridic Carbonate Platform outcrops along the central part of the Croatian Adriatic coast on the Island of Brač. The succession has been subdivided into six lithostratigraphic units (PEJOVIĆ & RADOIČIĆ, 1987; GUŠIĆ & JELASKA, 1990) ranging in age from Cenomanian to Maastrichtian. The Pučišća Formation contains especially rich assemblages of larger benthic foraminifera in the Rasotica and Lovrečina Members and hyaline foraminifera in the Brač Marble Member, which were used for stratigraphic and palaeoenvironmental interpretations (GUŠIĆ & JELASKA, 1990; CVETKO TEŠOVIĆ et al., 2001). According to strontium-isotope stratigraphy data (STEUBER et al., 2005), the Pučišća Formation is mid-Santonian to late Middle Campanian in age. Based on benthic foraminifera, especially *Calveziconus lecalvezae* CAUS & CORNELLA, the samples containing newly discovered benthic foraminifera can be assigned to the lower Campanian (see revised ranges of FRIJIA et al., 2015).

The larger benthic foraminifera *Rectochrysalidina gusici* n. gen., n. sp. is described here from the lower Campanian Pučišća Formation. It represents one of the youngest Cretaceous representatives of the Chrysalidinidae emended here-with to include test that become uniserial in the adult stage. One characteristic of this new taxon is the well-developed pseudo-keriothecal wall structure throughout the entire test. *Praechrysalidina infracretacea* might be a Lower Cretaceous ancestor of *Rectochrysalidina gusici*, which has been observed in packstones and poorly washed-out grainstones containing a diverse association of benthic foraminifera: cuneolinids, orbitolinids, soritids and other miliolids, nezzazatids, coxitids, spirocyclinids, nautiloculinids, textulariaceans, rare rotaliids and others.

Another new larger benthic foraminifera is described as *Lituolipora? jelaskai* n. sp. The genus *Lituolipora* (type-species *L. polymorpha* GUŠIĆ & VELIĆ, 1978) has been so far only reported from the Lower Jurassic. The new discovery might be interpreted in terms of a Lazarus (reappearance as a "Laza-

rus" species) or homeomorphic taxon. The test of *Lituolipora? jelaskai* is free, plani- to streptospirally coiled, mainly involute (with slight umbilical depressions on both sides), exhibiting an alveolar wall structure, and with an uncoiled stage in many individuals. *Lituolipora? jelaskai* has been described from lower Campanian shallow-water foraminiferal packstones and poorly washed-out grainstones of the Pučišća Formation and the uppermost part of the Gornji Humac Formation, which contain a diverse foraminifera assemblage: cuneolinids, orbitolinids, soritids and other miliolids, nezzazatids, coxitids, spirocyclinids, nautiloculinids, textulariaceans, rare rotaliids and others.

Rectochrysalidina gusici and *Lituolipora? jelaskai* (Fig. 1) represent the third and fourth newly described foraminifera from the Upper Cretaceous of Brač Island besides *Fleuryana*

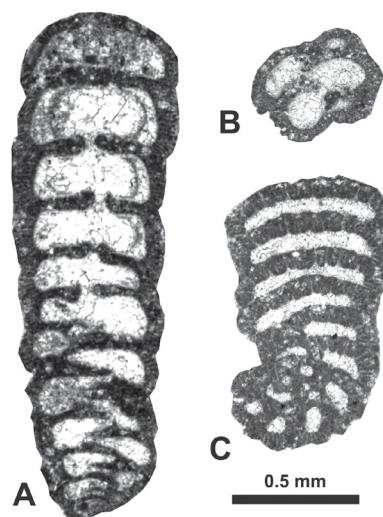


Figure 1. A, B *Rectochrysalidina gusici* n. gen., n. sp. longitudinal section (A) and transverse section of triserial early stage (B). (C) *Lituolipora? jelaskai* n. sp., equatorial section.

Slika 1. A, B *Rectochrysalidina gusici* n. gen., n. sp. uzdužni presjek (A) i poprečni presjek triserijalnog početnog stadija (B). (C) *Lituolipora? jelaskai* n. sp., ekvatorijalni presjek.

adriatica DE CASTRO, DROBNE & GUŠIĆ, 1994, and *Reticulinella fleuryi* CVETKO, GUŠIĆ & SCHROEDER, 1997. Several additional new Lower Campanian orbitolinid foraminifera are currently under investigation.

References:

- CVETKO TEŠOVIĆ, B., GUŠIĆ, B., JELASKA, V., BUCKOVIĆ, D. (2001): Stratigraphy and microfacies of the Upper Cretaceous Pučišća Formation, Island of Brač, Croatia.– Cretaceous Research, 22, 591–613.
- FRIJIA, G., PARENTE, M., DI LUCIA, M. & MUTTI, M. (2015): Carbon and Strontium isotope stratigraphy of the Late Cretaceous (Cenomanian–Campanian) shallow-water carbonates of southern Italy: chronostratigraphic calibration of larger foraminifera biostratigraphy.– Cretaceous Research, 53, 110–139.
- GUŠIĆ, I. & JELASKA, V. (1990): Upper Cretaceous stratigraphy of the Island of Brač.– Djela Jugoslavenske Akademije Znanosti i Umjetnosti Zagreb, 69, 1–160.
- PEJOVIĆ, D. & RADOIČIĆ, R. (1987): Prilog stratigrafiji gornje krede otoka Brača – Jadranška karbonatna platforma.– Geologija, 28/29, 121–150. (In Serbian, English summary).
- STEUBER, T., KORBAR, T., JELASKA, V. & GUŠIĆ I. (2005): Strontium-isotope stratigraphy of Upper Cretaceous platform carbonates of the island of Brač (Adriatic Sea, Croatia): Implications for global correlation of platform evolution and biostratigraphy.– Cretaceous Research, 26/5, 741–756.

Clockwise rotation in the Serbian segment of the Vardar Zone and in the Danubicum of Eastern Serbia – tectonic implication

Rotacija u smjeru kazaljke na satu u srpskom segmentu Vardarske zone i u Danubicum-u istočne Srbije – tektonska implikacija

Vesna Cvetkov¹, Emő Márton², Vesna Lesić³ & Dragana Tomic³

¹ University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Department of Geophysics, Djušina 7, 11 000 Belgrade, Serbia (vesna.cvetkov@rgf.bg.ac.rs)

² Geological and Geophysical Institute of Hungary, Paleomagnetic Laboratory, Columbus u. 17-23, H-1145 Budapest, Hungary (paleo@mfgi.hu)

³ Republic Geodetic Authority, Department of Geomagnetism and Aeronomy, Bul. Vojvode Mišić 39, 11 000 Belgrade, Serbia (vlesic@drenik.net, dragana.tomic@ymail.com)

Key words: Paleomagnetism, tectonics, Vardar Zone, Danubicum, Serbia

Ključne riječi: paleomagnetizam, tektonika, Vardarska zona, Danubicum, Srbija

The Vardar Zone is regarded as a suture between Eurasia and Adria (DIMITRIJEVIĆ, 1997) which came into being during the latest Cretaceous–Early Palaeogene as a consequence of subduction-collision process. In the zone we studied the area which is 120 km long and maximum 45 km wide. From here 20 sites of Oligocene and Early Miocene igneous rocks and 6 localities of Late Cretaceous sediments were sampled. From the Carpatho-Balkanides, in the Danubic unit which is considered by some authors as autochthonous, by others as a nappe system, 8 localities of Late Jurassic and Early Cretaceous limestones were collected. The aim of our study was to find out if the studied areas were involved in large scale displacement during or after the time covered by the samples.

The cores were oriented *in situ* using both geological and sun compass and subjected to standard paleomagnetic measurements and demagnetizations in the laboratory, either in Belgrade or in Budapest. The demagnetization curves were analyzed for linear segments which were used for statistical evaluation on site/locality level. In order to determine if the obtained remanent magnetization for the sediment localities is of pre or post-folding age on locality level and regional level we performed the fold tests.

In the Vardar Zone the site mean directions of the igneous rocks are somewhat scattered yet the overall mean direc-

tion is statistically well defined. The magnetization of the Late Cretaceous sediments is of post folding age and statistically identical to the overall mean direction of the younger igneous rocks both indicating a CW rotation of about 40°. From the Danubicum, we drilled samples from two tectonic slices. The outcropping area is of limited extent on the Serbian side of the River Danube, but, it has a continuation in Romania, where the Jurassic was studied earlier (PANAIOTU et al., 2012). Both the present and the earlier studies for the Jurassic defined remanences of post-deformational age. The overall mean direction for the Danubicum is similar to those for the Vardar zone suggesting that these two areas could have participated in a CW rotation together, in post Early Miocene times. In order to support this conclusion, we plan to extend the research to the area situated between the Vardar Zone and the Danubicum.

References:

- DIMITRIJEVIĆ, M.D. (1997): Geology of Jugoslavia.– Geoinstitut Barex, Beograd, 187 p.
PANAIOTU, C.G., PANAIOTU, C.E. & LAZAR, I. (2012): Remagnetization of Upper Jurassic limestones from the Danubian Unit (Southern Carpathians, Romania): tectonic implications.– Geologica Carpathica, 63/6, 453–461, Bratislava.

Depth estimation of archeological objects using Euler 3D deconvolution of magnetic data

Procjena dubine arheoloških artefakata pomoću 3D dekonvolucije magnetskih podataka

Vesna Cvetkov, Ilija Vasiljević & Mirko Petković

University of Belgrade-Faculty of Mining and Geology, Department of Geophysics, Djušina 7, 11 000 Belgrade, Serbia
(vesna.cvetkov@rgf.bg.ac.rs; iliya.vasiljević@rgf.rs; mirkopetkovic.90@gmail.com)

Key words: Archeology, magnetic data, Euler 3D deconvolution, depth estimation, synthetic and field example

Ključne riječi: arheologija, magnetski podaci, Eulerova 3D dekonvolucija, procjena dubine, sintetski i terenski primjeri

By using magnetic measurements in archeological prospection, information about the size of the locality and quite precise position of the subsurface bodies (walls, floors of houses, trenches...) can be obtained in short time, which considerably decreases the cost of excavation. Euler 3D deconvolution in addition of defining the position of the source of the anomaly, enables quick depth estimation for magnetic data in grid from using Euler's homogeneity relation.

Testing the Standard and the Located Euler 3D methods on synthetic data has shown that by both methods the depth of the magnetic source bodies can be successfully determined. So, the choice of which method should be used is a subjective judgment. Two models were considered. A model of a prism of definite thickness which lies on shallower or deeper depth and a model on which are shown several objects on different depths in an environment which has the value of magnetic susceptibility different from the specified objects. Values of magnetic susceptibility used for the objects and the surrounding environment, were obtained from laboratory measurements made on samples taken from the archeological locality „Kremenite njive” (Serbia).

For sources bodies on shallow depth (0.5 m) both methods give good results, except that the Located method gives exact outline of the objects, while with the Standard method the area covered by the solutions is somewhat larger. In the case when the objects are buried on deeper depth (2 m), for a more precise estimation of the depth better results are obtained with the structural index 1. With the Standard Euler's method the object is well outlined. With the Located method the apexes are well covered with the solutions, but the outlines (edges) of the objects are not well defined. This is corrected by applying the reduction to the pole on magnetic

data before deconvolution. Also, for the model with objects buried on different depths, the edges of all objects are better defined and the depth better estimated after applying the reduction to the pole, although it is stated that the Euler 3D deconvolution is insensitive to magnetic declination, inclination and remanent magnetization (BASTANI & KERO, 2004).

An estimation of the depth of the source body was made by using the Euler 3D deconvolution for two Neolithic localities „Kremenite njive” and „Ovča – Nuz pitrop” (Serbia). On the basis of the test made on synthetic data, Located Euler method was chosen with two levels of peak detection with structural index 0.5 which fits best for the contacts (RIED et al., 1990). Although, on the synthetic models it was possible to determine the edges of the source bodies, on the studied localities they are not clearly outlined. Bearing in mind that the source bodies are of irregular shape, this result is not a surprise. The expected depths to the source bodies at the first locality „Kremenite njive” are between 0.4 m and 0.6 m. At the second locality „Ovča – Nuz pitrop” most of the objects are at the depth of 0.5-0.9 m, respectively in the central zone at the depth of about 1 m. The estimated depths at the second locality are confirmed by archeological coring.

References:

- BASTANI, M. & KERO, L. (2004): Test of the analytical signal technique and Euler deconvolution on Fosmark data. P-04-283 Nuclear Fuel and Waste Management Co., Stockholm, Swedish, 51 p.
- REID, A., ALLSOFT, J., GRANSER, H., MILLETTS, A. & SOMERTON, I. (1990): Magnetic interpretation in tree dimension using Euler deconvolution.– Geophysics, 50/1, 80–91.

Development of a sustainable Minerals Intelligence Network for Europe

Razvoj održive Europske mreže podataka o mineralnim sirovinama

Željko Dedić & Boris Kruk

Croatian Geological Survey, Sachsova 2, Zagreb 10 000, Croatia (zdedic@hgi-cgs.hr)

Key words: data, mineral resources, knowledge base, Europe

Ključne riječi: podaci, mineralne sirovine, baza znanja, Europa

Minerals Intelligence Network for Europe (Minerals4EU) is a project that will provide the most extensive data and high-quality knowledge-based products on mineral resources and their utilization within Europe. The project aims to develop a permanent EU Mineral intelligence network and to publish a European Minerals Yearbook via the internet. The project will produce the most comprehensive European Minerals Yearbook alongside an operational INSPIRE compliant EU Minerals Knowledge Data Platform that will allow all stakeholders to search, view and acquire standardised georesource and related data. It will constitute a new knowledge base of primary and secondary resources in Europe that is interoperable with national databases. The aim of Minerals4EU is to develop a leading European mineral intelligence network which provides the European Commission and relevant stakeholders with the information and expertise to enhance resource efficiency, to improve minerals supply security and to support sustainable minerals development within Europe. Before the end of the Minerals4EU project, a blueprint for the continuation of the network will be developed. It will then provide information and knowledge on mineral resources within Europe to the EC and relevant stakeholders on a regular basis. The information and knowledge will be provided by those most directly involved regional, national, European bodies and private sector data providers and stakeholders.

The Minerals4EU project is designed to meet the recommendations of the Raw Materials Initiative and will develop an EU Mineral intelligence network structure delivering a web portal, a European Minerals Yearbook and foresight studies.

The network will provide data, information and knowledge on mineral resources around Europe, based on an accepted business model, making a fundamental contribution to the European Innovation Partnership on Raw Materials (EIP RM), seen by the Competitiveness Council as key for the successful implementation of the major EU2020 policies.

The Minerals4EU project will firstly establish the EU minerals intelligence network structure, comprising European minerals data providers and stakeholders, and transform

this into a sustainable operational service. Minerals4EU will therefore contribute to and support decision making on the policy and adaptation strategies of the Commission, as well as supporting the security of EU resource and raw materials supply, by developing a network structure with mineral information data and products, based on authoritative of information sources.

The Minerals4EU project is built around an INSPIRE compatible infrastructure that enables EU geological surveys and other partners to share mineral information and knowledge, and stakeholders to find, view and acquire standardized and harmonized georesource and related data.

The target of the Minerals4EU project is to integrate the best available mineral expertise and information based on the knowledge base of member geological surveys and other relevant stakeholders, in support of public policy-making, industry, society, communication and education purposes at European and international levels.

The Minerals4EU consortium possesses the skills and resources to make this the leading European mineral information network structure that will provide tools and expertise to enhance resource efficiency, minerals supply security and support sustainable mineral development for Europe.

Further reading/essential information:

INSPIRE Directive (2007).

<http://inspire.jrc.ec.europa.eu/>

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:10:8:0001:0014:EN:PDF>

INSPIRE Thematic Working Group Mineral Resources (2013): D2.8.III.21 Data Specification on Mineral Resources – Technical Guidelines. 156 p. European Commission Joint research Center Publisher.

http://inspire.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/INSPIRE_DataSpecification_MR_v3.0.pdf

Minerals 4EU project: <http://www.minerals4eu.eu/>

The Raw Material Initiative:

http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/metals-minerals/files/sec_2741_en.pdf

Mineral Resources of Croatia in view of the European projects (Snap-See and Min4EU)

Mineralne sirovine Hrvatske u okviru europskih projekata (Snap-See and Min4EU)

Željko Dedić, Boris Kruk & Ljiljana Kruk

Croatian Geological Survey, Sachsova 2, Zagreb 10 000, Croatia (zededic@hgi-cgs.hr)

Key words: aggregates, planning, project, mineral resources

Ključne riječi: agregati, planiranje, projekt, mineralne sirovine

The planning of aggregates practically does not exist in Croatia. The strategy of mineral raw materials from 2008th year, provides data on the number of exploitation fields, the amount of reserves and exploration from 1998-2006 and estimates of the exploitation are wrong because it is not envisaged economic crisis. There is also no data at the basis of which it can be sufficiently accurately estimate future consumption considering that there is no information on the planning of consumption aggregates in the construction sector. In the spatial plans apart from the basic data of the exploitation of them there is no estimate of future consumption of the construction materials. There are only estimates of the companies individually for their deposits. Experience has shown that due to unstable markets and unreliable companies planning their production plans on an annual basis.

The planning is not effective. The supply and demand is not explicitly expressed. Besides the data of the companies about the planned production of aggregates from their deposits at the annual and five-year level, there is no other specific plan.

The integration across primary and secondary sources is not solved. The inventory for primary aggregates is up to date and comprehensive enough (sufficient important data) and managed by the Mining Authority. The inventory for secondary aggregates is separated (inert waste/mining heaps are managed at the Mining Authority, hazardous waste and C&D wastes are managed at the Environmental Authority). It means that the potential of secondary and primary aggregates could serve good base for more effective aggregates planning.

There is no contribution if we look at planning through the integration of the primary sources and secondary aggregates. If you observe only the planning of the primary of aggregates contribution exists through the implementation of legislation on the environment, nature and the mining industry as well as dispositions for the implementation of spatial plans, but only for each deposits separately.

There is no excellence in the planning, but the new regulations promise to bring substantial improvements. The im-

plementation of new laws on mining, the spatial and the planned construction begins the process of policy making in the sector aggregates.

There is no overlap in legislation and inconsistencies between sectors. However, in the consultation with the Sector of the mining Ministry of economy we have found that there are two sectors that are engaged in the production the natural of aggregates and there is inconsistency in the information flow. According to the mining industry the exploitation of aggregates from river beds and inundation zones carried out by the Water Act. The company that exploits the aggregates according to the Water Act is not required to submit data about the amounts exploited to the competent authorities for mining, which makes an annual record of the exploitation of mineral resources. This leads to a reduced amount of aggregate production that is representative of the Sector of the mining Ministry of economy. The data on reserves of aggregates which are exploited by the Water Act shall be submitted to the national water management inspection, mining inspection and Croatian waters and the amount taken out to the ministry responsible for water management and to the ministry responsible for finance.

The department for mineral resources in Croatian Geological Survey from last few years is involved in few EU projects financed from 7th Framework Programme (FP7-NMP-2013-CSA-7); Coordination and Support Actions (CSA), Programme scheme: NMP2013.4.1-3 (European Intelligence Network on the Supply of Raw Materials) and from Programme: South East Europe, Priority: Protection and improvement of the environment, Area of Intervention: Promote energy & resource efficiency.

In these projects department for mineral resources have developed services and tools for the sustainable management of mineral resources, with an emphasis on stone aggregates. The experience gained working on such projects; department for mineral resources passed the recommendations and guidelines in spatially planning documentation of Croatian counties.

Related information / Further reading:

- MIKO, S., Kruk, B., DEDIĆ, Ž., KOVAČEVIĆ GALOVIĆ, E. & HASAN, O. (2013): How is Planning currently being carried out in Croatia? – SNAP-SEE project, www.snapsee.eu (WP5.1 report).
- MIKO, S., Kruk, B., DEDIĆ, Ž., KOVAČEVIĆ GALOVIĆ, E. & HASAN, O. (2014a): Guidance for Aggregates Planning Questionnaire for Croatia. – SNAP-SEE project, www.snapsee.eu (WP5.2 report).

MIKO, S., Kruk, B., DEDIĆ, Ž., KOVAČEVIĆ GALOVIĆ, E. & HASAN, O. (2014B): Guidance on Aggregates Planning in South East Europe. – SNAP-SEE project, www.snapsee.eu (WP5.2 report).

Minerals 4EU project: <http://www.minerals4eu.eu/>
SNAP-SEE: <http://www.snapsee.eu>

The Sustainable Aggregates Planning in South East Europe

Održivo planiranje kamenih agregata u Jugoistočnoj Europi

Željko Dedić¹, Slobodan Miko¹, Zoltán Horváth² & Katalin Sári²

¹ Croatian Geological Survey, Sachsova 2, Zagreb 10 000, Croatia (zdedic@hgi-cgs.hr)

² Geological and Geophysical Institute of Hungary, Department of Earth Resources, Stefánia Street 14., Budapest, 1143 Hungary (horvath.zoltan@mfgi.hu)

Key words: aggregates, planning, best practices, south east Europe

Ključne riječi: agregati, planiranje, najbolje prakse, jugoistočna Europa

A planning process that clearly serves social needs within a state or region is both a complex and an essential institution. Therefore, the state needs adequate information about the situation of the planning sector for both primary and secondary aggregates, and the best planning methodology and guidance on the steps that lead to sustainable aggregate/mineral resource management. For comprehensive, integrated planning to take place, the location of all text related to aggregates planning and their scope must be determined, as well as how each of the planning modules interrelates and the degree to which the whole contributes to resource efficiency and sustainability. The identified gaps in planning, excellence in planning, overlaps or inconsistencies among sectors, and needs and preferences for both the primary and secondary aggregates sectors are important issues during the analysis of planning cycles in each South East Europe (SEE) countries. Based on the presentation of the state of the planning in SEE partner countries, the best guidance for the sustainable aggregates planning and the joint vision, including the main topics should be developed in the near future, this guidance contributes to more consistent, integrated, resource efficient aggregates planning at the national/regional levels.

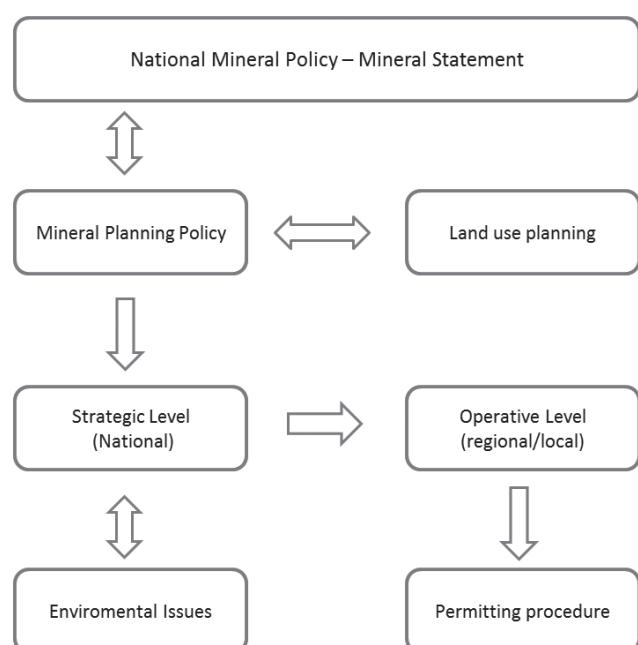


Figure 1. National Mineral Planning Policy (TIESS, 2011; EC 2010).

Slika 1. Nacionalna politika planiranja mineralnih sirovina (TIESS, 2011; EC 2010).

Related information/Further reading:

EUROPEAN COMMISSION (EC), DG ENTERPRISE AND INDUSTRY (2010): Abridged report of the ad-hoc Working Group on Exchanging Best Practice on Land Use Planning, Permitting and Geological Knowledge Sharing.

HORVÁTH, Z., MIKO, S., KATALIN, S. & DEDIĆ, Ž. (2014): A Vision of Best Practices for Aggregates Planning in South East Europe.– Book SNAP-SEE project.

http://snapsee.eu/images/stories/DOCUMENTS/Deliverables_WP5/A_vision_of_Best_Practices_for_Aggregates_Planning_in_SEE.pdf

TIESS, G. (2011): General and International Mineral Policy.– Springer ISBN 978-3-211-89004-2, 630 p.

Hidraulička svojstva pripovršinskih naslaga Podравine

Hydraulic properties of shallow subsurface deposits in Podravina

Željko Duić & Branko Hlevnjak

Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Pierottijeva 6, Sveučilište u Zagrebu, 10 000 Zagreb

Ključne riječi: AC klasifikacija, propusnost, hidraulička vodljivost, specifična površina, zaštita podzemnih voda
Key words: AC classification, permeability, hydraulic conductivity, specific surface, groundwater protection

U sklopu hidrogeoloških istraživanja i izradbe Elaborata o zaštitnim zonama crpilišta na području Podravine načinjena su istraživanja pripovršinskih naslaga. Kako su te pripovršinske tvorevine neposredno izložene mogućim zagadama u tlu, a njihova su svojstva važna i u procesu napajanja podzemnih voda provedena su posebna istraživanja svojstava ovih polupropusnih tvorevina s ciljem primjerene identifikacije raspodjele realnih numeričkih vrijednosti propusnosti ovih naslaga, odnosno njihove hidrauličke vodljivosti te specifične površine. Ključnu ulogu u takvim istraživanjima posvećena je prospektorskom bušenju i AC klasifikaciji tla, dakle istraživanjima koja su najprikladnija za ustvrdjivanje stvarnih matričnih svojstva tla. S tim ciljem izvedeno je nekoliko desetaka plitkih prospektorskih bušotina. Njihove lokacije izabrane su tako da po jedna bušotina bude na lokaciji zdenaca pojedinih crpilišta, a ostatak u nekoliko profila. Pri bušenju je provedena terenska AC i hidrogeološka klasifikacija uzorka odmah nakon izvlačenja uzorka na površinu. Spomenuta istraživanja su glavna osnovica za identifikaciju svojstava tla i izračun veličine parametara tla o kojima ovisi zadržavanje i slabljenje potencijalnih onečišćivača podzemnih voda. U tom je smislu ovdje ukratko predočen sažetak dijela istraživanja o pitanjima strujanja podzemne vode kroz polupropusne naslage i ozračenu sredinu, odnosno istraživanja matričnih obilježja, propusnosti i specifične površine pripovršinskih naslaga kao važnih čimbenika u procesu zadržavanja onečišćivača pri toku kroz podzemlje.

Plitke pripovršinske naslage na području Podravine odnosno na području pružanja Dravskog vodonosnika su polupropusnoga karaktera. Izgrađene su od praha, gline i prašinastoga pijeska. Debljina im je vrlo raznolika, a osim toga rašireni su facijalni prijelazi pojedinih tvorevina. U njima je formirana saturirana sredina sa slobodnom površinom na kojoj se odvija infiltracija padalina i evapotranspiracija. Pri tome vodna ploha mjestimice zaliježe u pojasu polupropusnih praškastih tvorevina, a mjestimice u pojasu propusnih pijesaka. U uvjetima eksploatacije podzemnih voda iz niže položenog zahvaćenoga vodonosnika polupropusni sloj ima funkciju izvornoga sloja preko kojega se odvija obnavljanje podzemnih voda infiltracijom padalina (URUMOVIĆ et al., 2005).

Na temelju terenskih zapažanja i AC klasifikacije moguća je dobra procjena matričnih svojstava tla i sadržaja osnovnih frakcija što ustvari može poslužiti za ozbiljnu teorijsku analizu matričnih svojstava i realan izračun parametara, odnosno

moguće je kvalitativnu stručnu ocjenu nabušene tvorevine preobraziti u realnu numeričku vrijednost onih parametara o kojima ovisi zadržavanje i slabljenje onečišćenja.

Pri takvoj kvalitativnoj i kvantitativnoj prosudbi o brojnim fizikalnim značajkama tla korišten je trokutni dijagram koji su za slične potrebe konstruirali SHIRAZI & BOERSMA (1984). To je troosni teksturni dijagram statističke raspodjele pijeska, praha i gline, koji se naslanja na USDA klasifikacijsku shemu (Sl. 1). U njemu se tlo prikazuje prema statističkim obilježjima raspodjele sadržaju čestica različite veličine, a grafička predodžba temelji se na dva osnova zapažanja. Prvo je da se raspodjela čestica najbolje predočava pomoću logaritma veličine njihova promjera, druga da odnos broja čestica danoga promjera (odnosno raspona promjera) s logaritmom toga promjera približno slijedi normalnu statističku raspodjelu, pa se može aproksimirati s Gaussovom distribucijskom funkcijom.

Stohastičkom analizom distribucije pora u tlu može se izvesti relacija:

$$K_z h_{uz}^2 = \text{konst.} \quad (1)$$

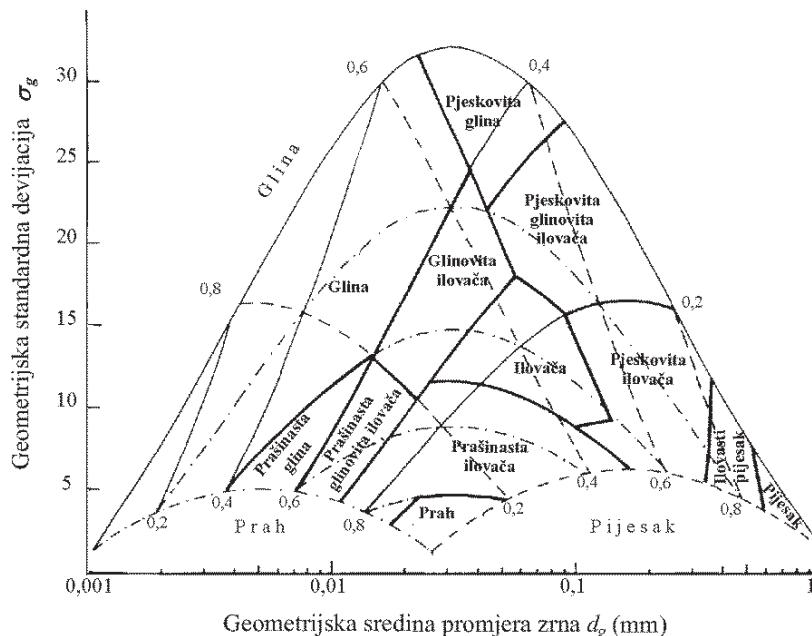
pomoću koje se može izračunati hidraulička vodljivost sitnozrnatih tvorevina kao funkcija granulometrijskoga sastava i sukcijskih svojstava tla različite konzistencije (HILLEL, 1980, CAMPBELL & CAMPBELL 1982, URUMOVIĆ, 2003). Jednadžbu za izračun hidrauličke vodljivosti prema sadržaju praha i gline predložili su CAMPBELL & CAMPBELL (1982) naslanjajući se na BLOEMENOVU (1980) usporedbu zasićene hidrauličke vodljivosti i potencijala ulaska zraka na temelju funkcije raspodjele veličine čestica. Ta jednadžba u originalnom je obliku:

$$K_z^* = C \exp[-6,9m_g - 3,7m_p] \quad (2)$$

gdje su m_p i m_g dijelovi mase praha i gline, hidraulička vodljivost $K_z^* = K/g$, pa je izražena u kg s m^{-3} . Konstanta $C=4*10^{-3}$ kg s m^{-3} ima najbolju podudarnost rezultata prema podacima iz više izvora.

Vrijednost hidrauličke vodljivosti može se dovesti u svezu sa specifičnom površinom preko pojma hidrauličkoga polumjera. Naime, hidraulički polumjer poroznoga medija R_H može se izraziti odnosom obujma pora V_p i ovlažene površine krutine, A_k :

$$R_H = \frac{V_p}{A_k} = \frac{1}{f_p} = \frac{n}{(1-n)f_k} = \frac{n}{f_u} \quad (3)$$



Slika 1. Grafička predodžba sitnozrnatih tvorevina s obzirom na geometrijsku sredinu promjera i standardnu devijaciju veličine zrna u sklopu USDA klasifikacije (SHIRAZI & BOERSMA, 1984, preuzeto iz URUMOVIĆ, 2003).

Figure 1. Graphical representation of fine grain formation with respect to the geometric mean diameter and standard deviation of the grain size within the USDA classification (SHIRAZI & BOERSMA, 1984, from URUMOVIĆ, 2003).

gdje indeksi «p», «u» i «k» označavaju pore, tj. šupljine (ispunjene vodom), ukupni obujam i krutinu. Hidraulički polumjer, odnosno specifična površina može se uključiti u funkciju propusnosti odnosom:

$$k = Cn \left[\frac{1}{f_p} \right]^2 = C \frac{1}{f_k^2} \frac{n^3}{(1-n)^2} \quad (4)$$

dakle jednadžbom koja je identična klasičnoj Kozeny-Carmanovoj formuli, uz $C = c_0\tau$ dakle jednadžbom koja je identična klasičnoj Kozeny-Carmanovoj formuli, uz $C = c_0\tau = 1/5$ (gdje je c_0 konstanta, a τ koeficijent vijugavosti). Iz ovih odnosa se mogu izračunati sukcijске veličine pripovršinskih polupropusnih naslaga i njihova hidraulička vodljivost te specifična površina i to kako na temelju terenskih identifikacija svojstava jezgre iz prospektorskih bušotina tako i prema podacima o laboratorijskim analizama sitnoklastičnih tvorevina iz geometričkih bušotina.

Općenito se može zaključiti da su se na temelju relativno jednostavnih prospekcija i teorijske rasprave o njihovome značenju može polučiti dobro upoznavanje svojstava i hidrogeoloških parametara pripovršinskih polupropusnih naslaga. U konačnom izračunu hidrauličke vodljivosti valja pretpostaviti i varijante konzistencije naslaga. Jedna se odnosi na normalne pripovršinske tvorevine koje bi mogle odgovarati naslagama

povremeno obrađivanoga tla i općenito naslagama s manjom gustoćom krutine, a druga za geološki konsolidirane tvorevine, odnosno za naslage na većoj dubini, pa prema tome očekivane vrijednosti predočavaju mogući raspon veličine odnosnoga parametra. Također posebna pozornost treba se dati otkrivanju pojave minerala glina, odnosno stvarnoj zaglinjenosti sitnozrnatih tvorevina.

Literatura:

- BLOEMEN, G.W. (1980): Calculation of hydraulic conductivities of soils from texture and organic matter content. Zeitschr.– Pflanzenernaerung Bodenkunde, 143, 581–605.
- CAMPBELL, G.S. & CAMPBELL, M.D. (1982): Irrigation scheduling using soil moisture measurement: theory and practice.– Advances in Irrigation, 1, 25–42.
- HILLEL, D. (1980): Fundamentals of Soil Physics.– Academic Press, New York.
- SHIRAZI, M.A. & BOERSMA, L. (1984): A unifying quantitative analysis of soil texture.– Soil Sci. Soc. Am. J., 48, 142–147.
- URUMOVIĆ, K. (2003): Fizikalne osnove dinamike podzemne vode.– Sveučilište u Zagrebu Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.
- URUMOVIĆ, K., HLEVNIJAK, B., DUIĆ, Ž. & DRAGOJEVIĆ, D. (2005): Crpilište Vinogradi.– Elaborat o zaštitnim zonama izvorišta. Fond stručnih dokumenata Vodovoda – Osijek.

Prilozi poznavanju tektonskog kontakta Tisije i Vardarske zone

Towards the understanding of tectonic contact Tisza Mega-unit and Vardar Zone

Ivan Dulić, Milena Dunčić, Alan Vranjković, Olivera Popov, Goran Bogičević & Janko Sovilj

NTC NIS-NAFTAGAS d.o.o. Novi Sad, Put Šajkaškog odreda 9, 21 000 Novi Sad, Srbija

Ključne riječi: Tisija, Vardarska zona, tektonski kontakt, Bačka, Banat

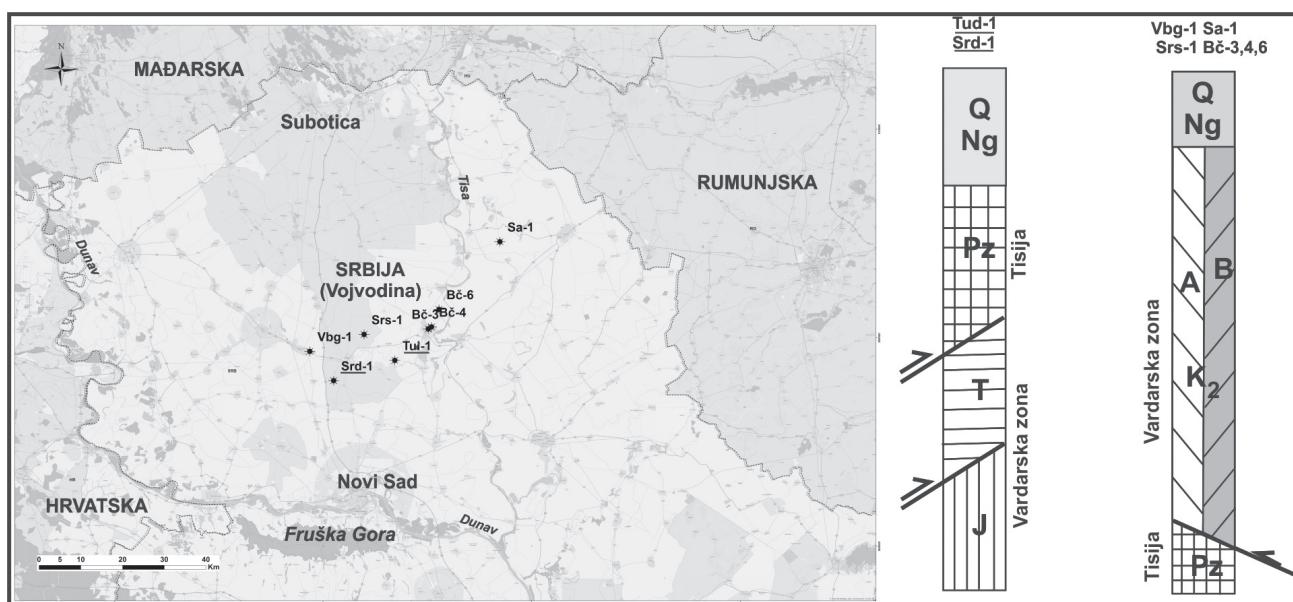
Key words: Tisza Mega-Unit, Vardar Zone, tectonic contact, Bačka, Banat

Podina neogeno-kvartarnog kompleksa Panonskog bazena na području sjevernog dijela Srbije predstavljena je paleozojskim granit-metamorfnim kompleksom Tisije i mezozojskim formacijama Vardarske zone, čiji pokrivač čine različite gornjokredno-paleogenske formacije (KEMENCI & ČANOVIĆ, 1987, ČANOVIĆ & KEMENCI, 1988, KEMENCI & ČANOVIĆ, 1997, ČANOVIĆ & KEMENCI, 1999). Prema mnogim autorima, granit-metamorfni kompleks Tisije predstavlja sastavni dio kompozitnog terena Tisija, u sklopu kojeg se nalaze tri razdvojene geodinamske jedinice: Meček (Meček i Solnok jedinica), Bihor (Vilanji-Bihor zona) i Kodru (Donja i Gornja Kodru navlaka). Prema geotektonskoj raspodjeli sjevernog dijela Balkanskog prostora (KARAMATA et al., 1997, ROBERTSON et al., 2009), jedinice Vardarske zone odgovaraju Zapadnom pojusu Vardarske zone

i Glavnoj Vardarskoj zoni. Zapadni pojus Vardarske zone (Eksterna Vardarska zona, prema DIMITRIJEVIĆ, 1995) je u velikoj mjeri ekivalent Sava zone, dok Glavna Vardarska zona odgovara Istočnim Vardarskim ofiolitima, kao sastavnom dijelu Karpato-balkanskog orogena (SCHMID et al., 2008).

Od posebnog značaja za razmatranja kompleksnih strukturno-tektonskih odnosa Tisije i Vardarske zone na prostoru Vojvodine su geološki podaci dobijeni bušenjem nekoliko istražnih bušotina za naftu i plin (Sl. 1). Krakter tektonskog kontakta paleozojskih metamorfita Tisije i mezozojskog kompleksa Vardarske zone bilo je moguće detaljnije proučavati i na seizmičkim profilima u južnoj Bačkoj i srednjem Banatu.

U pojedinim buštinama južne Bačke, ispod paleozojskog granit-metamorfnog kompleksa Tisije su nabušene me-



Slika 1. Geografski položaj i shematski geološki stubovi razmatranih istražnih bušotina Vojvodine. Glavne razmatratane jedinice: Pz, paleozojski metamorfiti Tisije; T, vagnenačko-dolomitni trijaski kompleks Vardar zone; J, serpentiniti, serpentinizirani peridotiti i škriljavci jurskog ofiolitskog kompleksa; K2-A, gronjokredna vulkanogeno-sedimentna serija; K2-B – gornjokredni fliš; Ng,Q, lapor, vagnenci, pješčenjaci i glinci ispune Panonskog bazena.

Figure 1. Geographical location and schematic geological columns of contemplated exploration wells in Vojvodina. Major investigated units: Pz, Paleozoic metamorphic Tisza unit; T, limestone's and dolomites of Triassic Vardar zone complex; J, serpentinite, serpentised peridotites and schist from Jurassic ofiolite complex; K2-A, Upper Cretaceous volcano-sedimentary series; K2-B – Upper Cretaceous flysch complex; Ng,Q, marls, limestones, sandstones and mudstones of Pannonian basin infill.

zozojske formacije Vardarske zone, kao što je slučaj u buštinama Tud-1 (Turija duboko-1) i Srd-1 (Srbobran duboko-1). Buštinom Tud-1, ispod paleozojskog kompleksa Tisije su dokumentirani vapnenci srednjeg trijasa, a poslije trijasa je nabušen jurski ofiolitski kompleks. Stijene jurskog ofiolitnog kompleksa su predstavljene kvarc-albit-klorit-sericitskim škriljavcima, amfibolskim škriljavcima, amfibolitima, serpentiniziranim peridotitima, serpentinitima i drugim bazičnim i ultrabazičnim magmatskim stijenama. U buštoni Srd-1 (Srbobran duboko-1), u podini neogeno-kwartarnog kompleksa je izdvojeno nekoliko paketa, koji predstavljaju navlake. To su: paleozojski metamorfiti i granitoidi Tisije, u ljudskavim strukturama sa stijenama niskometamorfirane vulkanogeno-sedimentne serije srednjeg do gornjeg trijasa Vardarske zone, ispod koje su nabušene stijene jurskog ofiolitskog kompleksa.

U nekim buštinama prostora južne Bačke (kao što su bušotine Vbg-1 – Vrbas grad-1 i Srs-1 – Srbobran sever-1) iznad granit-metamorfnog kompleksa Tisije tektonski je navučen gornjokredni vulkanogeno-sedimentni kompleks, kojeg karakterizira izmjena sedimenata s bazičnim vulkanitima i tufovima. To su hemipelagički i pelagički sedimenti s dijabazima, spilitima i drugim piroklastičnim stijenama, za koje je mikropaleontološki dokumentirana kampan-mastrichtska starost. Izdvojena formacija je karakteristična za Sava zonu (Zapadni pojas Vardarske zone), koja predstavlja „suture zone“ između Tisijsko-dakijske jedinice i unutarnjeg dijela Dinarida (SCHMID et al., 2008).

U pojedinim buštinama na području južne Bačke i sjevernog Banata iznad granit-metamorfnog kompleksa Tisije su utvrđene i druge formacije gornje krede Vardarske zone, čiji odnos nije jasno definiran. Tako je na području sjevernog Banata u buštoni Sa-1 (Sajan-1) iznad paleozojskih metamorfta dokumentirana gornjokredna (kampska) karbonatno-klastična serija, koja je predstavljena izmjenom konglomeratičnih arkoznih pješčenjaka, sa subarkozama, siltovima i vapnencima razorenih grebena. U oblasti južne Bačke, u buštinama kod Bečeja (bušotine Bč-3, Bč-4 i Bč-6) se iznad paleozojskih metamorfta i granitoida Tisije nalaze gornjokredno-paleogeni flišni sedimenti, predstavljeni u ovom dijelu istražnog područja izmjenjivanjem pješčenjaka, siltova, lapora i glinaca.

Rezultati dosadašnjih proučavanja tektonskog kontakta Tisije i Vardarske zone na prostoru Vojvodine su pokazali da se mogu razlikovati dva karakteristična tipa tektonskih odnosa ove dvije geotektoniske jedinice.

Prvi slučaj je da su stijene paleozojskog granit-metamorfnog kompleksa Tisije tektonski navučene preko stijena trijaskog i jurskog kompleksa Vardarske zone, što je dokumentirano u buštinama Tud-1 i Srd-1 u južnoj Bačkoj. Takođe, dokazano je da se trijaski i jurski kompleks Vardarske zone u

ovim buštinama nalaze međusobno u složenim tektonskim odnosima (stijene trijaskog kompleksa su tektonski navučene preko stijena jurskog ofiolitnog kompleksa).

Drugi slučaj je da su na paleozojski granit-metamorfnog kompleks Tisije tektonski navučene gornjokredne formacije Vardarske zone, koje su predstavljene vulkanogeno-sedimentnom serijom s hemipelagičkim i pelagičkim sedimentima i produktima bazičnog vulkanizma (bušotine Vbg-1 i Srs-1 u južnoj Bačkoj), karbonatno-klastičnom serijom (bušotina Sa-1 u severnom Banatu) i flišnim sedimentima (bušotine Bč-3, Bč-4 i Bč-6 u južnoj Bačkoj).

Priloženi geološki podaci o geodinamskom odnosu Tisije i Vardarske zone dijelom se mogu promatrati i s aspekta tektonskog modela, koji su za Panonski bazen postavili TARI & HORVÁTH (2006).

Literatura:

- ČANOVIC, M. & KEMENCI, R. (1988): Mezozoik podine Panonskog basena u Vojvodini.– Matica Srpska, str. 337, Novi Sad.
- ČANOVIC, 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 of Vojvodina.– Acta Geologica Hungarica, 42/4, 427–449, Budapest.
- DIMITRIJEVIĆ, M.D. (1995): Geologija Jugoslavije.– Geoinstitut, 205 str., Beograd.
- 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.– U: PAPANIKOLAOU, D. (ur.): Annales géologiques des pays Helléniques, IGCP Project, 276. Terrane maps and terranes prescriptions, Panepistimiopolis, Athines, 157, 429–477.
- KEMENCI, R. & ČANOVIC, M. (1987): Flysches of Vojvodina, the Torda flysch.– U: DIMITRIJEVIĆ, D.M. & DIMITRIJEVIĆ, M.N. (ur.): Turbiditic basins of Serbia, Monographs DLXXVI, Depart. Nat. Mat. Sci., Serbian Acad. Sci. Arts, Belgrade.
- KEMENCI, R. & ČANOVIC, M. (1997): Geologic Setting of the Pre-Tertiary basement in Vojvodina (Yugoslavia). Part I: The Tisza Mega-Unit of North Vojvodina.– Acta Geologica Hungarica, 40/1, 1–36, Budapest.
- ROBERTSON, A., KARAMATA, S. & ŠARIĆ, K. (2009): Overview of ophiolites and related units in the Late Palaeozoic-Early Cenozoic magmatic and tectonic development of Tethys in the northern part of Balkan region.– Lithos, 108, 1–36.
- SCHMID, R., BERNOULLI, D., FÜGENSCHUH, B., MATENCO, L., SCHEFFER, S., SCHUSTER, R., TISCHLER, M. & USTASZEWSKI, K. (2008): The Alps-Carpathians-Dinarides-connection: a correlation of tectonic unit.– Swiss Journal of Geosciences, 101, 1, 139–183.
- TARI, C.G. & HORVÁTH, F. (2006): Alpine Evolution and Hydrocarbon Geology of the Pannonian Basin: An Overview.– U: GOLONKA, J. & PICHA, F.J. (ur.): The Carpathians and their foreland: Geology and hydrocarbon resources: AAPG Memoir, 84, 605–618.

Preliminarna istraživanja miocen-pliocenskih progradacijskih serija jugoistočnog dijela panonskog bazena

Preliminary study of Miocene-Pliocene progradational series from southeastern part of Pannonian Basin

Ivan Dulić, Alan Vranjković, Goran Bogićević, Majda Pađen & Marina Galamboš

NTC-NIS Naftagas, Put Šajkaškog odreda 9, 21 000 Novi Sad, Srbija

Ključne riječi: mlađi miocen, pliocen, progradacijske serije, jugoistočni obod Panonskog jezera, sub-bazeni i depresije Srijema, Banata i Bačke

Key words: Late Miocene, Pliocene, progradational series, southeastern margins of Pannonian lake, sub-basin and depressions of Srijem, Banat and Bačka

Krajem srednjeg miocena prostor marinskog Parathetys-a postaje izolirano jezero (RÖGL & STEININGER, 1983, RÖGL, 1998). Panonsko jezero predstavljalo je veliko, brakično vodeno tijelo, koje je prekrivalo Panonski bazen (MAGYAR et al., 1999). Usporavanjem rate subsidencije tijekom mlađeg miocena započelo je zapunjavanje Panonskog bazena progradirajućim klastičnim sistemima (MAGYAR et al., 1999, KOVACIĆ et al., 2004).

Na osnovu višegodišnjih istraživanja miocensko-pliocenskih progradacijskih serija središnjeg i jugozapadnog dijela Panonskog bazena na prostoru Mađarske i Hrvatske (MAGYAR et al., 1999, 2013, KOVACIĆ et al., 2004, POPOV et al., 2006, VRBANAC et al., 2010, SZTANÓ et al., 2012), izdvojeni su osnovni principi i karakteristike rasprostranjenja definiranih progradacija. Tijekom mlađeg miocena i mlađeg pliocena glavna distribucija sedimenata na prostoru Panonskog bazena predisponirana je deltnim kompleksima koji su s prostora Istočnih Alpi i Zapadnih Karpata progradirali u pravcu jugoistoka. Definirane progradacijske serije dosežu debljinu i do 500 m na području Mako troga (JUHÁSZ et al., 2007).

Za razliku od progradacijskih serija u Mađarskoj i Hrvatskoj, progradacijske serije sub-bazena i depresija Srijema, Banata i Bačke položenih uz jugoistočnu obalu Panonskog jezera, nisu bile predmet posebnih proučavanja.

Preliminarna istraživanja su pokazala da se na osnovu vremena stvaranja, izvora klastičnog materijala i pravca transporta, geometrije i litoloških karakteristika, mogu izdvojiti tri osnovne grupe progradacijskih serija: progradacijske serije grupe A, B i C.

Na krajnjem južnom i jugoistočnom dijelu Panonskog bazena, u mlađem miocenu i pliocenu je formirano nekoliko progradacijskih serija (progradacijske serije grupe A), čija geneza se manje ili više vezuje za izdizanje Južnih Karpata (i Vršačkih planina) i novoformiranog gorja na južnom obodu bazena. Generalno, mogu se izdvojiti progradacijske serije Južnog Banata i Istočnoslavonsko-srijemske progradacijske serije.

Progradacijske serije Južnog Banata su migrirale iz pravca istoka, jugoistoka i juga, relativno su manje dužine, ali velelike debljine (i do 1000 m). Uglavnom su konkordantne sa laporima gornjeg panona, a iznad njih su taloženi pliocenski i kvartarni sedimenti. Litološki su predstavljene laporovito-pjeskovitim i pjeskovitim sedimentima, sa konglomeratičnim proslojcima ili debljim konglomeratima.

Progradacijske serije Semberije i Mačve, koje, generalno, iz pravca juga zapunjavaju Slavonsko-srijemske depresiju su manje debljine (200-400 m), a dužeg rasprostranjenja. Uglavnom su konkordantne sa laporima starijeg dijela donjeg ponta, a iznad njih su taloženi pjeskovito-laporoviti, pjeskoviti i konglomeratični sedimenti gornjeg ponta. Progradacijske serije su uglavnom izgrađene od laporovito-pjeskovitih i pjeskovitih sekvenci sa tanjim konglomeratičnim proslojcima i lećama.

Svojom dinamikom (promijene u pravcu prinosa materijala, smjene agradijacijskih i progradacijskih faza, erozijske diskordancije) naročito se ističu progradacijske serije istočnog Srijema i zapadnog dijela Južnog Banata (šira okolica Beograda).

Progradacijska serija grupe B predstavlja izdvojene progradacije, koje pravcem transporta materijala gravitiraju ili su razvijene u sklopu dubokih depresija, kao što su Markovačka depresija u Moravskom rovu ili Kisačka i Melenačka depresija u Bačkoj i Srednjem Banatu. Uglavnom su konkordantne s laporima starijeg dijela donjeg ponta, a iznad njih su taloženi pjeskovito-laporoviti, pjeskoviti i konglomeratični sedimenti gornjeg ponta. Progradacijske serije su najvećim dijelom izgrađene od laporovito-pjeskovitih i pjeskovitih sekvenci, u koje su vrlo rijetko interkalirana tanja konglomeratična lećasta tijela. Njihova debljina se kreće u rasponu od 200 do 400 m. Rijetko sadrže ostatke makrofaune, mikrofaune, kao i asocijacije fitoplanktona kaspibrakičnog karaktera. U asocijaciji spora i zrna polena, koja su najčešće jako oštećena, dominiraju predstavnici mezofilnih šuma.

Kao posebna, izdvojena je progradacijska serija, koja iz Rumunjske, duž Tomnatek depresije migrira iz pravca

sjeveroistoka, a istočno od strukture Kikinda se sudara sa velikom progradacijom, koja migrira iz pravca sjeverozapadne Mađarske (progradacijska serija grupe C). Preliminarna istraživanja su pokazala da su ove dvije progradacije formirane istovremeno i da su veoma sličnih karakteristika. Važno je istaknuti da se u pličim dijelovima ove progradacijske serije, pored ostataka faune i fitoplanktona kaspibrakičnog karaktera, javlja i fitoplankton slatkovodnog karaktera (*Mougeotia* sp., *Spirogira* sp.). Mlađe dijelove progradacijske serije karakterizira asocijacija spora i polenskih zrna kopnene vegetacije u kojoj su često zastupljeni predstavnici zeljaste močvarne vegetacije (*Pagophyllum* sp., *Miryophyllum* sp., *Tipha* sp., *Phragmites* sp. i dr.).

Na osnovu analize prostornog rasporeda progradacijskih serija jugoistočnog dijela Panonskog bazena, zaključeno je da se kao osnovni izvor klastičnog materijala mogu izdvojiti tri glavna područja.

Klastični detritus koji gradi progradacijske serije Južnog Banata, Moravskog rova, Posavine i Srijema (progradacijske serije grupe A), nastao je mehaničkom erozijom novoformiranog kopna, koje danas ulazi u sastav Južnih Karpati, Vršačkih planina i Balkana.

Novoformirani otoci su osnovni izvor klastičnog materijala, koji učestvuje u građi progradacijskih serija mlađemiocensko-pliocenskih depresija Bačke i Srednjeg Banata (progradacijske serije grupe B). Veoma je interesantno istaknuti, kada promatramo današnju Frušku goru, da su progradacijske serije formirane samo na njenim sjevernim obroncima. Na seizmičkim profilima, koji presijecaju južni obod ove planine, nije utvrđeno prisustvo progradacijskih serija.

Klastični sedimenti, koji grade progradacijsku seriju grupe C, duž Tomnaticek depresije u Banatu, vode porijeklo sa novoformiranog kopna koje danas ulazi u sastav Apuzena u Rumunjskoj.

Potrebno je još jednom istaknuti, da su ovakvi zaključci doneseni samo na osnovu prostornog rasporeda progradacijskih serija i preliminarnih sedimentoloških i paleontoloških

istraživanja. Detaljne sedimentološke i petrološke analize i sigurniji zaključci oko izvora klastičnog materijala za formiranje progradacijskih serija su još uvijek pred nama.

Literatura:

- JUHÁSZ, GY., POGÁCSÁS, GY., MAGYAR, I. & VAKARCS, G. (2007): Tectonic versus climatic control on the evolution of fluvio-deltaic systems in a lake basin, Eastern Pannonian Basin.– Sedimentary Geology, 202, 72–95, Elsevier.
- KOVAČIĆ, M., ŽUPANIĆ, J., BABIĆ, LJ., VRŠALJKO, D., MIKNIĆ, M., BAKRAĆ, K., HEĆIMOVIĆ, I., AVANIĆ, R. & BRKIĆ, M. (2004): Lacustrine basin to delta evolution in the Zágorje Basin, a Pannonian sub-basin (Late Miocene: Pontian, NW Croatia).– Facies, 50/1, 19–33, Springer Berlin Heidelberg.
- MAGYAR, I., GEARY D., MÜLLER P., (1999): Paleogeographic evolution of the Late Miocene Lake Pannon in Central Europe.– Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 147/3–4, 151–167, Elsevier.
- MAGYAR, I., RADIVOJEVIĆ, D., SZTANÓ, O., SYNAK, R., UJSZÁSZI, K. & PÓCSIK, M., (2013): Progradation of the paleo-Danube shelf-margin progradation across the Pannonian Basin during the Late Miocene and Early Pliocene.– Global and Planetary Change, 103, 168–173, Elsevier.
- POPOV, S., SHCHERBA, I., ILYINA, L., NEVESSKAYA, L., PARAMONOVA, N., KHONDKARIAN, S. & MAGYAR, I. (2006): Late Miocene to Pliocene palaeogeography of the Paratethys and its relation to the Mediterranean.– Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 238, 91–106, Elsevier.
- RÖGL, F. & STEININGER, FF. (1983): Vom Zerfall der Tethys zu Mediterraund Paratethys.– Ann Naturhist Mus Wien, 85/A, 135–163, Wien.
- RÖGL, F. (1998): Paleogeographic considerations for Mediterranean- and Paratethys seaways (Oligocene to Miocene).– Ann Naturhist Mus Wien, 99/A, 279–310, Wien.
- SZTANÓ, O., SZAFIÁN, P., MAGYAR, I., HORÁNYI, A., BADA, G., HUGHES, D., HOYER, D. & WALLIS, R. (2013): Aggradation and progradation controlled clinotherms and deep-water sand deliverymodel in the Neogene Lake Pannon, Makó Trough, Pannonian Basin, SE Hungary. – Global and Planetary Change, 103, 149–167, Elsevier.
- VRBANAC, B., VELIĆ, J. & MALVIĆ, T. (1996): Sedimentation of deep-water turbidites in the SW part of the Pannonian Basin.– Geol. Carpathica, 61/1, 55–69, Bratislava.

Relation of lithified terra rossa-like infillings in limestone cracks and cavities to red paleosols on limestone at the base of the loess sequence on Susak: a high-resolution depth and chronological approach

Odnos litificiranih ispuna sličnih terra rossi u pukotinama i šupljinama vapnenaca i crvenih paleotala na vapnencima u najdonjem dijelu lesne sekvence na Susku: dubinski i kronološki pristup visoke rezolucije

Goran Durn¹, Lara Wacha², Manfred Frechen³, Christian Rolf³, Neven Tadej¹, Mateja Sedak¹, Sumiko Tsukamoto³, Vedran Rubinić⁴ & Stjepan Husnjak⁴

¹ University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Pierottijeva 6, HR-10 000 Zagreb, Croatia

² Croatian Geological Survey, Sachsova 2, HR-10 000 Zagreb, Croatia

³ Leibniz Institute for Applied Geophysics, Stilleweg 2, 30655 Hannover, Germany

⁴ University of Zagreb, Faculty of Agriculture, Svetosimunska 25, HR-10 000 Zagreb, Croatia

Key words: red paleosols, terra rossa-like infillings in limestone cracks and cavities, high-resolution depth and chronological approach, Susak

Ključne riječi: crvena paleota, ispune slične terra rossi u pukotinama i šupljinama vapnenca, dubinski i kronološki pristup visoke rezolucije, Susak

Cracks and cavities in Senonian limestones on the island of Susak are often filled by lithified terra rossa-like materials. We consider them residues of the oldest paleosol(s) on the island. The same surface is covered by up to 90 m of loess intercalated with many paleosols and at least three tephra layers. The lowermost red paleosol up to 100 cm thick covers the carbonate bedrock. Within this paleosol, E, EBt and Bt horizons were recognized. The clay mineral fraction of this paleosol contains illitic material, 14 Å clay minerals, kaolinite and mixed layer clay minerals. From the mineralogical and geochemical view point two different types of lithified terra rossa are situated within cracks and cavities of limestone. Compared to the first one which after removing secondary carbonates contains kaolinite, mixed-layer clay minerals and illitic material as main mineral phases (lithified terra rossa 1), the second one is after removing secondary carbonates enriched in gibbsite, boehmite, kaolinite and haematite (lithified terra rossa 2). The three red paleosols also show distinctive Fe_d/Fe_t and Fe_o/Fe_d values and specific Al/Si, La/Ce and U/Th, molecular ratios which we use as weathering and/or provenance indicators. The first dating study of the loess – palaeosol sequence on Susak was performed by WACHA et al. (2011 a, b) and showed that most of the exposed sedimentary record can be correlated with oxygen isotope stages (OIS) 5 to 2. A

more detailed dating study is in progress. With the means of IRSL dating methods and high-resolution palaeomagnetic measurements we will try to provide age(s) of the lowermost red paleosol that covers the carbonate bedrock and acquire new information about lithified red paleosol(s) in limestone cracks and cavities. The first IRSL measuring tests show dose saturation which could indicate a very old age of the red paleosol that covers the carbonate bedrock (beyond the limits of the method) but more measurements are needed and are in progress. Also, the first palaeomagnetic data for lithified terra rossa containing gibbsite and boehmite are far away from the present (Quaternary) magnetic field which is recorded in the loess/paleosol sequence.

References:

- WACHA, L., MIKULČIĆ PAVLAKOVIĆ, S., NOVOTHNY, Á., CRNJAKOVIĆ, M. & FRECHEN, M. (2011a): Luminescence Dating of Upper Pleistocene Loess from the Island of Susak in Croatia.– Quaternary International, 234/ 1–2, 50–61.
 WACHA, L., MIKULČIĆ PAVLAKOVIĆ, S., FRECHEN, M. & CRNJAKOVIĆ, M. (2011b): The Loess Chronology of the Island of Susak, Croatia.– Quaternary Science Journal (E&G), 60/1, 153–169.

The influence of Fe-oxides and organic matter on aggregation and surface physico-chemical properties of terra rossa and leptosol

Utjecaj Fe-oksida i organske tvari na agregaciju i površinsko fizikalno-kemijske značajke Terra rosse i leptosola

Goran Durn¹, Ivan Sondi¹, Nuša Cukrov¹, Srećo D. Škapin² & Neda Vdović³

¹ University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Croatia

² Jožef Štefan Institute, Advanced Materials Department, Jamova 39, 1000 Ljubljana, Slovenia

³ Ruđer Bošković Institute, Center for Marine and Environmental Research, Bijenička cesta 54, 10 000 Zagreb, Croatia

Key words: Fe-oxides, organic matter, aggregation, surface physico-chemical properties, Terra rossa, leptosol

Ključne riječi: Fe-oksidi, organska tvar, agregacija, površinsko fizikalno-kemijske značajke, Terra rossa, leptosol

Terra rossa and Leptosol developed on hard limestone in Istria, Croatia, were investigated in order to evaluate the influence of Fe-oxides and organic matter on their aggregation and surface physico-chemical properties. The mineral composition and the morphology of soil samples were investigated using X-ray diffraction (XRD) and field emission scanning electron microscope (FE-SEM), respectively. The SSA was determined by BET method, the CEC by ammonium selective electrode and the surface charge by EPM measurements. Kaolinites (Kl_D and Kl), illitic material and Fe-oxides are the main mineral phases in the clay fraction of terra rossa while leptosol enriched in organic matter contains kaolinites, chlorite and vermiculite as main mineral phases in the clay fraction. To resolve the influence of coating substances on solid soil particles, samples were selectively dissolved. Particle size distribution, specific surface area (SSA), cation exchange capacity (CEC) and electrophoretic mobility (EPM) were measured on the following soil subsamples: original samples, samples treated with H_2O_2 , samples treated with $\text{H}_2\text{O}_2+\text{NH}_4$ -oxalate and samples treated with $\text{H}_2\text{O}_2+\text{NH}_4$ -oxalate+Na-

dithionite-citrate-bicarbonate. The morphology of samples and size of aggregates and particles were examined by field-emission scanning electron microscopy (FE-SEM). Differences were observed between the surface properties of terra rossa and leptosol that are the result of particle-size distribution, mineral composition and different share of organic matter. The distribution of CEC values among subsamples of terra rossa and leptosol is different. On the contrary, the trend of SSA is same in the first three subsamples of analysed soils. The SSA increased proportionally to the amount of the removed organic matter in both soils. Following the dissolution of amorphous Fe-oxides, the SSA decreased. After the removal of well crystallized Fe-oxides the SSA decreased in leptosol and highly increased in terra rossa due to major soil aggregate decomposition and accordingly, increased fine clay content. The EPM measurements of investigated samples were diverse, which exemplified the significance of organic and inorganic coatings on the formation of surface charge at the surfaces of investigated solids.

Fosilna preslica *Equisetites* sp. s lokaliteta Modrino Selo

Fossil horse-tail *Equisetites* sp. from Modrino Selo locality

Tamara Đerek & Sanja Japundžić

Hrvatski prirodoslovni muzej, Geološko-paleontološki odjel, Demetrova 1, 10 000 Zagreb (tamara.derek@hpm.hr)

Ključne riječi: fosilna preslica, *Equisetites* sp., paleogen, Modrino Selo

Key words: fossil horse-tail, *Equisetites* sp., Paleogene, Modrino Selo

Bogato nalazište fosilnog bilja otkriveno je kod napuštenog rudnika ugljena „Bukovica“ na brdu Zarinka (351 m) jugoistočno od Modrinog Sela. Ostaci biljaka sačuvani su u vapnencima i kalcitičnim laporima starosti 35 milijuna godina. Najveći broj uzoraka pronađen je u blokovima vapnenaca koji su izvađeni prilikom eksploatacije ugljena (Sl. 1.).

Makrofloristički ostaci sačuvani su uglavnom u obliku otisaka, a sporadično ih nalazimo i kao kompresije i jezgre. Najzastupljeniji su fosilizirani listovi i grančice, dok su nalazi plodova i sjemenki rijetki. Fosilni ostaci ukazuju na postojanje bujne i raznolike vegetacije koja je prije otprilike 35 milijuna godina rasla uz obale jezera i močvara na ovom prostoru, na prijelazu iz eocena u oligocen (Sl. 2.). Pronađene biljne vrste, osobito brojni ostaci palmi, ukazuju da su se ovi prostori u to doba nalazili u pojasu tropske ili suptropske klime (MAI, 1995).

Među mnoštvom sakupljenih primjeraka ističe se nalaz veoma dobro sačuvane preslice *Equisetites* sp. (Sl. 3.) u

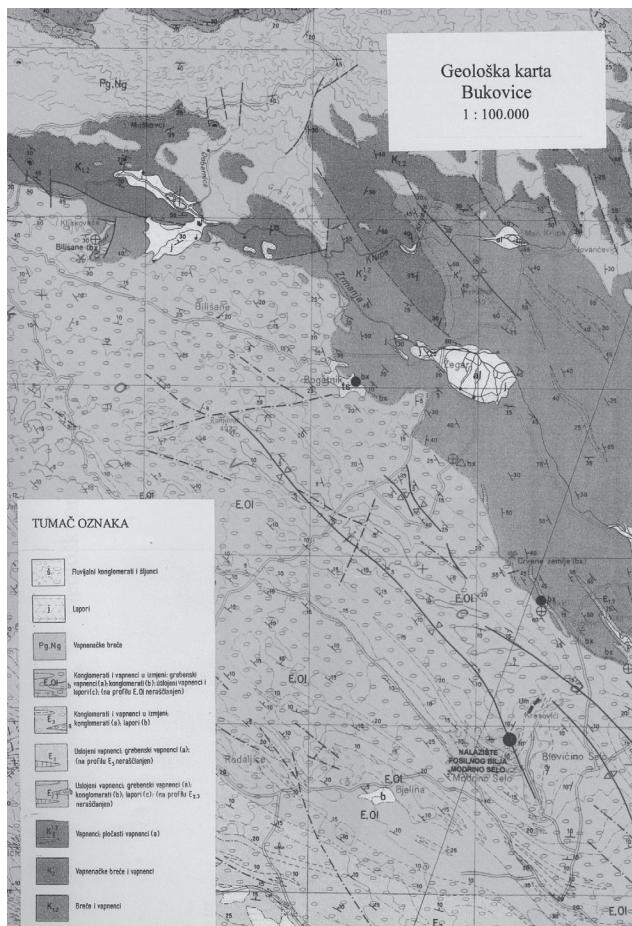
sloju vapnenca debljine 13 cm. Dijelovi sterilnog i fertilnog izdanka dobro su vidljivi. Dužina stabljike sterilnog izdanka je 12,5 cm, a širina 0,5 cm. Na člankovitoj stabljici raspoznaju se internodiji i nodiji iz kojih se pršljenasto granaju filokladiji najveće dužine do 3,5 cm. Ponegdje su vidljivi dijelovi lisnih ovoja. Od fertilnog izdanka očuvan je samo strobilus dužine 2 cm i širine 0,6 cm. Osim opisanog i prikazanog primjerka na nalazištu je pronađeno još 20-tak lošije sačuvanih otisaka i jezgri preslica koje su rasle na vlažnim staništima u okolini sedimentacijskoga bazena.

Najstariji nalazi preslica potječu iz naslaga devona. Tijekom karbona zauzimali su značajan udio u vegetaciji dosegnuvši široku rasprostranjenost i veliku raznolikost. Krajem jure u velikoj su mjeri izumrli. Danas su preslice zastupljene samo jednim malenim rodом zeljastih predstavnika *Equisetum*. Od karbona do danas ovaj rod je ostao gotovo nepromijenjen (NIKOLIĆ, 2013).



Slika 1. Lokalitet Modrino Selo.

Figure 1. Modrino Selo locality.



Slika 2. Geološka karta lokaliteta Modrino Selo i okolice (modificirano prema IVANOVIĆ et al., 1973).

Figure 2. Geological map of Modrino Selo and surroundings (modified after IVANOVIĆ et al., 1973).

Slična nalazišta flore iz razdoblja paleogena poznata su od prije na planini Promini kod Siverića (ETTINGSHAUSEN, 1855), ali i na nekim drugim mjestima u Bukovici: primjerice zapadno od Modrinog Sela kod sela Nunića, Bieline i Parčića, zatim kod Kunovca i Podorljaka te kod sela Brkići na zaravni Kruševo.



Slika 3. Fosilna preslica *Equisetites* sp.

Figure 3. Fossil horse-tail *Equisetites* sp.

Literatura:

- ETTINGSHAUSEN, C. v. (1855): Die eocene Flora des Monte Promina.– Denksch. Ak. Wiss., Math. nat. Cl., 8, 1–28.
 IVANOVIĆ, A., SAKAČ, K., MARKOVIĆ, S., SOKAČ, B., ŠUŠNJAR, M., NIKLER, L. & ŠUŠNJARA, A. (1973): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, List Obrovac L33-140.– Inst. geol. istraž. Zagreb, Savezni geol. zavod, Beograd.
 MAI, D. H. (1995): Tertiäre Vegetations-Geschichte Europas.– Fischer, 691 p.
 NIKOLIĆ, T. (2013): Sistematska botanika. Raznolikost i evolucija biljog svijeta.– Alfa, 872 p.

The influence of petrographic characteristics on polished stone value for dolerite-gabbro aggregates from Serbia

Utjecaj petrografske obilježja na vrijednost poliranog kamena za agregate dolerita-gabra iz Srbije

Olivera Đokić¹, Kristina Šarić², Vesna Matović², Suzana Eric², Nikola Vuković² & Vladica Cvetković²

¹ The Highway Institute Belgrade, Kumodraška 257, 11000 Belgrade, Serbia

² University of Belgrade - Faculty of Mining and Geology, Đušina 7, 11 000 Belgrade, Serbia

Key words: voids and cracks, hardness, alteration, PSV

Ključne riječi: šupljine i pukotine, tvrdoća, izmijena, PSV

Polished stone value (PSV) represents a measure of resistance to polishing of tires. It is one of the most important factors used for estimating the quality of aggregates for pavement course. Micro roughness of road aggregates, and consequently PSV, depend on their petrographic characteristics, such as mineralogical composition, type and degree of alteration, and texture and fabric including microstructure. In this study we demonstrate the relationship between PSV and petrographic features for 19 samples of basic igneous rocks from ten localities in Serbia: Buljanski potok, Crna stena, Divčibare, Glavaj, Mošute, Prevešt, Rakov Dol, Rošci, Tavanji, Ždraljica.

The studied dolerites and gabbros exhibit hypidiomorphic-granular, ophitic, intergranular, intersertal to porphyritic, as well as meta-granular texture, and massive to rarely vesicular or fluidal fabric. They are composed of clinopyroxene, basic plagioclase and metallic mineral phases as primary constituents. In some samples, relicts of volcanic glass are also noticed. The secondary mineral association is very heterogeneous and represented by albite to oligoclase plagioclase, epidote, prehnite, chlorite, pumpellyite, leucoxene, amphibole, calcite and quartz. Plagioclase appears as coarse tabular grains or needle-like aggregates that are up to 5 mm in diameter. Clinopyroxene is hypidiomorphic with grain size from 0.3 to up to 1.5 mm, frequently cracked or partly to totally chloritized. In samples from Ždraljica, Glavaj and Buljanski potok, pyroxenes are intensively amphibolized. The samples are variably altered – from only slightly altered to those that are totally amphibolitized.

Post-magmatic events also caused the increase of the content of voids and the size and the distribution of cracks. According to the estimates of modal compositions, which were

done using secondary electron images, the contents of voids and cracks vary between 0.90 to 8.15 vol.%. The relative rock hardness, calculated as a sum of relative proportions of minerals and their hardness to Mohs, was also determined and it varies from 4.27 to 5.97.

Measured PSVs of the studied aggregates range 46-77 (ĐOKIĆ et al., in preparation), with the mean value of 58. The highest values of PSV (65-77) show samples MO-1, BP-2/1 and ZD-KA, which are significantly altered and have the highest contents of voids and cracks. Beside alterations, aggregate micro roughness is also controlled by grain size. Thus, the medium-grained rock varieties (0.7-1.5 mm), are rougher than the finer-grained samples. The appearance of minerals with contrasting hardness within a single sample also provides satisfying values of micro roughness. The weathered dolerite DI-2, for example, has little rougher texture than fresh DI-1 from the same quarry.

This study shows that between petrographic characteristics of aggregates and their technical characteristics such as micro roughness a strong link exists. It can be used for estimating the quality of aggregates used for road industry before using expensive tests on physical and mechanical properties.

The study has been performed within the frame of the project No. 176016 of the Serbian Ministry of Education, Science and Technological Development. The authors thank to the Highway Institute a.d. Belgrade, for providing the PSV testing as well as the SEM Laboratory of the University of Belgrade - Faculty of Mining and Geology – for performing morphological and chemical analyses.

Preliminarni inventar klizišta u Vinodolskoj dolini

Preliminary Landslide Inventory in the Vinodol Valley

Petra Đomlija¹, Čedomir Benac¹ & Snježana Mihalić Arbanas²

¹ Građevinski fakultet, Sveučilište u Rijeci, R. Matejčić 3, 51 000 Rijeka, Hrvatska

² Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: Vinodolska dolina, lasersko skeniranje iz zraka, digitalni model terena, prospekcijsko terensko kartiranje, preliminarni inventar klizišta

Key words: Vinodol Valley, airborne laser scanning, digital elevation model, field reconnaissance mapping, preliminary landslide inventory map

Vinodolska dolina je smještena na području zapadnog dijela Republike Hrvatske u Primorsko-goranskoj županiji. Dolina ima nepravilan eliptični oblik duljine do 22 km te izduženo pružanje osnovnim smjerom SZ-JI. Na osnovi geomorfoloških značajki se prostor može podijeliti u tri dijela: sjeverozapadni, središnji i jugoistočni. Sjeverozapadni dio doline površine oko 24 km² obuhvaća područje od naselja Križišće do naselja Janjevalj i Pećca, smještenih na početku središnjeg dijela. Najveća širina doline do 4 km je prisutna u središnjem dijelu, koji u površini od oko 30 km² obuhvaća područje sve do prijevoja kod naselja Saftići i Kričina. Ovdje započinje jugoistočni dio, površine oko 23 km² i gotovo ujednačene širine do 2,70 km, koji se proteže do završetka doline u zaledu Novog Vinodolskog. Sjeveristočni rub Vinodolske doline izgrađuju karbonatne padine čiji vrhovi mjestimično premašuju 800 m.n.m., a u središnjem i jugozapadnom dijelu poprimaju oblike gotovo vertikalnih stjenovitih litica (BERNAT et al., 2014). Jugozapadni rub izgrađuje niže primorsko karbonatno bilo, čije su padine drugaćijih morfoloških karakteristika od nasuprotnog strmijeg ruba. Zbog različitih morfoloških obilježja padina, Vinodolska dolina u svom većem dijelu ima izrazito asimetričan poprečni profil. Niže dijelove sjeveristočnih padina te dno doline izgrađuje eocenski flišni stijenski kompleks, u kojem stariji dio tvori tipična izmjena siltita i pješčenjaka te u podređenom udjelu laporan, brečokonglomerata i vapnenaca, a diskordantni mlađi dio sastoji se od konglomerata, konglomeratičnih biokalkarenita i litičnih arenita (BLAŠKOVIĆ & TIŠLJAR, 1983). Najrašireniji tip pokrivača na flišu predstavljaju deluvijalno-koluvijalne naslage, čija je debljina veća na sjeveristočnim padinama. Kvartarne siparne breče relativno ujednačenog nagiba zastupljenje su na sjeveristočnim padinama, gdje se pojavljuju u obliku ploča na višoj hipsometrijskoj razini u odnosu na flišnu stijenu u podlozi (BLAŠKOVIĆ, 1983).

Zbog zajedničkog utjecaja geološke građe, složenih strukturno-tektonskih odnosa, hidrogeoloških značajki naslaga i hidroloških uvjeta, na većem dijelu Vinodolske doline izraženi su aktivni geomorfološki procesi koji rezultiraju pojavama nestabilnosti na padinama. Nestabilnosti se očituju u obliku pojave erozije različitog tipa i stupnja izraženosti

(BENAC et al., 2005), brojnih pojava klizišta i puzanja dijelova terena u naslagama flišnog stijenskog kompleksa, ali i drugih oblika pojava nestabilnosti (BERNAT et al., 2014).

Preliminarni inventar klizišta na području Vinodolske doline je rezultat nastavka istraživanja u okviru kojega je provedena identifikacija i kartiranje klizišta na području sliva rijeke Dubračine (ĐOMLIJA et al., 2014). Inventar klizišta u Vinodolskoj dolini izrađen je na temelju vizualne interpretacije površinske morfologije digitalnog modela terena visoke rezolucije. S obzirom da je dio površine antropogeno izmijenjen, određene pojave klizišta nije moguće jasno raspoznati na digitalnom modelu terena. Iz tog razloga je daljinska metoda identifikacije i kartiranja klizišta nadopunjena prospekcijskim geomorfološkim terenskim kartiranjem i kartiranjem oštećenja na prometnicama i stambenim objektima nastalih kao posljedica pojava klizišta.

Digitalni model terena visoke rezolucije je izrađen na temelju podataka prikupljenih laserskim skeniranjem iz zraka, ALS (eng. *airborne laser scanning*) koje predstavlja jednu od najučinkovitijih suvremenih tehnologija daljinskih istraživanja, naročito u svrhu kartiranja klizišta (JABOYEDOFF et al., 2012; GUZZETTI et al., 2012). Osnovni instrument u primjeni ALS-a je LiDAR (eng. *Light Detection and Ranging*) čiji se princip prikupljanja podataka zasniva na mjerenuj uđaljenosti između laserskog skenera pričvršćenog za letjelicu i površine terena ili nekog drugog objekta. Naknadnom obradom podataka moguće je ukloniti impulse reflektirane s objekata i vegetacije, da bi se proizveo digitalni model terena bez vegetacije (eng. "bare-earth") (VAN DEN EECKHAUT et al., 2007). Lasersko skeniranje područja Vinodolske doline provedeno je krajem ožujka 2012. s postignutom gustoćom od 5 točaka po m². Iz generiranog digitalnog modela terena rezolucije 1 m x 1 m su pomoću standardnih operacija u ArcGIS-u derivirane tri vrste topografskih karata koje su korištene za vizualnu interpretaciju topografskih značajki površine terena indikativnih za pojavu klizišta: karte osjenčanog reljefa izrađene simulacijom sunčevih zraka za dva različita azimuta položaja sunca od 315° i 45° pri konstantnom kutu upada sunčeve svjetlosti od 45°; karta nagiba terena; i karta slojnica s ekvidistancom od 1 metar.

Inventar klizišta u Vinodolskoj dolini sastoji se od 141 ustanovljenih klizišta te 40 prepostavljenih klizišta. S obzirom da u ovoj fazi istraživanja nisu iscrtane granice svih utvrđenih klizišta, inventar je preliminarni i sadrži podatke o njihovim lokacijama i prostornoj distribuciji, koja je izrazito neujednačena. U sjeverozapadnom dijelu doline utvrđeno je 11 klizišta, a prepostavljeno je jedno klizište. Klizišta su trajno ili privremeno umirena, smještena na blago nagnutim padinama i koncentrirana na prostoru između početka doline i naselja Drivenik. Najveći broj klizišta je utvrđen na području sliva rijeke Dubračine smještenog u središnjem dijelu Vinodolske doline, gdje je identificirano 109 klizišta, a prepostavljeno je 30 klizišta. Na ovom području je vrlo izražen proces erozije jaružanjem koji rezultira nastankom i produbljivanjem jaruga u čijim je relativno strmim bokovima formiran najveći broj aktivnih klizišta. U bokovima ukupno osam jaruga, koje predstavljaju korita povremenih bujičnih vodotoka, utvrđeno je 90-ak pojava klizišta. Riječ je o malim i plitkim klizištima, prepostavljenih volumena u rasponu između 10^3 do 10^5 m³, koja u kombinaciji sa spomenutim procesom erozije vrlo često uzrokuju oštećenja na dijelovima prometne infrastrukture i stambenim objektima. Kao i na području sjeverozapadnog dijela doline, tako je i u središnjem dijelu utvrđen određeni broj trajno ili privremeno umirenih klizišta na blaže nagnutim padinama, čija je morfologija nerijetko izmijenjena pod antropogenim utjecajem. Radi se o većim klizištima (volumena > 10^5 m³) s prepostavljenim dubinama kliznih ploha između 10 i 15 m. Posljednja značajnija aktiviranja klizišta u ovom dijelu Vinodolske doline dogodila su se u svibnju 2013. na dijelu lokalne ceste L58075 te u veljači 2014. na području za-seoka Kamenjak. U jugoistočnom dijelu Vinodolske doline identificirano je 21 klizište, a prepostavljeno ih je osam. Deset klizišta je formirano u područjima bokova triju jaruga kao

posljedica kombiniranog djelovanja procesa klizanja s procesom erozije, a zabilježeno je i nekoliko pojava aktivnih klizišta na padinama oko naselja Kričina i Ugrini.

Literatura:

- BLAŠKOVIĆ, I. (1983): O rasprostranjenosti i položaju pliocenskih i kvartarnih taložina u Vinodolu.– Geološki vjesnik, 36, 27–35, Zagreb.
- BLAŠKOVIĆ, I. & TIŠLJAR, J. (1983): Prominske i Jelar naslage u Vinodolu (Hrvatsko primorje).– Geološki vjesnik, 36, 37–50, Zagreb.
- BENAC, Č., JURAK, V., OŠTRIĆ, M., HOLJEVIĆ, D. & PETROVIĆ, G. (2005): Pojava prekomjerne erozije u području Slanog potoka (Vinodolska dolina).– U: VELIĆ, I., VLAHOVIĆ, I. & BIONDIĆ, R. (ur.): Knjiga sažetaka 3. Hrvatskog geološkog kongresa, Opatija, rujan 2005. Hrvatski geološki institut, Zagreb, 173–174.
- BERNAT, S., ĐOMLIJA, P. & MIHALIĆ ARBANAS, S. (2014): Slope movements and erosion phenomena in the Dubračina River Basin: a geomorphological approach.– U: Landslide and Flood Hazard Assessment. Proceedings of the 1st Regional Symposium on Landslides in the Adriatic-Balkan Region, 6–9 April 2013. Zagreb, Croatia (in press).
- ĐOMLIJA, P., BERNAT, S., MIHALIĆ ARBANAS, S. & BENAC, Č. (2014): Landslide inventory in the area of Dubračina River Basin (Croatia).– U: SASSA, K., CANUTI, P. & YIN, Y. (ur.): Landslide Science for a Safer Geoenvironment, Volume 2: Methods of Landslide Studies. Springer International Publishing, 2014, 837–842.
- GUZZETTI, F., MONDINI, A.C., CARDINALI, M., FIORUCCI, F., SANTANGELO, M. & CHANG, K-T (2012): Landslide inventory maps: New tools for an old problem.– Earth Science Reviews, 112, 42–66.
- VAN DEN EECKHAUT, M., POESEN, J., VERSTRAETEN, G., VANACKER, V., NYSSEN, J., MOEYERSONS, J., VAN BEEK, L.P.H. & VANDEKERCKHOVE, L. (2007): Use of LIDAR-derived images for mapping old landslides under forest.– Earth Surface Processes and Landforms, 32, 754–769.

Revitalizacija pruge na željezničkom koridoru Vc, dionica Dobojsko – granica Republike Srpske/Federacije Bosne i Hercegovine

Rehabilitation stripe railway corridor Vc, section Dobojsko – boundaries of Republic of Srpska / Federation of Bosnia and Herzegovina

Nedjo Đurić

Tehnički institut Bijeljina, Starine Novaka bb, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina

Ključne riječi: revitalizacija, pruga, geološka sredina, istražni radovi

Key words: revitalization, railway track, geological environment, research works

Uvod

Stanje pruga u Bosni i Hercegovini ne zadovoljava osnovne norme propisane u Evropskoj Uniji, što zahtijeva poboljšanje njihovog kvaliteta. Najvažnija pruga je koridor Vc, koji povezuje Jadransku obalu sa Mađarskom. Počinje u južnom dijelu Hrvatske, preko Bosne i Hercegovine ponovo ulazi u Hrvatsku i ide prema Mađarskoj, odakle se povezuje sa ostalim značajnim željezničkim koridorima (Slika 1). Pruga se nalazi u sklopu regionalne TER mreže i sveobuhvatne mreže SEETO-a, dužine 661 km.

Kvalitet pruge se podiže za brzine oko 100 km/sat i do sada je kroz Bosnu i Hercegovinu urađena revitalizacija većeg dijela pruge. Novim poboljšanjem kvaliteta pruge, obuhvatiće se uređenje stanice u Doboju i manjih staničnih mjesta kod lokalnog saobraćaja. Poboljšanje kvaliteta pruge zahtijeva prethodnu ocjenu njenog stanja i inženjerskogeoloških karakteristika duž trase pruge. Za tu svrhu provedena su istraživanja

terena, gdje su uočene različite vrste oštećenja duž trase pruge, kao i različit način građenja prvog i drugog kolosijeka, pošto su rađeni u različitom vremenskom periodu.

Duž trase pruge u njenom koridoru dužine oko 19 km, provedeno je detaljno geološko kartiranje terena, te urađeni raskopi i istražne bušotine za ocjenu stanja materijala koji izgrađuju donji i gornji stroj pruge. Izdvojena su slaba mjesta i ograničena stacionažama, te definisani litološki članovi i karakteristike terena sa aspekta njegove stabilnosti. Na uzetim uzorcima sa terena određene su vrijednosti pojedinih parametara, koji su sa terenskim istraživanjima poboljšali kvalitet definisanja pojedinih litoloških članova, odnosno geološke sredine.

Osnovne karakteristike terena

detaljnijim geološkim kartiranjem terena duž trase pruge izdvojeni su litološki članovi, po horizontali omeđeni stacio-



Slika 1. Koridor Vc i paralelni X u Bosni i Hercegovini.

Figure 1. Corridor Vc and parallel X in Bosnia and Herzegovina.

nažama, a po dubini potvrđeni istražnim radovima. Trasa pruge uglavnom prolazi ravničarskim dijelom, gdje se izdvaja fluvio – akumulacioni tip reljefa pored rijeke Bosne, na visini 158,00 – 160,00 mm. Dalje prema zapadnim obroncima planine Ozren karakteriše se brdski tip reljefa, odnosno fluvio – akumulacioni i erozionalni denundacioni reljef, razvijen na visinama većim od 160 mm.

Šira okolina istraživanog područja izgrađena je od kvarternih krupnozrnih šljunkovito – pjeskovitih materijala i sitnozrnih glinovito prašinastih materijala sa znatnim učešćem krupnozrne frakcije. Materijal je iz savremenih sedimenata riječnog korita, aluvijalnih sedimenata rijeke Bosne i sedimenata riječne terase. Izdvojeni su sljedeći litološki članovi:

Savremeni sedimenti riječnog korita (a), aluvijalni sedimenti rijeke Bosne (al) i sedimenti riječne terase (a₁) su heterogenog sastava, nastali kao rezultat različitih uslova taloženja sitnozrnog i krupnozrnog nanosa rijeke Bosne i većih i manjih bočnih pritoka. Predstavljeni su sitnozrnom do krupnozrnom frakcijom šljunkovito – pjeskovitih naslaga, sa rijedim proslojima ilovače.

Sedimenti padina (dl) su prašinasto pjeskoviti i glinoviti sedimenti. Sadrže drobinu karbonata i drugih stijena. Sredina je srednje do dobro tvrda, slabo do srednje zbijena, intergranularne poroznosti, srednje do male vodopropusnosti, uslovno povoljne nosivosti i stabilnosti.

Proluvijalni sedimenti (pr) su predstavljeni glinom prašinasto pjeskovitom, sa drobinom krečnjaka i drugih stijena. Neravnomjernog su granulometrijskog sastava, slabe složenosti i sortiranosti sa čestim horizontalnim i vertikalnim prelazima.

Alevroliti, glinci, lapori, pješčari i masivni do bankoviti krečnjaci (Pc,E) su tvrde, čvrste stijene, u površinskoj zoni karstifikovane, djelimično izmjenjene, ispucale i izdjeljene na blokove dm veličine.

Uslojeni do bankoviti krečnjaci (K₂²⁻³) su pločasti, tanko uslojeni krečnjaci, ispucali upravno na slojevitost, umjereno čvrsti do čvrsti. Pukotinske su poroznosti, dobrih fizičko – mehaničkih karakteristika, nestišljivi i dobro nosivi. U

prirodnim uslovima su stabilne, a kod dubokih i strmih zasijecanja mogu biti uslovno stabilne.

Krupnozrni pješčari, laporci i masivni krečnjaci (J,K) pojavljuju se u vidu izdanka, horizontalnog rasprostranjenja oko 120 m.

Kompleks jurskih sedimenata (J) predstavljen je dijabaz rožnom formacijom, pješčari, glinci, silifikovani krečnjaci i olistoliti magmatskih stijena, kao i spilitima, gabrovima, serpentinitima i peridotitima sa debelom korom trošenja.

Prjedlog poboljšanja pruge

Istraživanja karakteristika tamponskog sloja otvorene trase pruge i neposredne okoline pokazala su da je pruga relativno u dobrom stanju. Ipak u cijelosti zahtijeva revitalzaciju u cilju poboljšanja kvaliteta i i veće sigurnosti za traženu brzinu kretanja. Na izdvojenim slabim mjestima koja su u vidu „špic pragova“, pucanja potpornih zidova ili prisustva klizišta izvršiti potpunu sanaciju tih mesta.

U dijelovima pruge gdje su prisutna oštećenja tucaničkog zastora izvršiti zamjenu materijala i njegovo zbijanje do zahtijevanih vrijednosti Evd, koje se u zavisnosti od dijela tamponskog sloja kreće od 30 MN/m² u trupu nasipa do > 55 MN/m² kod planuma pruge. Podtlo kao prirodan teren ukoliko treba zamijeniti, posebno u zoni usjeka i niskih nasipa, vršiti sa materijalom gdje se može postići E_{vd} ≥ 25 – 30 MN/m².

Literatura:

- ČULIBRK, S.R. (1996): Geotehnički radovi u niskogradnji. Subotica.– Građevinski fakultet, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd.
 ĐURIĆ, N. (2014): Geological characteristic of the terrain on the highwaycorridor Vc, Section Johovac – Doboј Jug, stac. km 10+754 – 15+820.– Arhiv za tehničke nauke br.11, str. 17–23, Bijeljina.
 SANTRAČ, P. (1988): Comparation of Different Methods for Calculation of the Beams on Elastic Subgrade. Belgrade, Yugoslavia.– Proc. of 3rd Conf. of Serbian Association of Soil Mechanics and Foundation, 169–183.

Promjene okoliša u donjem dijelu doline rijeke Mirne (Istra) tijekom holocena

Environmental changes in the lower Mirna River valley (Istria) during the Holocene

Igor Felja¹, Alessandro Fontana², Stefano Furlani³, Vlasta Čosović¹, Zlatan Bajraktarević¹
& Mladen Juračić¹

¹ Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geološki odsjek, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb

² Sveučilište u Padovi, Odsjek za geoznanosti, via Gradenigo 6, 35 131 Padova

³ Sveučilište u Trstu, Odsjek za matematiku i geoznanosti, via Weiss 2, 34 128 Trst

Ključne riječi: foraminifere, taložni okoliši, laguna, estuarij, progradacija delte, holocene

Key words: foraminifers, depositional environment, lagoon, estuary, delta progradation, Holocene

Sedimentološke, makro- i mikropaleontološke analize napravljene su na uzorcima iz nekoliko sedimentnih jezgri uzorkovanih u završnom dijelu doline rijeke Mirne u Istri, kako bi se proučili taložni okoliši i evolucija okoliša na ovom području tijekom holocena. Jezgre su uzorkovane ručnim jezgrilom do dubina od 13 metara i obuhvatile su kontinuirani taložni slijed od morskih sedimenata preko sedimenata prijelaznih okoliša do aluvijalnih sedimenata.

Najdublje naslage obuhvaćene jezgrama interpretirane su kao sediment estuarijskog okoliša (E) koji sadrži najveći broj različitih vrsta foraminifera i najveću bioraznolikost u odnosu na okoliše koji slijede. Glavna značajka je povećani udio *Elphidium* spp. i miliolida te pojava nekih infaunalnih vrsta poput *Brizalina* sp. dok su ostaci školjkaša rijetki (rođovi *Cerithium*, *Mytilus* i *Nuculana*). Slijedi sediment prijelaznih okoliša (zatvorena laguna (Bb)) u čijima naslagama je prisutan manji broj vrsta foraminifera te manji broj jedinki *Elphidium* spp. i miliolida u odnosu na sediment estuarijskog okoliša, a prevladava vrsta *Ammonia beccarii*. Od školjkaša prisutni

su rođovi *Cerastoderma*, *Loripes* i *Bittium*. Sediment okoliša hiposaline lagune (Ba) je karakteriziran najmanjom raznolikošću bentičkih foraminferskih vrsta, a dominiraju *Ammonia beccarii*, *Trochammina inflata* i *Haynesina* sp., vrste karakteristične za prijelazne, brakične, stresne okoliše.

Od vremena kasne antike i ranog srednjeg vijeka značajan donos terigenog materijala rijekom doveo je do taloženja nekoliko metara nasлага prahovite gline, koje su u jezgri M3 deblje od 8m. Sedimentni donos je djelomično bio povećan deforestacijom u slivu rijeke Mirne što je dokumentirano povijesnim izvorima od 13. stoljeća, a posebno intenzivno od 15. do 19. stoljeća.

Uzimajući u obzir podatke iz najdublje jezgre M2 vidljivo je da su marinski i prijelazni okoliši (lagune, močvare) bili prisutni na područjima više od 7 km uzvodno u odnosu na današnje. Istraživane jezgre pokazuju da se intenzivna progradacija delte odvijala zadnjih 7.000 godina s migracijom prijelaznih i kontinentskih okoliša prema moru.

Porijeklo i sastav sedimenata Novigradskog i Karinskog mora

The origin and composition of sediments of Novigrad and Karin Sea

Željka Fiket¹, Kristina Pikelj^{2,3}, Željka Žigovečki Gobac⁴, Vladimir Bermanec³ & Goran Kniewald¹

¹ Zavod za istraživanje mora i okoliša, Institut Ruđer Bošković, Bijenička 54, 10 000 Zagreb, Hrvatska

² Lancaster Environment Centre, University of Lancaster, LA1 4YQ Lancaster, Velika Britanija

³ Geološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Horvatovac 95 i Horvatovac 102 a, 10 000 Zagreb, Hrvatska

⁴ Institute of Mineralogy and Crystal Chemistry, University of Stuttgart, Azenbergstrasse 18, 70 174 Stuttgart, Njemačka

Ključne riječi: Novigradsko more, Karinsko more, rijeka Zrmanja, sedimenti

Key words: Novigrad Sea, Karin Sea, Zrmanja River, sediments

Uvod

Istraživanje sedimentoloških, paleontoloških i mineraloških značajki površinskih sedimenata područja Novigradskog i Karinskog mora te rijeke Zrmanje provedeno je u svrhu određivanja podrijetla materijala i uvjeta taloženja sedimenata u Novigradskom akvatoriju.

Istraživano područje

Novigradsko more duboko je uvučeni morski zaljev površine 28,7 km², smješten dvadesetak kilometara istočno od Zadra, u čijem se sjeveroistočnom dijelu ulijeva rijeka Zrmanja tvoreći visokostratificirani estuarij. To je izolirani, izrazito razveden i složen hidrogeomorfološki sustav povezan na sjeverozapadu Novskim ždrilom s Velebitskim kanalom, a Karinskim ždrilom na jugoistoku s Karinskim morem. Područje Novigradskog mora je pod snažnim utjecajem krških površinskih i podzemnih voda; duž obale izviru brojne vrulje, a s juga i jugo-zapada se ulijeva nekoliko manjih vodotoka. Prosječna dubina Novigradskog mora u središnjem dijelu iznosi 28 m, dok su dubine veće od 30 m samo ispred Novskog ždrila. Karinsko more manji je i pliči bazen u usporedbi s Novigradskim morem, s prosječnom dubinom od 12 m. U Karinsko more se također ulijevaju manji vodotoci, od kojih je najveća rijeka Karišnica.

Šire promatrano područje uglavnom je građeno od stijena mezozojske i paleogenske starosti. Najveći dio prostora izgrađuju jurski i kredni vapnenci, dolomiti i vapnenačke breče, eocenski vapnenci, dolomiti i klastiti te oligocenski konglomerati, vapnenci i laporoviti vapnenci. Vapnenačke breče paleogeni i neogeni nalaze se kao transgresivni pokrivač preko starijih naslaga. Na većem dijelu istraživanog područja dominira crvenica, a ustanovljena su i brojna ležišta boksita različite starosti. Razvitak doline rijeke Zrmanje započinje nakon posljednjih intenzivnih tektonskih zbivanja u gornjem eocenu i na prijelazu iz oligocena u miocen. Do razdoblja pleistocensko-holocenske transgresije rijeke Zrmanja je usjekla svoje korito za oko 130 m, a podizanjem razine mora nakon posljednje oledbe formira estuarij.

Metode

Predmet istraživanja su površinski sedimenti Novigradskog i Karinskog mora i rijeke Zrmanje, okolna tla i izvořne stijene (boksit i lapor). Uzorci obalnih sedimenata prikupljeni su lopaticom, pri čemu je uzorkovan površinski sloj sedimenta do dubine od 0-10 cm, dok su površinski sedimenti rijeke Zrmanje te Novigradskog i Karinskog mora uzorkovani gravitacijskim jezgrilom (UWITEC, Austrija). Uzorci tla prikupljeni su lopaticom, pri čemu je uzorkovan podpovršinski sloj do dubine od 10-15 cm. Uzorci boksitne zemlje predstavljaju uzorke naslaga uzete u neposrednoj blizini površinskih otkopa boksita, dok je uzorak laporu uzorkovan na izdanku uz pomoć čekića. Prikupljeni uzorci podvragnuti su sedimentološkim, mineraloškim i paleontološkim analizama te je tijek njihove obrade ovisio o njihovoj konačnoj namjeni. Granulometrijske karakteristike uzorka određene su kombiniranim metodom mokrog prosijavanja kroz standardna sita (promjera oka od 2000 µm do 32 µm) te analizom na brojaču čestica frakcije sitnije od 32 µm. Udio karbonata u uzorcima određen je volumetrijski Scheiblerovom metodom. Mineralni sastav sedimenata, tala i izvořnih stijena određen je primjenom rentgenske difrakcije na prahu. Minimalno 300 zrna frakcija šljunka i pijeska nasumično je odabранo i mikroskopski pregledano kako bi se utvrdio udio skeletnih i neskeletnih čestica. Uz navedeno, na muljevitoj frakciji provedena je i mikroskopska analiza vapnenačkog nanoplanktona u svrhu određivanja podrijetla i starosti čestica sedimenta. Vrste vapnenačkog nanoplanktona i njihovi vremenski rasponi određeni su prema PERCH-NIELSEN (1985) i BOWN (1998).

Rezultati i diskusija

Udio karbonata u sedimentima Novigradskog (20%) i Karinskog mora (32%) znatno je niži od prosjeka dobivenog za sedimente dna istočne strane Jadranskog mora (61%) (PIKELJ, 2010). S obzirom na njen krški karakter, udio karbonata u sedimentima rijeke Zrmanje očekivano je nešto viši i kreće se od 39% do 64%.

Prema Shepardovoj klasifikaciji (SHEPARD, 1954) sedimenti rijeke Zrmanje predstavljaju pjeskovite siltote do siltne pijeske. Granulometrijske karakteristike riječnih sedimenata ukazuju na nizvodno povećanje udjela siltne komponente, dok one sedimenata Novigradskog i Karinskog mora pokazuju tipično smanjenje veličine zrna s porastom udaljenosti od obale, mijenjači se od muljevitih šljunaka prisutnih na obali do glinovitih siltova taloženih ispod valne baze u srednjem, najdubljem dijelu bazena.

Prema Mountovoj klasifikaciji (MOUNT, 1985) većina uzorka je određena kao miješani sedimenti, što je u skladu s ostatkom istočnog Jadrana (PIKELJ, 2010). Cjelovite i fragmentirane biogene čestice u krupno-zrnatoj frakciji sedimentima oba mora čine do 10% sedimenta i uglavnom se sastoje od ostataka mekušaca (školjkaša i puževa) i foraminifera, dok su ostrakodi i bodljikaši sporadični. U muljevitoj frakciji identificirano je ukupno osam vrsta vapnenačkog nanoplanktona: *Coccolithus formosus*, *Coccolithus pelagicus*, *Discoaster* sp., *Helicosphaera* sp., *Reticulofenestra dictyoda*, *Reticulofenestra reticulata*, *Reticulofenestra bisecta* i *Reticulofenestra hillae*. Zajednica identificiranih vrsta vapnenačkog nanoplanktona ukazuje na eocensku starost. U krupno-zrnatim frakcijama riječnih sedimenata od biogenih čestica prevladavaju ostaci školjkaša i ostrakoda. U muljevitoj frakciji sporadično su nađene frustule dijatomeja, dok vapnenački nanoplankton nije nađen. Prisutne neskeletne čestice u oba sustava sastoje se uglavnom od karbonatnih litoklasta i kvarca, dok su sporadično pronađeni i opáki minerali i čestice boksita.

Rezultati analiza određivanja mineralnog sastava potvrđili su rezultate dobivene mikroskopskom analizom i pokazali da se površinski sedimenti istraživanog područja uglavnom sastoje od karbonata i kvarca, dok su minerali glina manje zastupljeni. Od karbonata prisutni su kalcit, Mg-bogati kalcit, aragonit i dolomit.

Zaključak

Sastav sedimenata Novigradskog i Karinskog mora uvjetovan je sastavom geološke podloge drenažnog sustava, postojećim hidrodinamičkim uvjetima te izoliranošću bazena. Krška podloga drenažnog područja uvjetuje zanemariv donos sitnozrnatog materijala rijekom Zrmanjom u usporedbi s manjim i/ili povremenim vodotocima koji dreniraju fliške naslage eo-

cena u zaledu i donose znatnije količine sitnozrnatog materijala u Novigradsko i Karinsko more. Krupnozrnata frakcija materijala donešenog rijekom Zrmanjom taloži se neposredno na ušće rijeke u Novigradsko more, dok se neistaloženi materijal u suspenziji odnosi dalje te taloži u dubljim dijelovima bazena, što za posljedicu ima formiranje prodelte. Iako znatno manjeg protoka od rijeke Zrmanje, Karišnica u Karinsko more donosi znatne količine siltnog i glinovitog materijala nastalog trošenjem okolnih naslaga eocenskog fliša.

Navedeno potvrđuju vrste vapnenačkog nanoplanktona pronađene samo u uzorcima sedimenata Karinskog i Novigradskog mora. Raspodjela veličinskih frakcija, odnosno sedimenti klasificirani kao silt također potvrđuju značajniji donos terigenog materijala manjim i/ili povremenim vodotocima. Povišen udio muljevite frakcije u tim bazenima posljedica je njegovog direktnog donosa u mirni taložni okoliš, odnosno smanjene mogućnosti njegovog odnošenja iz sustava uslijed ograničene komunikacije s otvorenim morem.

Identificirani karbonatni minerali pokazuju da se u oba morska bazena talože biogene, ali i karbonatne čestice terigenog porijekla. Porijeklo kalcita i dolomita u istraživanih sedimentima najvjerojatnije je vezano uz karbonatne stijene, gornjokredne vapnence i dolomite te gornjoeocenske Promina-naslage, dok magnezijem bogati kalcit i aragonit ukazuju na biološko porijeklo. Prisutnost Al-Fe-oksida i hidroksida u istraživanim sedimentima odraz je utjecaja blizine boksitnih ležišta. Glavni izvor manje zastupljenih minerala glina su eocenske naslage fliša te okolna tla, uključujući i boksitnu zemlju.

Literatura:

- BOWN, P.R. (1998): Calcareous Nannofossil Biostratigraphy.– Chapman & Hall, Cambridge, 316 str.
- MOUNT, J. (1985): Mixed siliciclastic and carbonate sediments: a proposed first-order textural and compositional classification.– Sedimentology, 32/3, 435–442.
- PERCH-NIELSEN, K. (1985): Cenozoic calcareous nannofossils.– U: BOLLI, H.M., SAUNDERS, J.B. & PERCH-NIELSEN, K. (ur.): Plankton Stratigraphy. Cambridge University Press, Cambridge, 427–554.
- PIKELJ, K. (2010): Sastav i porijeklo površinskih sedimenata dna istočne strane Jadranskog mora.– Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, 239 str.
- SHEPARD, F.P. (1954): Nomenclature based on sand-silt-clay ratios.– Journal Sedimentary Petrology, 24, 151–158.

Inženjerskogeološke karakteristike stijenske mase tunela Chenani-Nashri u Indiji

Engineering geological characteristics of rockmass in Chenani Nashri tunnel project

Marina Filipović¹ & Anton Filipović²

¹ Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10 000 Zagreb,

² Invest inženjerstvo d.o.o., Tuškanova 41, 10 000 Zagreb

Ključne riječi: tunel, klasifikacija stijenske mase, anizotropija

Key words: tunnel, rockmass classification, anisotropy

Glavni i pomoći tuneli na projektu Chenani-Nashri su sa svojih devet kilometara do sada najduži cestovni tuneli u Indiji. Dio su planirane autoceste sa četiri trake NH-1A, koja je trenutno u izgradnji. Projekt se nalazi između Udhampura i Banihala, u državi Jammu i Kashmir. Tunel prolazi kroz himalajske stijene (Sub-Himalayas) sa maksimalnim nadsljem od 1050 metara. Analize koje su uključivale terenska istraživanja i laboratorijska ispitivanja stijenske mase definirale su ulazne parametre pri projektiranju podgrade objekta. Tijekom građenja objekata rezultati monitoringa i geološka kartiranja usporedivani su sa projektnim rješenjem kako bi se utvrdila mesta mogućeg rizika pri selektiranju adekvatne podgrade.

Tunel prolazi kroz zapadni dio himalajskog subdukciskog pojasa. Ovo tektonsko područje je ograničeno prema jugu sa Himalajskim glavnim čeonim rasjedom (Himalayan Frontal Thrust-HFT ili Main Frontal Thrust-MFT) i prema sjeveru sa glavnim graničnim rasjedom (Main Boundary Thrust-MBT) (Sl. 1).

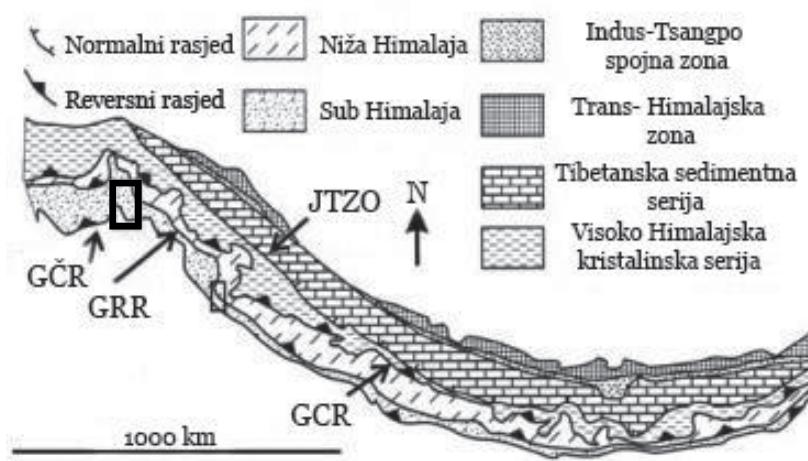
Ovi glavni rasjedi kao i većina geoloških jedinica sjeverozapadne regije orogenetskog pojasa imaju regionalno pružanje

od NW-SE prema WNW-ESE sa umjerenim do strmim nagibima slojeva prema sjeveru ili jugu.

Tunel prolazi kroz stijene koje pripadaju Murree formaciji miocenske starosti. Muree formacija je predstavljena sekvencijom stijena koje se sastoje od izmjene prahovnjaka, glijnjaka i pješčenjaka nastalih sedimentacijom erodiranog materijala.

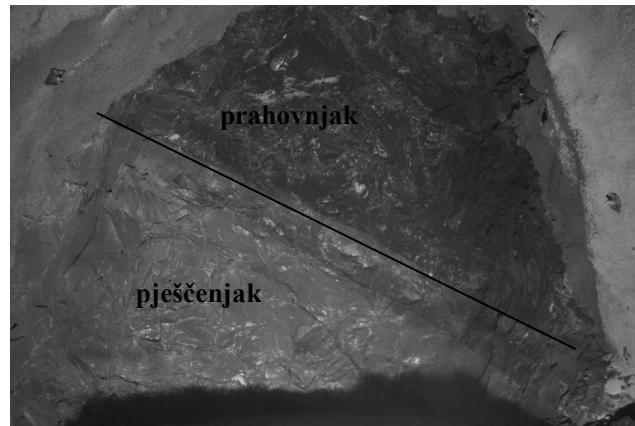
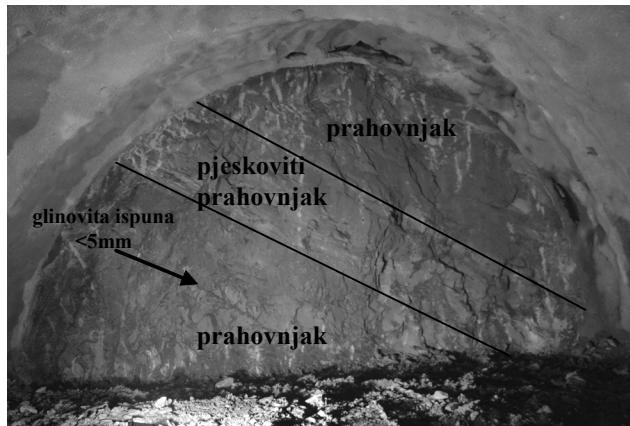
Čela tunela su se uglavnom sastojala od sitnozrnatog prahovnjaka smeđe boje i srednje čvrstoće te glijnjaka (gljinovitog prahovnjaka) nešto manje čvrstoće i pješčenjaka sive boje i veće čvrstoće čiji su udjeli varirali (Sl. 2).

Tijekom iskopa tunela prema geološkim klasifikacijama RMR, GSI, RMi, GDE Multiple Graph (BIENIAWSKI, 1989, MARINOS & HOEK 2001, MARINOS 2010, PALMSTROM 2000, RUSSO 2008, 2009) ustanovljeno je da projektirana podgrada na nekim mjestima nije bila odgovarajuća. U ovom slučaju to se odnosilo na veće pomake i povremena ispadanja stijenske mase u gornjem desnom čelu tunela. Zbog toga su rađene dodatne analize stijenske mase koje su se sastojale od determinacije i usporedbe svih



Slika 1. Područje istraživanja, Himalajski orogenetski pojasi. GCT:Glavni centralni rasjed; JTZO: Južno- tibetanska zona odvajanja; GRR: Glavni granični rasjed; GCR: Glavni čeoni rasjed.

Figure 1. Project location, Himalayan orogenic belt. MCT: Main Central Thrust; STDZ: South Tibetan Detachment Zone; MBT. Main Boundary Thrust; HFT = MFT: Main Frontal Thrust.



Slika 2. Primjeri čela glavnog i pomoćnog tunela sa izmjenama u udjelu pješčenjaka, prahovnjaka i glinjaka.

Figure 2. Examples of main and escape tunnel and variation of different amount of sandstone, siltstone and claystone in faces.

geoloških parametara iz geoloških klasifikacija. Dobiveni parametri su korišteni u računalnim modelima te uspoređivani s promatranjem ponašanja stijenske mase pomoću geodetskog i geotehničkog monitoringa (ekstenzometri, tlačne čelije). Iz dobivenih podataka zaključeno je da se radi o anizotropiji naprezanja stijenske mase. Dominantno glavno naprezanje σ_1 (main principal stress) je blago nagnuto ($\approx 20^\circ$) od horizontale i veće je za oko 1.5 puta od manjeg glavnog naprezanja σ_3 (minor principal stress). Kao rezultat analiza predložene su stabilizacijske mjere u vidu dodatnog osiguranja u kritičnoj zoni čela tunela. Povratne analize su potvrđile navedene prepostavke.

Literatura:

BIENIAWSKI, Z.T. (1989): Engineering Rock Mass Classification.– John Wiley & Son-New York, 251 p.

MARINOS, P.V. & HOEK, E. (2001): Estimating the Geotechnical Properties of Heterogeneous Rock Masses such as Flysch.– Bull. Eng.-Geol. Env., 60 p.

MARINOS, P.V. (2010): New Proposed GSI Classification Charts for Weak or Complex Rock Masses.– Bulletin of the Geological Society of Greece”, Proceedings of the 12th International Congress, Patras.

MARINOS, P.V. (2010): Engineering Geological Behaviour of Rock Masses in Underground Excavations.– Bulletin of the Geological Society of Greece, Proceedings of the 12th International Congress, Patras.

PALMSTROM, A. (2000): Recent Developments in Rock Support Estimates by RMi.– Journal of Rock Mechanics and Tunnelling Technology, Vol. 6, 1–9.

RUSSO, G. (2008): A Simplified Rational Approach for the Preliminary Assessment of the Excavation Behaviour in Rock Tunneling.– Tunnels et Ouvrages Souterrains, No. 207.

RUSSO, G. (2009): A New Rational Method for Calculating GSI.– Tunnelling and Underground Space Technology, 24, 103–111.

Trasiranje podzemnih tokova u dinaridskom kršu naftionatom i „slučajno“ trasiranje solju

Groundwater tracing experiment in Dinaric karst using naphtionate and “surprise” tracing by salt

Tihomir Frangen, Josip Terzić & Goran Kresnik

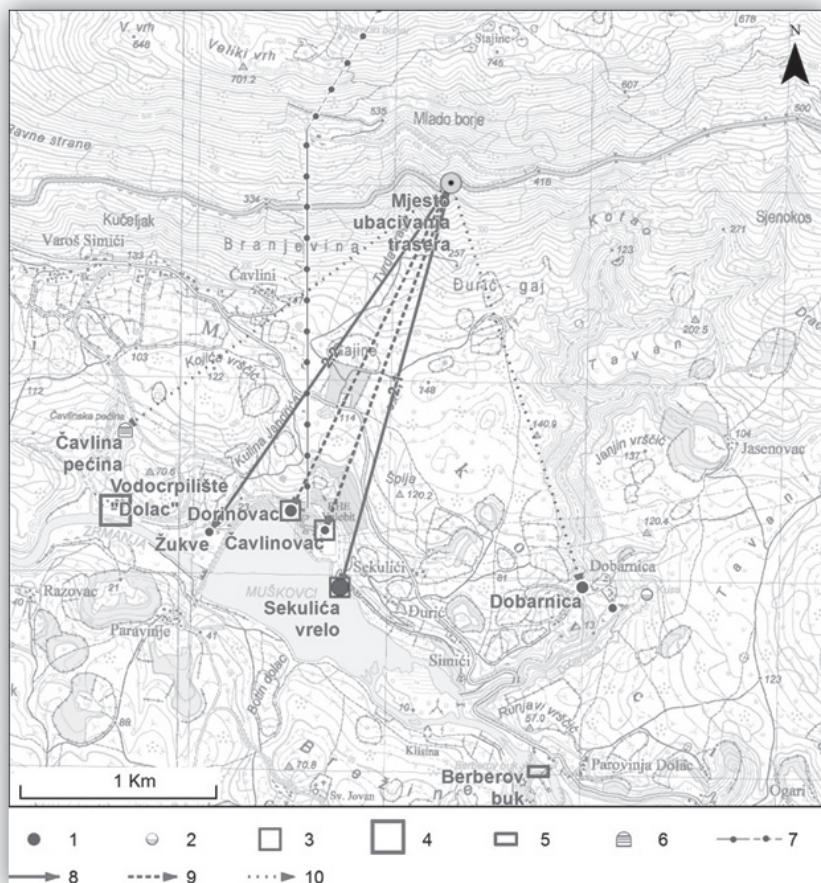
Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10 000 Zagreb

Ključne riječi: krška hidrogeologija, trasiranje podzemnih tokova, zaštita podzemnih voda

Key words: karst hydrogeology, tracing experiment, groundwater protection

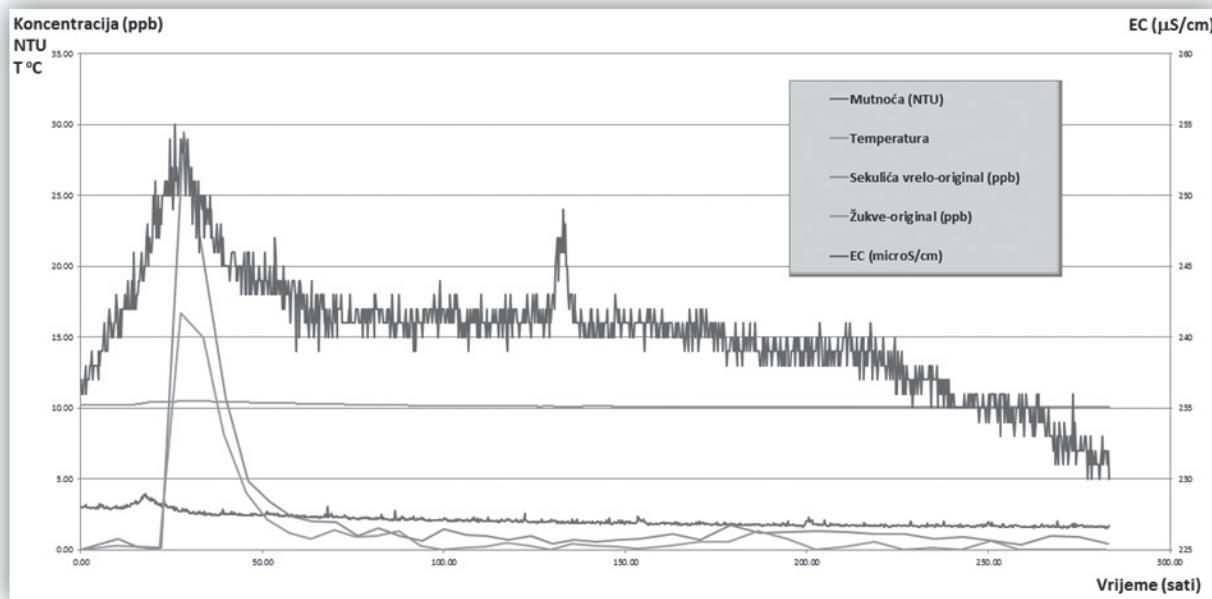
Krški teren desne obale rijeke Zrmanje u području vodozahvata u Muškovicima (kaptaza izvora Dorinovac, Čavlinovac i Sekulića vrelo), te površinskog vodozahvata Berberov buk, karakteriziran je relativno strmim padinama južnog Velebita. Teren je izrazito okršen. Postoji veliki broj trasiranja iz područja Gračaca u Lici koja su ukazala na brze podzemne

veze s razmatranim izvorima. Međutim, nisu poznate brzine s južnih padina Velebita gdje nema ponora, nego samo okršena i razlomljena stijenska masa. Stoga se radi boljeg projektiranja vodozaštite odlučilo trasirati s potencijalno najopasnijeg zagađivača – državne ceste D27 između Gračaca i Obrovca (Sl. 1).



Slika 1. Prikaz trasiranja. Legenda: 1-stalan izvor; 2-povremeni izvor; 3-zahvat na izvoru; 4-vodoopskrbno crpilište; 5-površinski zahvat pitke vode; 6-špilja s vodom; 7-cjevovod/tunel RHE Velebit; 8-trasiranjem utvrđena podzemna veza; 9-prepostavljena podzemna veza; 10-nije utvrđena podzemna veza.

Figure 1. Tracing experiment overview: Legend: 1-permanent spring; 2-periodical spring; 3-extraction site; 4-public water supply extraction site; 5-extraction site on river; 6-cave with water; 7-pipeline/tunnel RHEPP Velebit; 8-proven underground connection; 9-presumed underground connection; 10-no underground connection.



Slika 2. Usporedni grafički prikaz rezultata elektrovodljivosti (EC), mutnoće i temperature vode na automatskom mjeraču GGUN-FL30 zajedno s laboratorijskim analizama sa Sekulića vrelo i Žukve.

Figure 2. Comparative graphical presentation of results: water electroconductivity (EC) and temperature measured by GGUN-FL30 logger, together with results of laboratory analyses of naphtionate on Sekulića vrelo and Žukve.

Traser, 20 kg naftionata 74%-tne čistoće, ubačen je u odvod/kanal uz samu cestu D27, 5.2.2015. u 21:10. Točno u tom trenutku počela je padati kiša, što se i čekalo. Postignuti su izvrsni rezultati, voda je dobivena na izvorima Sekulića vrelo i Žukve, a nije na najistočnijoj Dobarnici i najzapadnijoj Čavljinskoj pećini. Preko kontrole u kaptaži Dolac jasno je kako je najvjerojatnije stigla i na Dorinovac i Čavlinovac. Na Slici 2. prikazan je rezultat trasiranja preklapljen s vrijednostima elektrovodljivosti (EC), temperature (T) i mutnoće u skupnoj vodi kaptaže Dolac (gdje se kanaliziraju vode svih zahvaćenih izvora).

Dobivene su prividne brzine podzemnog toka od 2,1 do 2,6 cm/s što će značajno unaprijediti planiranje vodozaštite ovog važnog krškog vodnog resursa. No osim tog rezultata, posebno zanimljiva okolnost koja odmah upada u oči jest savršeno preklapanje porasta EC vrijednosti s pikovima pojave traser-a na izvorima. To treba povezati s dvije činjenice: (1) traser je ubačen točno u trenutku početka kiše, i (2) traser je ubačen u veljači kada se ova cesta obilno soli radi otapanja snijega i leda. Inače bi vodni val trebao razrijediti vodu i EC bi se trebala smanjiti u vrhu vodnog vala kiše, no ovdje je upravo obratno jer je sol bačena na cestu zapravo bila drugi traser, koji je dao istovjetan rezultat kao i naftionat. Ovakva

spoznaja znači da se u sličnim terenima gdje je prepostavljena (ili već dokazana) veza izvorske vode s odvodnim sustavom ceste, potrebno samo čekati jaču kišu u zimskom razdoblju i zabilježiti točno vrijeme njenog početka. Zatim treba na izvoru mjeriti EC automatskim mjeračem (loggerom) sa što manjom vremenskom rezolucijom. Ovakva procedura je daleko jeftinija od klasičnog trasiranja, te se može često i ponavljati – npr. dobivati vrijednosti brzina podzemnih tokova pri različitim intenzitetima kiše. Za takvu namjenu sve može biti automatizirano – potrebni su samo logger na izvoru i logger (kišomjer) negdje uz odvod ceste. Gotovo da nije potreban terenski rad, osim postavljanja opreme na početku sezone soljenja i preuzimanja opreme i rezultata na proljeće. Rezultati se danas mogu i telemetrijski slati u ured na primjerice dnevnoj razini.

Zahvala

Rad je utemeljen na istraživanjima koja su obavljena u sklopu zaštite podzemnih voda kaptaža u Muškovcima i Berberovom buku. Stoga zahvaljujemo investitoru, Zadarskoj županiji, i posebno pročelniku g. Oliviu Meštroviću. Istraživanja su također dio projekta Osnovne hidrogeološke karte RH, temeljnog projekta Hrvatskog geološkog instituta.

Pelagički karbonati mastrihta do paleogena otoka Sv. Andrija – Svetac (srednji Jadran)

Pelagic Maastrichtian to Paleogene carbonates on the island of St. Andrija – Svetac (Central Adriatic)

Ladislav Fućek¹, Vlasta Premec Fućek², Nenad Oštarić¹ & Tvrko Korbar¹

¹ Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Hrvatska (ladislav.fucek@hgi-cgs.hr)

² INA-Industrija nafte d.d., Sektor istraživanja, Služba laboratorijskih istraživanja, Lovinčićeva 4, 10002 Zagreb, Hrvatska

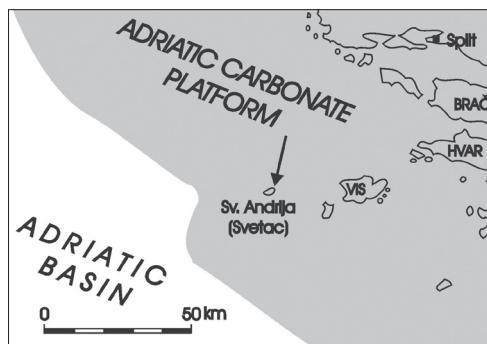
Ključne riječi: padina-bazen, planktonske foraminifere, mastriht, paleocen, eocen, srednji Jadran

Key words: slope-to-basin, planktonic foraminifera, Maastrichtian, Paleocene, Eocene, central Adriatic

Dubljevodne karbone, odnosno pelagičke facijese gornje krede, na temelju kojih su prepoznati brojni unutarplatformni bazeni na području Jadranske karbonatne platforme (JKP) (GUŠIĆ & JELASKA, 1990; FUČEK et al., 1991), uglavnom čine kalcifierski vekstoni do pekstoni s vrlo rijetkim nalazima planktonskih foraminifera. Takvi facijesi upućuju na vrlo ograničenu vezu između unutarplatformnih bazena i okolnih otvorenih bazenskih područja.

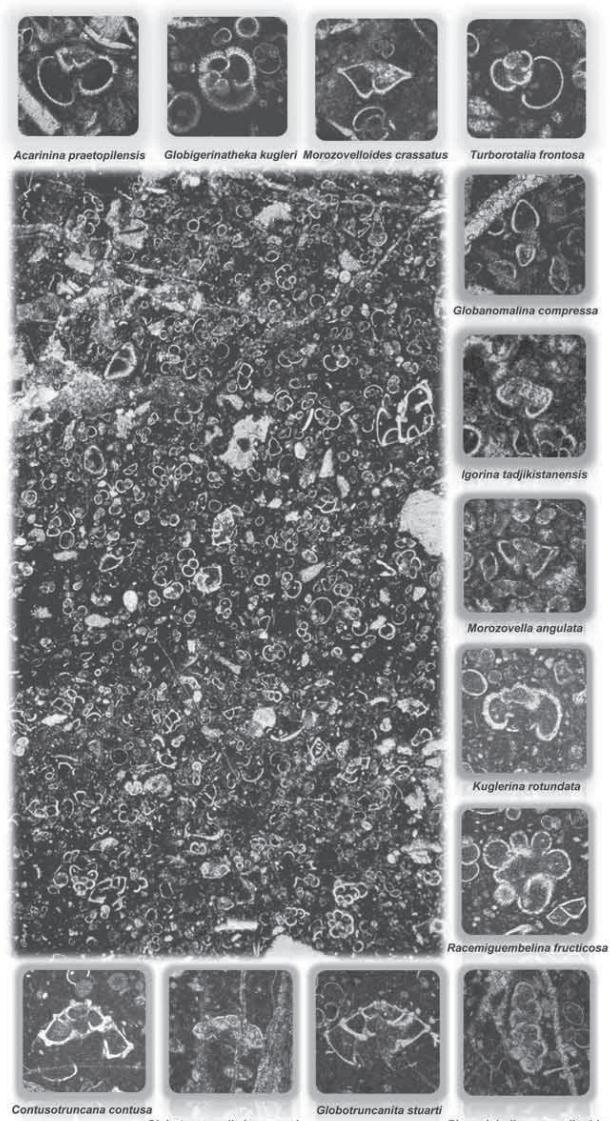
Zbog malog broja otoka i bušotina u hrvatskom dijelu srednjeg Jadrana, malo je i objavljenih podataka o paleookolišima rubnih dijelova nekadašnje JKP i Jadranskog bazena. GRANDIĆ et al. (1999) interpretiraju rub JKP prema Jadranskom bazenu dvadesetak kilometara JZ od otoka Sv. Andrija (Sl. 1). Premda KORBAR et al. (2012) na otoku Sv. Andrija prikazuju samo plitkovodne naslage donje i gornje krede, novim detaljnijim istraživanjima došlo se do važnih podataka o paleookolišima i starosti dijela naslaga koje nalazimo na tom otoku.

Karbonatne naslage gornje krede koje izdanjuju na otoku Sv. Andrija vrlo su tektonski razlomljene. U obalnim dijelovima i ispod koluvija na padinama otvoreni su izdanci skeletnih madstona do floutstona i rekristaliziranih skeletno-bioklastičnih pekstona do grainstona. Unutar sli-



Slika 1. Položajna karta i kredna paleookolišna skica hrvatskog dijela srednjeg Jadrana.

Figure 1. Location map and Cretaceous paleoenvironmental map of the Croatian part of central Adriatic.



Slika 2. Tipični facijes mastrihta do paleocena i planktonske foraminifere mastrihta, paleocena i eocena iz slijeda pelagičkih vapnenaca otoka Sv. Andrija – Svetac (srednji Jadran).

Figure 2. Characteristic facies of Maastrichtian to Paleocene, and Maastrichtian, Paleocene and Eocene planktonic foraminifera in the succession of pelagic limestones of the island of St. Andrija – Svetac (central Adriatic).

jeda naslaga crvenkasto-sivo obojenih skeletnih madstona do floutstona nalazimo prave pelagičke i padinske facijese, pretežito biomikrite koji sadrže brojne planktonske foraminifere (Sl. 2). Na temelju biostratigrafskih analiza odlično sačuvanih presjeka planktonskih foraminifera, determinirane su zajednice koje nedvojbeno upućuju na kasni mastriht (*Contusotruncana contusa* (CUSHMAN), *Racemiguembelina fructicosa* (EGGER), *Planoglobulina acervulinoidea* (EGGER), *Kuglerina rotundata* (BROENNIMANN), *Globotruncanella pschadai* (KELLER), *Globotruncanella hananensis* (VOORWIJK) i dr.), paleocen (*Morozovella angulata* (WHITE), *Igorina tadjikistanensis* (BYKOVA), *Globanomalina compressa* (PLUMMER) i dr.) i eocen (*Acarinina praetopilensis* (BLOW), *Globigerinatheka kugleri* (BOLLI, LOEBLICH & TAPPAN), *Morozovelloides crassatus* (CUSHMAN), *Turborotalia frontosa* (SUBBOTINA) i dr.).

Takav slijed i facijesi bogati raznim vrstama planktonskih foraminifera upućuju na neposrednu vezu s otvorenim morem tijekom navedenog razdoblja, a pretaloženi biomikritni pelagički intraklasti, rijetki skeleti bentičkih foraminifera i bioklasti (pretežito bodljikaša i školjkaša), upućuju na postojanje padine, duž koje su se odvijali procesi pretaloživanja. Na temelju svega iznesenog može se zaključiti da je područje otoka Sv. Andrija tijekom mastrihta do eocena bilo dio Jadranskog bazena.

U ovom radu po prvi puta su dokumentirani čisti pelagički facijesi otkriveni na otoku Sv. Andrija, što čini va-

žnu kariku u rasvjetljavanju geološke evolucije šireg područja tijekom kasne krede i paleogena (KORBAR et al., ovaj svezak).

Literatura:

- FUČEK, L., JELASKA, V., GUŠIĆ, I., PRTOLJAN, B. & OŠTRIĆ, N. (1991): Padinski turonski sedimenti uvale Brbišnica na Dugom otoku (*Turonian slope deposits in the Brbišnica cove, Dugi otok Island, Croatia*).– Geol. vjesnik, 44, 55–67, Zagreb.
- GRANDIĆ, S., BOROMISA-BALAŠ, E., ŠUŠTERČIĆ, M. & KOLBAH, S. (1999): Hydrocarbon possibilities in the Eastern Adriatic Slope zone of Croatian offshore area.– Nafta, 50/2, 51–73.
- GUŠIĆ, I. & JELASKA, V. (1990): Stratigrafija gornjokrednih naslaga otoka Brača u okviru geodinamske evolucije Jadranske karbonatne platforme (*Upper Cretaceous stratigraphy of the Island of Brač within the geodynamic evolution of the Adriatic carbonate platform*).– Djela Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti, 69, Institut za geološka istraživanja, OOUR za geologiju, 160 p., Zagreb.
- KORBAR, T., BELAK, M., FUČEK, L., HUSINEC, A., OŠTRIĆ, N., PALENIK, D. & VLAHOVIĆ, I. (2012): Osnovna geološka karta Republike Hrvatske (*Basic Geological Map of the Republic of Croatia*) 1:50 000: list (sheet) Vis 3 i Biševo 1 (571/3 i 621/1).– Hrvatski geološki institut (*Croatian Geological Survey*), Zagreb, ISBN: 978-953-6907-27-4.
- KORBAR, T., MONTANARI, A. & FUČEK, L. (ovaj svezak): Kredno-paleogenski tsunamit na otoku Hvaru i paleomorfologija JZ ruba Jadranske karbonatne platforme s mogućim implikacijama na paleogeografsku zapadnog Tetisa, 8–9.

Osnovna geološka karta Republike Hrvatske M1:50 000 Cres i Lošinj

Basic Geological Map of the Republic of Croatia 1:50 000 the Island of Cres and Lošinj

Ladislav Fuček, Dubravko Matičec, Igor Vlahović, Nenad Oštarić, Božo Prtoljan,
Tvrtko Korbar, Antun Husinec & Boško Korolija

Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Hrvatska (kontakt: ladislav.fucek@hgi-cgs.hr)

Ključne riječi: donja kreda, gornja kreda, eocen, pleistocen, litostratigrafska jedinica, formacija, član

Key words: Lower Cretaceous, Upper Cretaceous, Eocene, Pleistocene, lithostratigraphical unit, formation, member

Ukupna površina otoka Cresa, Lošinja i okolnih manjih otoka iznosi oko 511 km². Geološke jedinice prikazane na ovoj cjelovitoj Osnovnoj geološkoj karti Cresa i Lošinja (Sl. 1) su definirane i izdvajane po litostratigrafskom principu. Ukupno je izdvojena 21 litostratigrafska jedinica stratigrafskog raspona od neokoma do g. pleistocena, od kojih je 17 u rangu formacija, a 4 su izdvojene kao članovi.

Najstarija izdvojena jedinica je *Formacija Dragozetići* (valendis–otriv) koju obilježavaju debeloslojeviti mikritni vrapnenci s proslojcima peloida i fekalnih peleta tipa Favreina. Slijedi *Formacija Cres* (gornji otriv–barem) s nepravilnim izmjenama emerijskih površina, emerijskih breča, laminiranih peritajdalnih vrapnenaca i stromatolita s bentičkim foraminferama i salpingoporelskim algama. U donjem aptu su izdvojene dvije formacije koje na otoku Lošinju bočno iskljinjavaju. To je *Formacija Kanfanar* s debeloslojevitim vrapnenacima (floutstoni) s bačinelama, palorbitolinama, tukazijama, gastropodima, bentičkim foraminferama i salpingoporelskim algama, koja bočno prelazi u *Formaciju Veli Lošinj* s tanje do srednje debelo slojevitim vrapnencima s palorbitolin skim tempestitima, brojnim gastropodima, hamoidnim i revkijenidnim školjkašima te sitnijim bačinskim onkoidima. Iznad slijedi *Formacija Porozina* (gornji apt–donji alb) koju obilježavaju emerijske breče i tanje uslojeni peritajdalni vrapnenci s ostrakodima, miliolidama, salpingoporelama te rijetki stromatoliti. U *Formaciji Crna* (alb) dolaze tanje do srednje debelo slojeviti mikritni i zrnasti vrapnenci s miliolidama, orbitolinidnim foraminferama, gastropodima, hamoidnim i rudistnim školjkašima, rijetkim salpingoporelskim algama te emerijskim brečama. U gornjem albu je izdvojen *Član Hrasata* s tanjeslojevitim i laminiranim sitnokristalastim i krupnokristalastim dolomitima. *Formaciju Sis* (gornji alb–donji cenoman) karakterizira nepravilna izmjena debeloslojevitih krupnokristaliničnih dolomita i šupljikavih kristaliničnih vrapnenaca s reliktima stromatolita, peritajdalnih breča i lateritично–boksitičnih premaza i ispuna. Na dolomitima slijedi *Član Vrana* (donji cenoman) s tanjeslojevitim i laminiranim peritajdalnim vrapnencima s ostrakodima, miliolidama, gastropodima i cijanobakterijskim laminitima. *Formaciju Belej* (donji–srednji cenoman) predstavljaju srednjedebelo do debeloslojeviti

pelagički vrapnenci s kalciferulidama i planktonskim foraminiferama. Kao bočni ekvivalenti su *Član Niska* (cenoman) s debeloslojevitim i masivnim rekristaliziranim mikritnim i rudistno–bioklastičnim zrnastim vrapnencima i *Formacija Milna* (srednji–gornji cenoman) sa srednje debeloslojevitim plitkomorskim mulnjim i zrnastim vrapnencima s bentičkim foraminferama, radiolitidima i hondrodontama. Na tome slijedi *Formacija Sveti Duh* (gornji cenoman–donji turon) s debeloslojevitim pelagičkim biomikritnim vrapnenacima s kalciferulidama i rijetkim planktonskim foraminiferama. Na Lošinju je izdvojena *Formacija Liski* (gornji cenoman–konijak) koja je obilježena debeloslojevitim pelagičkim vrapnencima, ali često s različito debelim rudistno–bioklastičnim ulošcima. *Formaciju Gornji Humac* (turon–konijak) predstavljaju peritajdalni vrapnenci s bentičkim foraminferama, taumatoporelama, eolisakusima i hipuritidnim rudistima. Nakon toga slijedi opličavanje i emerijska faza s boksitima do donjeg–srednjeg eocena kada se prvo talože smeđi tanjeslojeviti vrapnenci s miliolidama i koničnim foraminferama (*Član Kozina*), a zatim *Foraminferski vrapnenci* (donji–srednji eocen) s debeloslojevitim vrapnencima s miliolidama, alveolinama, koničnim foraminferama, numulitima, diskociklinama i dr. Na Foraminferskim vrapnencima dolaze *Prijelazne naslage* (srednji eocen) s laporovitim gomoljastim vrapnencima s diskociklinama i glaukonitnim zrnima te debljim paketima sivkastih laporan. Na Lošinju, Unijama, Susku i Srakanama je izdvojen *Pjeskoviti les* (Susak les, gornji pleistocen) kao masivni pjeskoviti les s paleolitima, proslojcima tefre, laminiranim pijeskom i čestim vrapneničkim konkrecijama. Na nekoliko je mjesta izdvojen općenito *Koluvij* kao rastresiti i nesortirani materijal, kršje i šljunak u siltozno–glinovitom matriksu. Na padinama Osorćice na nekoliko je mjesta izdvojen *Sipar* kao obronački nevezani materijal izgrađen od uglastih fragmenata različitih karbonatnih stijena.

Tektonska grada otoka Cresa, Lošinja i okolnih otoka je obilježena brojnim reverznim rasjedima generalno dinaridskog pružanja. Na krajnje sjevernom dijelu otoka Cresa i zapadno od Vranskog jezera utvrđeni su rasjedni kontakti s reversnim i navlačnim pomacima kojim su donjakredne jedinice doveđene iznad različitih gornjakrednih i paleogenskih naslaga.



Slika 1. Osnovna geološka karta Republike Hrvatske 1:50 000, Cres i Lošinj (FUČEK et al., 2012; FUČEK et al., 2014).

Figure 1. Basic Geological Map of the Republic of Croatia 1:50 000, The Island of Cres and Lošinj (FUČEK et al., 2012; FUČEK et al., 2014).

Literatura:

FUČEK, L., MATIĆEC, D., VLAHOVIĆ, I., OŠTRIĆ, N., PRTO-LJAN, B., KORBAR, T. & HUSINEC, A. (2012): Osnovna geološka karta Republike Hrvatske (*Basic Geological Map of the Republic of Croatia*) 1:50 000 list (sheet) Cres 2.– Hrvatski geološki institut (*Croatian Geological Survey*), Zagreb, ISBN: 978-953-6907-26-7.

FUČEK, L., MATIĆEC, D., VLAHOVIĆ, I., OŠTRIĆ, N., PRTO-LJAN, B., KORBAR, T. HUSINEC, A. & PALENIK, D. (2014): Osnovna geološka karta Republike Hrvatske (*Basic Geological Map of the Republic of Croatia*) 1:50 000 list (sheet) Cres 4.– Hrvatski geološki institut (*Croatian Geological Survey*), Zagreb, ISBN: 978-953-6907-29-8.

Interpretacija 3D seizmike i seizmička karakterizacija miocenskih breča na poljima Obod-Lacići i Kućanci-Kapelna

Interpretation of 3D seismic and seismic characterization of Miocene breccias on Obod-Lacići and Kućanci-Kapelna field

Igor Futivić, Vlatko Bilić-Subašić & Željka Sladović

INA-Oil Industry Plc., Šubićeva 29, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: interpretacija 3D seizmike, analiza seizmičkih atributa, združeni seizmički atributi

Key words: seismic interpretation, seismic attribute analysis, multiattribute

U ovom radu opisani su rezultati interpretacije 3D seizmike i analiza seizmičkih atributa na poljima Obod-Lacići i Kućanci-Kapelna. Za pripremu EOR projekta važno je imati pouzdan geološki model. Ovisno o rezultatu interpretacije 3D seizmike i novom geološkom modelu ovisiti će i projekt utiskivanja CO₂.

Zadatak reinterpretacije seizmike je utvrđivanje strukturno-tektonskih elemenata, te rješavanje litoloških (ležišnih) svojstava miocenskih breča. Nakon strukturne interpretacije izrađeni su i analizirani seizmički atributi tragova, horizonta, atributi kontinuiteta, te združeni seizmički atributi. Cilj izrade seizmičkih atributa je dobiti više informacija o sadržaju, kvaliteti i diskontinuitetima unutar ležišta kao i u međuprostoru.

U skladu s proizvodnim podacima prepoznate su seizmičke indikacije koje mogu predstavljati granice tj. barijere unutar miocenskih ležišta. Konačni rezultat ovog rada je utvrđivanje novog strukturno tektonskog sklopa, a analiza atributa doprinijela je novom načinu opisivanja ležišta koji je od znatne pomoći za njegovo bolje razumijevanje.

The paper describes results of 3D seismic interpretation and attributes analysis on Obod-Lacići and Kućanci-Kapelna fields. For preparation of EOR projects, it is very important to have reliable geological model. Project of CO₂ injection will depend on the results of the 3D seismic interpretation and new geological model.

3D seismic interpretation was performed by using standard procedure, starting from tying the well's depth data to seismic time data. After structural interpretation seismic attribute analysis was performed. Different seismic attributes were extracted from the seismic as attributes of trace, attributes of horizon, continuity attributes and multiattribute. The aim of seismic attribute analysis was to obtain more information about structural, tectonic and stratigraphy settings and reservoir characteristic.

The main objective was to find seismic indications (attribute), which can describe barriers that could represent the borders of each reservoir/hydrodynamic unit. 3D seismic interpretation resulted in new structural and tectonic solution as well as detail characterization of reservoir. Seismic attribute analysis resulted with new way of reservoir delineation.

Dijatomiti u Hrvatskoj: njihov potencijal kao prirodni insekticid

Diatomite in Croatia: Their Potential as Natural Insecticide

Ines Galović¹, Josip Halamić¹, Vlatka Rozman², Zlatko Korunić³, Anita Liška²,
Renata Baličević² & Pavo Lucić²

¹ Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, P.O.Box 268, 10 000 Zagreb, Republika Hrvatska

² Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Kralja Petra Svačića 1d, 31 000 Osijek, Republika Hrvatska

³ Diatom Research and Consulting Inc., 14 Tidefal Dr. Toronto, ON, MW 1J2, Canada

Klučne riječi: dijatomiti, insekticidi, Sarmat, Hrvatska

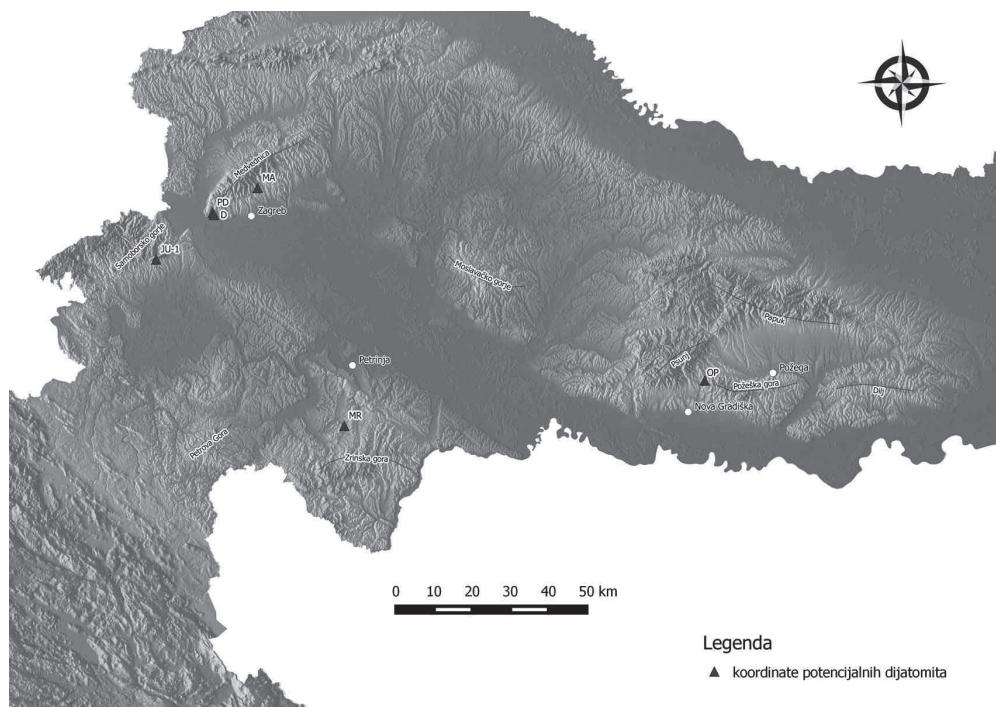
Key words: Diatomite, Insecticide, Sarmatian, Croatia

Prva nalazišta dijatomita u Hrvatskoj vezana su za dijatomejske tripolije (tripolit) u području Dolja kraj Zagreba (PANTOCSEK, 1903, GORJANOVIĆ-KRAMBERGER, 1908, JURILJ, 1957, KOCHANSKY-DEVIDÉ, BAJRAKTAREVIĆ, 1981 i GALOVIĆ & BAJRAKTATRVIĆ, 2006), te Lopatice i Gornje Šemnice u Hrvatskom zagorju (BAJRAKTAREVIĆ, 1984). U okviru istraživanja za kartu (OGK RH 1:50 000) od 2000. do 2004. godine otkriveno je još nekoliko nalazišta dijatomita i to na području Medvednica (Marakuševec), Hrvatskog zagorja (Crkovec), Plešivice (Jurjevčani) i Požeške gore. Za potrebe projekta Hrvatske zaklade za znanost (HRZZ, 2014), istraživanja su danas proširena i na područje Banovine te Slavonije u svrhu pronalaska dijatomita za eventualnu komercijalnu eksplotaciju. U Banovini je ot-

kriveno još nekoliko lokaliteta (Martinovići, Prnjavor Čunatički i Deanovići), kao i u Slavoniji (Opatovac) (Sl. 1).

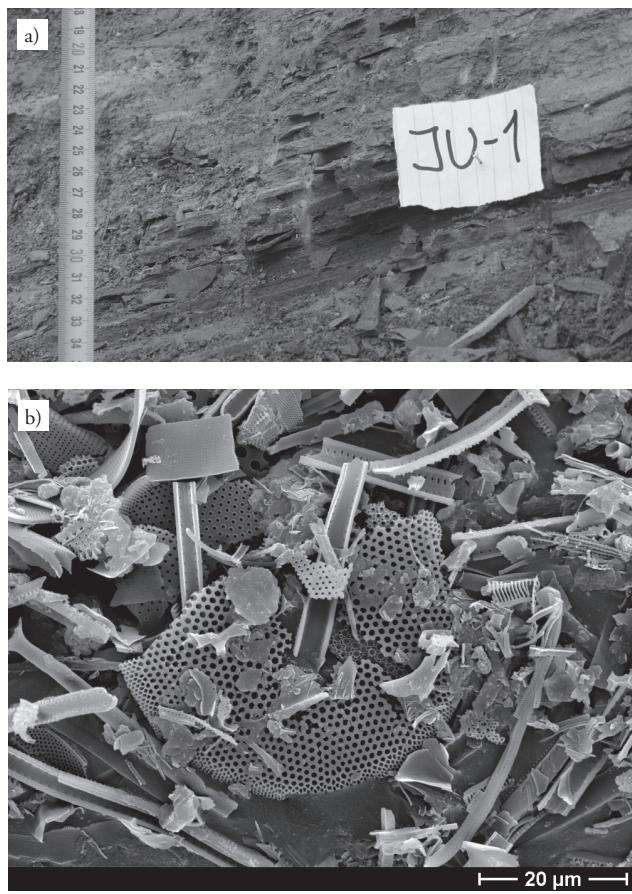
Dijatomit (dijatomejska zemlja) je porozni, slabo do umjerenog očvrslji silicijski sediment, koji sadrži više od 70 % skeletnih ostataka dijatomeja (Sl. 2). Nastao je taloženjem u alkalnoj vodenoj sredini (marinskoj/jezerskoj) hladnijih do umjerenijih klimatskih područja, koja su kod nas zabilježena krajem karpata (15,9 Ma) i za vrijeme sarmata (11,2 – 12,2 Ma).

Preliminarni rezultati analiza na dijatomeje govore o dominaciji *Coscinodiscus* vrsta, *Thalassionema nitzschoides* (GRU-NOW) MERESCHKOWSKY i trajnih spora, čije veličine gotovo ne prelaze 50 mikrona.



Slika 1. Lokaliteti nalazišta istraživanih dijatomita u Hrvatskoj.

Figure 1. Localities of investigated diatomites in Croatia.



Slika 2. a) Izdanak dijatomita (dijatomejske zemlje); b) Fotografija pod elektronskim mikroskopom (SEM).

Figure 2. a) The outcrop of the Diatomaceous earth (D.E.) as diatomite; b) Electron microscope image (SEM).

Tipični kemijski sastav dijatomejske zemlje kreće se od 70–90 % amorfног silicija, 2–4 % minerala glina, a 0,5–2 % otpada na željezne okside.

Komercijalno dijatomejsku zemlju koriste za razne namjene u industriji (kozmetička, metalna, kemijska, medicins-

ka, optička i dr.). U okviru projekta Hrvatske zaklade za znanost pod nazivom „Razvoj formulacija novih prirodnih insekticida na osnovi inertnih prašiva i botaničkih insekticida i njihovih kombinacija kao zamjena za sintetske konvencionalne insekticide“ testirani su uzorci dijatomejske zemlje s lokaliteta na području Hrvatske, koji bi bili pogodni za upotrebu u agroindustriji kao netoksičan prirodni insekticid za suzbijanje štetnika u silosima žita. Na temelju do sada analiziranih uzoraka može se reći da u R. Hrvatskoj na nekoliko lokalteta nalazimo dijatomite koji pokazuju izvrsnu učinkovitost na testirane insekte. U ovom projektu istraživački tim čine stručnjaci Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku pod vodstvom prof. Vlatke Rozman kao nositelja projekta, tvrtke Diatom Research and Consulting Inc. iz Kanade te Hrvatskog geološkog instituta, Zagreb.

Literatura:

- BAJRAKTAREVIĆ, Z. (1984): The application of microforaminiferal association and nannofossils for biostratigraphic classification of the Middle Miocene of N. Croatia.– *Acta Geologica*, 49/1, 1–34, Zagreb.
- GALOVIĆ, I. & BAJRAKTAREVIĆ, Z. (2006): Sarmatian biostratigraphy of the Mt. Medvednica at Zagreb based on siliceous microfossils (North Croatia, Central Paratethys).– *Geologica Carpathica*, 57, 199–210. Bratislava.
- GORJANOVIĆ-KRAMBERGER, D. (1908): Geologiska prijegledna karta Kraljevine Hrvatske - Slavonije. Tumač geologičkoj karti Zagreb.– Nakl. Kralj. zemalj. vlade, Odjel za unutar. poslove, Zagreb, 75 p.
- HRZZ Research Projects (IP-11-2013) (2014): Project 5570 „DIACROMIXPEST“ Development of new natural insecticide formulations based on inert dusts and botanicals to replace synthetic, conventional insecticides“.
- JURILJ, A. (1957): Dijatomeje Sarmatskog mora okoline Zagreba.– In: UGRENOVIĆ, A. (ed.): *Acta Biologica I. JAZU*, knjiga 28, 5–134.
- KOCHANSKY-DEVIDÉ, V. & BAJRAKTAREVIĆ, Z. (1981): Miocen (baden i sarmat) najzapadnijeg ruba Medvednice.– *Geološki vjesnik*, 33, 43–48, Zagreb.
- PANTOCSEK, J. (1903): Beiträge zur Kenntniss der Fossilien Bacillarien Ungarns.– Nagytapolcsany-Pozsony, Berlin, 3 Teil.

Muscovite micro textures as a clue for interpretation of sediment transport

Mikroteksture muskovita kao ključ pri interpretaciji transporta sedimenta

Lidija Galović & Hrvoje Posilović

Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10 000 Zagreb

Key words: muscovite, quartz, microtextures, alluvial transport, aeolian transport

Ključne riječi: muskovit, kvarc, mikroteksture, aluvijalni transport, eolski transport

Each investigation of a loess section begins with field work and the first question: Is it loess sensu stricto or redeposited loess material? Often it is very difficult to distinguish, but the whole approach to research depends on the answer.

Our research was focused on wear micro textures of muscovite and quartz grains and their usability in the sediment transport interpretation. In previously published papers (KRINSLEY & DONAHUE, 1968, MAZZULLO & RITTER, 1991, MAHANEY et al., 2001) on mineral grains transport, researchers are almost exclusively focused on abrasion and impact micro textures on mechanically and chemically resistant quartz grains. There is a very extensive work on this topic, especially in the field of aeolian sediment transport. Based on quartz grain research, it is possible to distinguish micro textures formed as a consequence of water, wind or ice transport media.

Still, there is a problem in the case of short or non-intensive sediment transport, when quartz grains are not stressed enough to develop characteristic micro textures. This is particularly important in the case of multiple grain transport or resedimentation. The last transport mechanism in most cases

cannot overprint micro textures developed on quartz grains during the previous transport stage. This is especially case for the aeolian reworking of fluvial deposited material, but also for short fluvial resedimentation of aeolian sediments.

In our research, muscovite grains came out as an excellent material for micro texture study. Muscovite has very high chemical resistance in common atmospheric conditions (almost like quartz), but low mechanical hardness (Mohs 2½ to 3). Layered structure and perfect basal cleavage result in muscovite characteristic platy appearance. In our study, material from known localities (the Zmajevac loess section), with previously interpreted sedimentological conditions, is examined; the micro textures were compared with the interpretation based on quartz grains and sediment textures (Fig. 1). In the second stage of our research, muscovite from the source rocks (pegmatite, granite and mica schist) is collected and used as a reference material. Furthermore, stream sediments representing mineralogical composition of catchment area (occupied by above mentioned muscovite bearing rocks) are sampled on the several downstream locations. Collected material is compared with the reference material from the

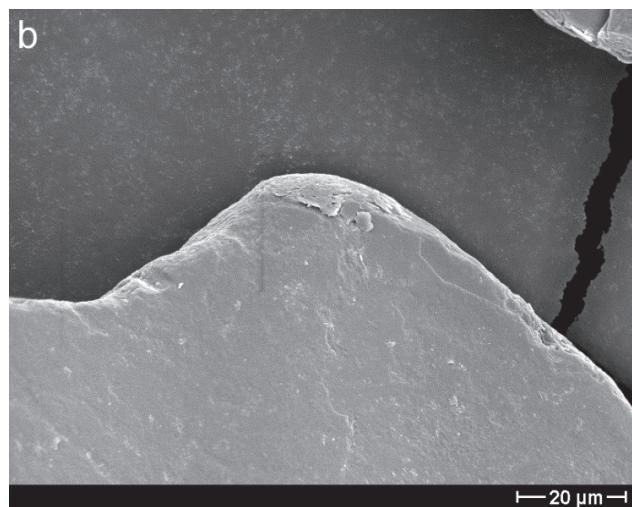
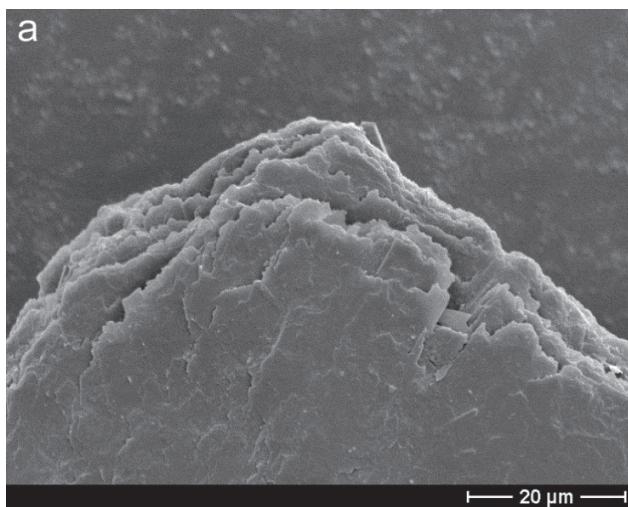


Figure 1. a) SEM image of muscovite plate from Zmajevac section transported by wind. b) SEM image of muscovite plate from Zmajevac section transported by water.

Slika 1. a) SEM slika pločice muskovita s profila Zmajevac prenošena vjetrom. b) SEM slika pločice muskovita s profila Zmajevac prenošena vodom.

source rocks to establish relation between transport distance, water energy and developed micro textures on both, muscovite and quartz grains. Additionally, a numerous experiments in water and wind transport media were conducted in a well-controlled laboratory environment. An experimental setup was constructed in order to simulate fluvial and aeolian grain transport. During each experiment flow intensity of water or air stream was varied and measured. Experiments duration was between 2 hours and 7 days.

Our results showed that muscovite wear micro textures can be successfully used in sediment transport interpretation (Fig. 1). Quartz micro textures indicate transport mechanisms that grains were exposed to and often it is hard to distinguish order, duration and energy needed for their formation. Thus, we cannot exclude possibility that formation of a micro texture on quartz grain is related to physical weathering of source rock or transport just after weathering, nor we

could unequivocally conclude about the last sedimentation process. However, muscovite micro textures reflect the last sediment transport media better than quartz grains.

REFERENCES:

- KRINSLEY, D.H. & DONAHUE, J. (1968): Environmental interpretation of sand grain surface textures by the scanning electron microscope.– Trans. N. Y. Acad. Sci. Ser., 31, 457–477.
- MAHANEY, W.C., STEWART, A. & KALM, V. (2001): Quantification of SEM microtextures useful in sedimentary environmental discrimination.– Boreas, 30, 165–171.
- MAZZULLO, J. & RITTER, C. (1991): Influence of sediment source on the shapes and surface textures of glacial quartz sand grains.– Geology, 19, 384–388.

"This work has been fully supported by the Croatian Science Foundation under the project 4425".

Aktivnosti Odsjeka za zaštitu geološke baštine

Activities of the Geoheritage Protection Section

Lidija Galović¹ & Marija Bošnjak Makovec²

¹ Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, Zagreb

² Hrvatski prirodoslovni muzej, Demetrova 1, Zagreb

Ključne riječi: interaktivna izložba, promocija znanosti, geobaština, geokonzervacija

Key words: interactive exhibition, science promotion, geoheritage, geoconservation

Odsjek za zaštitu geološke baštine Hrvatskog geološkog društva (HGD) u razdoblju između Dana planete Zemlje (22. travnja) i Međunarodnog dana biološke raznolikosti (22. svibnja) već tri godine promiče geologiju kao znanost u osnovnim i srednjim školama kroz interaktivnu izložbu „Upoznaj Zemlju – Zaviri u mikroskop!“

S obzirom da je geologija jedina prirodna znanost koja nije zastupljena samostalnim predmetom u nastavnom programu hrvatskih osnovnih i srednjih škola, Odsjek za zaštitu geološke baštine HGD-a pokrenuo je u proljeće 2013. godine promicanje geologije kao znanosti. U radu sudjeluju geolozi s Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, Hrvatskog geološkog instituta, Hrvatskoga prirodoslovnog muzeja, INA – Industrije naftе, d.d., Državnog zavoda za zaštitu prirode, umirovljenici, studenti geologije i nezaposleni geolozi, sve članovi Hrvatskog geološkog društva. Priznanje Izložbe jest dobivanje Uputnice Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta RH, a na preporuku Agencije za odgoj i obrazovanje, da izložba „Upoznaj Zemlju – Zaviri u mikroskop!“ bude dio u kurikulumima nastave (preporučeni dodatak nastavnom programu).

Pored interaktivne izložbe „Upoznaj Zemlju – Zaviri u mikroskop!“ članovi Hrvatskoga geološkog društva promiču geologiju i na međunarodnim projektima popularizacije znanosti, kao što je Znanstveni piknik.

Aktivnostima Odsjeka za zaštitu geološke baštine nastoji se istaknuti značaj geologije kao temeljne znanosti od strateškog značaja i da je to jedina prirodna znanost koja nije zastupljena samostalnim predmetom u školstvu. Naime, 1946. godine su u gimnazijama ukinuti predmeti geologija s paleontologijom i mineralogijom s petrografijom, a dijelovi tog gradiva uvršteni su u nastavne programe predmeta geografija i biologija te dijelom kemija (KOCHANSKY-DEVIDÉ, 1970).

Izložbom „Upoznaj Zemlju – Zaviri u mikroskop!“ promičemo hrvatsku geološku baštinu i promičemo geologiju kao znanost, osvještavajući mlađe naraštaje o značaju geologije i njezine prisutnosti u svakodnevnom životu. Kroz inte-

raktivan rad s djecom potičemo njihov istraživački duh i podučavamo ih kako zaštiti i očuvati geobaštinu.

Članovi Odsjeka za zaštitu geološke baštine svojom aktivnošću pridonose ostvarenju učinkovite zaštite geološke baštine i njenom promicanju. Danas su u Hrvatskoj zaštićena 420 područja u različitim kategorijama, od kojih je 50 geoobjekata/geolokaliteta i to 49 u kategoriji „spomenik prirode“ i 1 u kategoriji „posebni rezervat“ što čini oko 12 % od ukupnog broja zaštićenih područja. 8 kao nacionalni park i 11 kao park prirode (podaci preuzeti 28.4.2015. s www.mzoip.hr/hr/priroda). Dana 23. travnja 1999. godine Papuk je zaštićen kao Park prirode zbog izuzetne geološke i biološke raznolikosti te vrijedne kulturne i povijesne baštine, a 2007. godine je, kao prvo takvo područje u Hrvatskoj, dobio status geoparka (www.papukgeopark.com). U novije vrijeme (2012.g.) preventivno je zaštićen Gorjanovićev praporni profil u Vukovaru i pokrenut je postupak njegove trajne zaštite. Trajno su zaštićene Vrgorачke kamene kugle 2011. g.

Tijekom geološke prošlosti život koji se pojavio na Zemlji prošao je mnoge promjene i ostavio trag na okolišu u kojem živimo. Dokazi evolucije pohranjeni su u stijenama, a kako bismo saznali što više o nekadašnjem životu na Zemlji neophodno je pojedine značajne stijenske zapise proučavati i sačuvati za buduće generacije. Često se u nepovrat gube dokazi o nastanku našeg planeta, evoluciji biljnog i životinjskog svijeta i čovjeka. Svjesni činjenice da je geološka baština dio cjelokupne čovjekove baštine, i to najstarija, potrebno joj je pridati jednaku pozornost kao i drugim dijelovima baštine i odgovarajuće ju zaštiti.

Literatura / Essential information:

KOCHANSKY-DEVIDÉ, V. (1970): Potreba uvođenja geologije u srednje škole.– VII kongr. geol. SFRJ (Predavanja), 1, 30–33, Zagreb.

Internet izvori:

www.mzoip.hr/hr/priroda/

www.papukgeopark.com

Dynamics of the Vrgorac polje Quaternary sedimentation

Dinamika sedimentacije kvartarnih sedimenata u Vrgorackom polju

Lidija Galović & Hrvoje Posilović

Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10 000 Zagreb

Key words: Vrgorac polje, soft sediment deformations (SSD), lake lime

Ključne riječi: Vrgorac polje, jezerski sediment, jezerska kreda, deformacije mekog sedimenta

Sedimentology and its dynamics in the Vrgorac polje area during the Pleistocene and Holocene are investigated.

The Vrgorac polje is a karst field situated at the southern edge of the Dalmatian Zagora enclosing the area of 37 km², elevation above the sea level is between 20 and 28 m. The most important water stream of this area is the Matica River. Its water originates from the springs in the north-west of Vrgorac polje and flows into the Bačinska lakes through the Staševica, Krotuša, Crni Vir and Krtinovac swallow hole and artificial Prigon channel. Before the digging of the additional drainage canals, it used to be a lake during most of the year.

Data were collected from the drilling cores and from the outcrops in the field.

In the karst field depression Pleistocene and Holocene clay and silt were deposited in lake and swamp environment, reaching maximal thickness of 15 meters. These sediments

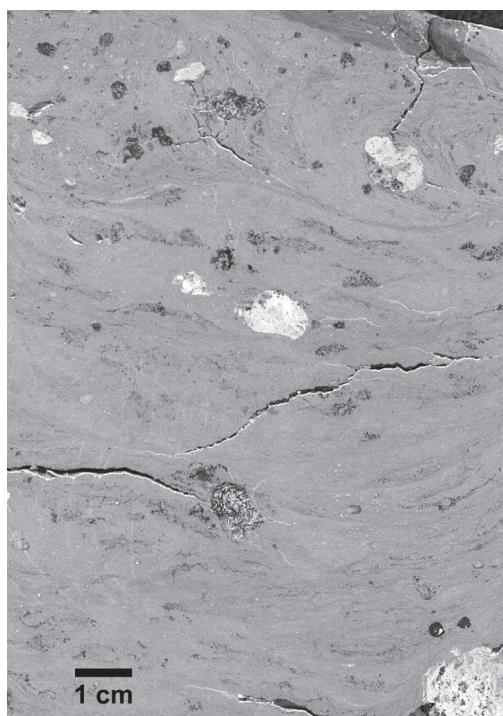


Figure 1. Limestones rocks fragments in redeposited clays.

Slika 1. Fragmenti vapnena u pretaloženoj glini.



Figure 2. Soft Sediment Deformations in the sediment layer between clays and lake lime.

Slika 2. Deformacije nevezanog sedimenta u sloju sedimenta između gline i jezerske krede.

were continuously fed by limestone Cretaceous rocks from surrounding slopes (Fig. 1).

The older Pleistocene sediments are represented with clay silt and clay in the south-east part of the lake, whereas during the Holocene lake lime sediment is deposited the north-west area.

Clay sediments are intensively coloured by iron and manganese oxide and hydroxide impregnations. Whitish lake lime is almost completely composed from characean algae and with rare remains of ostracodes and molluscs.

Between older clays and younger lake lime is layer representing an archive of intensive dynamics of erosion and resedimentation as a consequence of periodical strong current flows. Carbonate intercalations in the clay sediments in

the southern part of the lake were deposited due to extensive erosion of the lake lime from the north.

Quick deposition rates on the top of still unsolidified clay sediment are marked by Soft Sediment Deformations (SSD) (water escape and convolution) (Fig. 2). The lake was periodically completely or partially dried up, giving the place for pedogenetic processes to appear.

The erosion of the lake lime from the west exposed older Pleistocene and Holocene clay and silt sediments. This

material was much better parent material for pedogenesis, than lake lime on the south. As a consequence, today we have much thicker soil horizon on the north-west polje area ($>1\text{ m}$), than on the south-east (0.2-0.3 m). Recently, soil and older sediment erosion is still present, but in much smaller extent.

"This work has been fully supported by the Croatian Science Foundation under the project 4425".

Inženjerskogeološko kartiranje tunela „Omiš“

Engineering geological mapping in the tunnel “Omiš”

Davor Garašić¹ & Mladen Garašić²

¹ Viadukt d.d., HR-10 000 Zagreb, Kranjčevićeva 2

² Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, HR-10 000 Zagreb, Kačićeva 26

Ključne riječi: inženjerskogeološko kartiranje, krš, tunel, Omiš, Hrvatska

Key words: engineering geological mapping , karst, tunnel, Omiš town, Croatia

1. Osnovne značajke tunela

Tunel „Omiš“ nalazi se u sklopu državne ceste D8 Stobreč – Dugi Rat – Omiš i najduži je od 5 projektiranih tunela spomenute obilaznice. Izgradnji obilaznice pristupilo se zbog gustog prometa, a s time i velikih zastoja u prometu na magistralnoj cesti koja prolazi kroz grad Omiš. Radovi s južne strane rijeke Cetine obuhvatili su iskope dvaju tunela „Omiš“ i „Brzet“.

Nadsloj je pretežito mali, a najveća debljina nadsloja je na srednjem dijelu tunela „Omiš“. Nadsloj na dva mesta prelazi debljinu od 200 metara, a njegova najveća debljina iznosi 210 metara. Duljina cijevi tunela „Omiš“ iznosi 1459 m. O tunelu je pronađeno i sustavno istraženo nekoliko kaverni. Ulazni dijelovi tunela posebno su obrađeni inženjerskogeološkim kartiranjem (GARAŠIĆ, 2014).

Proboj tunela i stabilizacija iskopa projektirani su prema NATM (nova austrijska tunelska metoda). Radovi na iskopu počeli su u prosincu 2009. godine. Iskop tunela se izvodio

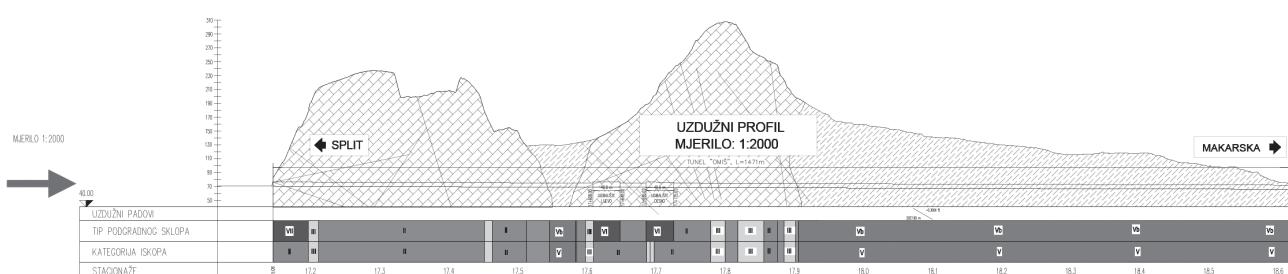
pažljivim miniranjem i mehaničkim putem (otkopnim čekićem) te kombinacijom ova dva načina. Proboj tunelske cijevi ostvaren je krajem siječnja 2013. godine čime je ostvaren prosječno napredovanje oko 2,0 m proboja tunela na dan. Pružanje tunela je približno zapad -istok – jugoistok. Proboj tunela vršen je s jednosmјerno, s jugoistočne strane.

2. Geološke značajke tunela

Najveći problem pri iskopu tunela „Omiš“ predstavljale su velike razlike u kvaliteti stijenske mase. Kvaliteta stijenske mase određivala je i način izgradnje navedenog objekta što ga čini jednim od tehnički komplikiranijih podzemnih građevina ikada izgrađenih u Hrvatskoj.

Stijenski masiv u kojem se nalazi tunel „Omiš“ građen je od (BLAGUS et al., 2007; GARAŠIĆ, 2008; KUHTA et al., 2008; MARINČIĆ et al., 1977):

- Omiških vapnenaca (Bv, V; K_{2,5,6}, Pg) svjetlosive do bijele boje, rekristaliziranih i brečastih, te izrazito



RMR KATEGORIZACIJA STIJENSKE MASE:

[Grey Box]	II kategorija kvalitete stijenske mase prema RMR-u
[Light Grey Box]	III kategorija kvalitete stijenske mase prema RMR-u
[Dark Grey Box]	IV kategorija kvalitete stijenske mase prema RMR-u
[Very Dark Grey Box]	V kategorija kvalitete stijenske mase prema RMR-u - portalna zona

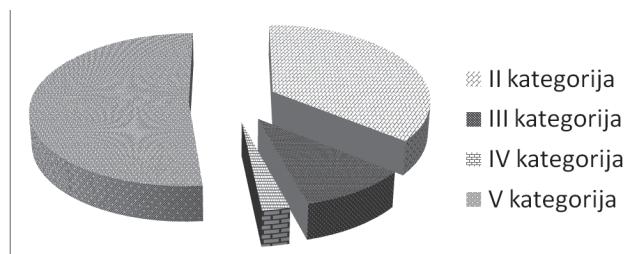
LEGENDA:

[Diagonal Lines Box]	Omiški vapnenci (Bv, V; K _{2,5,6} , Pg)
[Horizontal Lines Box]	Klastične flišne naslage (La, Kal; E2,3)
[Crosses Box]	Rasjed
[Empty Box]	Kaverna

Slika 1. Inženjerskogeološki profil tunela „Omiš“ s klasifikacijom stijena.

Figure1. Engineering geological cross-section of "Omiš" tunnel with rock mass classification.

OSTVARENA KATEGORIZACIJA		
	(m)	%
II kategorija	508,26	36
III kategorija	141,6	10
IV kategorija	36	2
V kategorija	734	52
	1458 m	



Slika 2. Postotak pojedinih kategorija stijena u tunelu „Omiš“
Figure 2. Percentage of rock mass classification in “Omiš” tunnel.

čvrstih i tvrdih. Prema osnovnoj geološkoj karti ovog područja položaji slojeva imaju tendenciju pada je prema sjeveroistoku, a kut nagiba je između 30 i 45 stupnjeva. Omiški vapnenci su na površini izrazito rastrošeni i raspucani;

- Klastičnih flišnih naslaga (La, Kal; E_{2,3}) u kojima prevladava sitnozrnati lapor izrazito niske čvrstoće bile su prevladavajući materijal pri iskopu prvog dijela tunela „Omiš“. Položaji slojeva flišnih naslaga ovog područja, prema osnovnoj geološkoj karti također imaju tendenciju pada prema sjeveroistoku, s kutom nagiba između 30 i 45 stupnjeva. Zbog svoje glinene komponente, uz prisustvo značajnijih količina vode, lapor još više gubi na svojoj čvrstoći, te ga je moguće mrviti rukama.

Pri malim promjenama vlažnosti od prirodne ne dolazi do značajne promjene čvrstoće. Međutim, pojedini primjeri pokazuju značajno smanjenje čvrstoće za više od 50%, nakon prvog ciklusa sušenja do približno suhog stanja, pa vlaženja do veličine upijanja. Dalnjim sušenjem i vlaženjem dolazi do dalnjeg smanjenja čvrstoće.

Prije početka radova na iskopu tunela „Omiš“ uzeti su neporemećeni intaktni uzorci laporanja, te je na njima provedeno ispitivanje jednoosne tlačne čvrstoće u Institutu IGH – Split. Rezultati su pokazali niske vrijednosti.

Prema traženju Investitora za klasifikaciju stijenske mase u tunelu „OMIŠ“ – primjenjena je geomehanička klasifikacija, poznata kao metoda RMR (prema eng. *Rock Mass Rating*), koju je 1973.g. razvio Z. T. Bieniawski. Za tu se klasifikaciju među najvažnija svojstva i podatke o stijenskoj masi ubraju jednoosna čvrstoća kao čvrstoća monolita, udio komada bušotinske jezgre duljih od 100 mm (označuje se s RQD, prema eng. Rock Quality Designation), zatim podaci o položaju, razmaku i stanju diskontinuiteta i podaci o podzemnoj vodi. Iz tih se svojstava i podataka dobiva ukupna ocjena i različiti se dijelovi stijenske mase svrstavaju u jednu od klase (kategorija), od dobre, I. klase do vrlo loše, V. klase, što je temelj za izbor načina gradnje tunela, duljinu eventualno nepodgrađenog raspona te za odluku o vrsti i materijalu podgrade (GARAŠIĆ, 2013). Na Slici 1. prikazan je profil tunela „Omiš“ s geološkim profilom i određenim stijenskim kategorijama, a na Slici 2. ostvaren udeo pojedinih kategorija tunelskog iskopa u postocima.

Literatura:

- BLAGUS, Z. & GULAM, V. (2007): Inženjerska geologija za most „Cetina“. Glavni geotehnički projekt za most „Cetina“, OpusGeo, Zagreb (neobjavljen).
- GARAŠIĆ, D. (2013): Završni izvještaj o inženjerskogeološkom kartiranju tunela „Omiš“ od stacionaže km n17+17+145 do km 18+604. 1–235. Viadukt.d.d., Zagreb (neobjavljen).
- GARAŠIĆ, M. (2008): Izvješće o speleološkom istraživanju rudnika laporanja kod Omiša. 1–65, Građevinski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb (neobjavljen).
- GARAŠIĆ, M. (2014): Inženjerskogeološko alpinističko kartiranje lijeve obale kanjona rijeke Cetine u zoni ulaznog zapadnog portala tunela „Omiš“, Građevinski fakultet, GIZ-110-026/2014, Zagreb (neobjavljen).
- Geotehnički projekt tunela „Omiš“. IPZ – Zagreb, 2008. (neobjavljen).
- Glavni projekt tunela „Omiš“ IPZ – Zagreb, 2008. (neobjavljen)
- KUHTA, M., NOVOSEL, T., FRANGEN, T. & PODOLSKI, L. (2008): Inženjerskogeološko snimanje i označavanje nestabilnih blokova na utjecajnom području tunela „Brzet“ kod Omiša. 1–27, HGJ, Zagreb. (neobjavljen).
- MARINČIĆ, S., KOROLIJA, B. & MAJCEN, Ž. (1977): Tumač za Osnovnu geološku kartu SFRJ, list Omiš K33-22. – Geološki zavod Zagreb, Savezni geološki zavod Beograd, 1–50.

Neki speleološki objekti u Zračnoj luci Dubrovnik

Some Caves at Dubrovnik airport

Mladen Garašić¹ & Davor Garašić²

¹ Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, HR-10 000 Zagreb, Kačićeva 26

² HR-10 000 Zagreb, Nova Ves 66

Ključne riječi: Speleologija, Krš, Zračna luka, Dubrovnik, Hrvatska

Key words: Speleology, Karst, Airport, Dubrovnik, Croatia

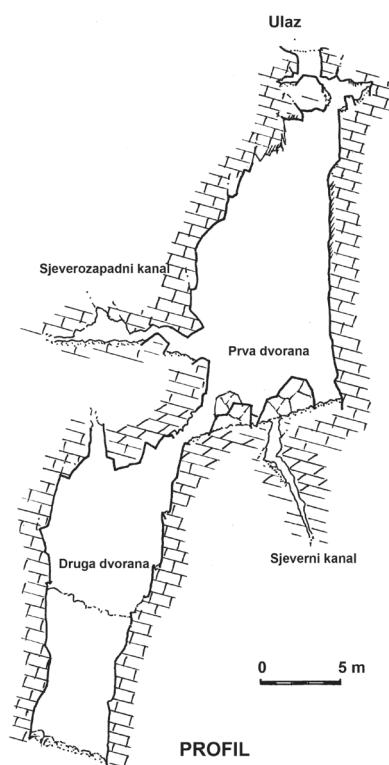
Za potrebe proširenja pristanišne zgrade „C“ u Zračnoj luci Dubrovnik, obavljena su detaljna speleološka istraživanja u svibnju i listopadu 2014. godine. Istraženo je novih 5 kaverni, što s već prije poznatih 6 iznosi ukupno 11 speleoloških objekata ispod pristanišne zgrade i ispod piste Međunarodne Zračne luke Dubrovnik. Jedan od speleoloških objekata je uređen za posjete turista što je jedinstven slučaj u svijetu. Njihova ukupna duljina iznosi više stotina metara. Najveća duljina jednog objekata iznosi 197 metara, a najveća dubina jednog objekta iznosi 58 metara.

Istraživani speleološki objekti (K-1a, K-1b, K-2, K-3, K-4, K-5) (Slike od 1 do 5) pokazuju znakove gravitacijske karstifikacije (GARAŠIĆ, 1986; 1989; 1991; 1995, u svojim gornjim dijelovima, a kod K-2 u donjim dijelovima objekta ima i tragova regresivne karstifikacije, tj. agresivnog napredovanja

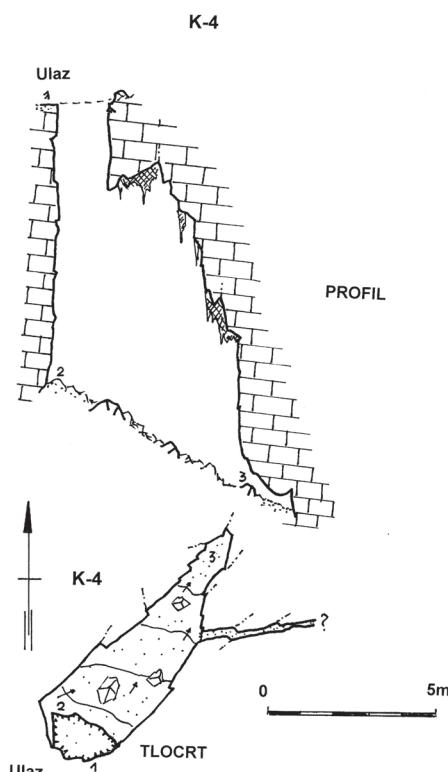
procesa okršavanja prema površini. Slična je situacija i u obližnjoj Đurovića spilji. Tragovi kolebanja razine podzemne vode nisu pronađeni. No uočeni su koroziji oblici speleo-thema. Dimenzije objekta mogu biti veće, ali je daljnji prolaz speleolozima onemogućen uskim kanalima, sigastim korama i/ili kamenim blokovima (GARAŠIĆ, 2013; 2014; 2015).

Lokacija planiranog objekta zgrade „C“ u Zračnoj luci Dubrovnik prema Osnovnoj geološkoj karti mjerila 1:100.000 Dubrovnik (MARKOVIĆ, 1966) i pripadajućem tumaču (MARKOVIĆ, 1966) izgrađena je od naslaga koje su kronostratigrafski određene kao naslage danskog kata, a najviši dijelovi moguće paleocena (K,Pc?). Slijedi kraći opis značajnijih objekata.

Kaverna K-2 koja se nalazi na geodetskim profilima između 4 i 5 –H, čije se mjesto spuštanja u vrijeme istraživanja



Slika 1. Profil dijela kaverne K-2 duboke 58 metara.
Figure 1. Profile of cave K-2 depth 58 meters.



Slika 2. Profil kaverne K-4 spod zgrade „C“ u Zračnoj luci Dubrovnik.
Figure 2. Profile of cave K-4 under building “C” at Dubrovnik airport.



Slika 3. Noćna fotografija istraživanja kaverne K-3.

Figure 3. Night photo of exploring cave K-3.

nalazilo na nadmorskoj visini 148,562 metara nad morem, nakon urušene stijene na ulazu, ima vertikalni nastavak jame, prvo 3,25 metara, zatim 4,55 metara, te još 14,75 metara. Na toj dubini jest prostorija s dnom veličine cca 9,0 x 12,0 metara. Ta je dvorana prekrivena kamenim blokovima koji su zauzeli središnji i sjeverni dio dvorane. Dimenzije te dvorane suzju se prema površini na cca 4,5 x 6,5 metara sve do uglavljene stijene na ulazu. Istočni i jugoistočni dio te dvorane je intenzivno sekundarno istaložen speleothemima (sigaste kore, ponegdje zavjese). Prema jugozapadu iz dvorane se prostire nastavak jame gdje slijedi slijedeći vertikalni skok u koso položenu dvoranu veličine cca 6,0 x 10,0 metara. U ovoj donjoj, drugoj dvorani, između kamenih blokova ima manji uski prolaz s najnižom točkom kaverne K-2 na 58,50 metara od sidrišta na bageru ili cca 63,00 metar ispod nivelete primarnog reljefa prije rušenja prijašnje zgrade zračne luke. Daljnji je prolaz ovdje speleolozima nedostupan. Nije uočeno intezivnije djelovanje podzemne vode niti na tim najdubljim dijelovima kaverne, ali je temperatura stijena bili niža za 0,5 °C u odnosu na prvu dvoranu. To se može objasniti povremenim strujanjem zraka koje je ovdje u vrijeme istraživanja «hladio» stijene. Genetski bi se jama proširivala i dalje po rasjednoj ravnini, paraklazi, pravca pružanja cca 44-225°. Iz prve dvorane na dubini od cca 25 metara od površine, ispod kamenih blokova nalazi se uski kosi i strmi prolaz koji prati smjer sjevera i vertikalno pada još oko 9 metara. Daljnji je nastavak tog kanala preuzak (sigaste tvorbe i kameni blokovi) za prolaz speleologa. Iz prve dvorane postoji još jedan nastavak prema sjeverozapadu. Treba se preko kamenih blokova ispenjati oko 2 metra do ulaza u bočni kanal te se kasnije po njemu provlačiti još oko 15 metara. Slijedi preuski nastavak kaverne u tom kanalu. Mjerenja koncentracije plina radona u kaverni K-2 : PAEC = 2911 nJ / m³; EEC = 523 Bq / m³; PAEE = 497,28 nJh / m³; dose = 0,744 µSv; Po-²¹⁸ = 2557 Bq / m³; ne mogu se nikako povezati s istovremenim mjerenjem koncentracije radona u obližnjoj Đurovića spilji: PAEC = 7792 nJ / m³; EEC = 1399,8 Bq / m³; PAEE = 1033,31 nJh / m³; dose = 1,447 µSv; Po-²¹⁸ = 6156 Bq / m³.

Kaverna K-5 koja se nalazi na geodetskim profilima između 2 i 3-D, čije se mjesto spuštanja u vrijeme istraživanja



Slika 4. Sige u kaverni K-1.

Figure 4. Speleothems in cave K-1.



Slika 5. Uzlaz u kavernu K-5 u Zračnoj luci Dubrovnik.

Figure 5. Cave descent in cave K-5 at Dubrovnik airport.

nalazilo na nadmorskoj visini 147 metara nad morem. Uzlazna vertikala od 7,65 metara, zatim još 2,45 metara, te strmi sipar dužine 8,15 metara. Na početku sipara visina stropa je 5,15 metara, u donjem dijeli oko 2,50 metar sa širinom 3,25 metarta. Dno jame je zaravnjeno veličine 1,55 x 2,15 metara i visine 1,25 metara. Velika količina speleothema.

Tijekom građevinskih radova za temelje zgrade „C“ u Zračnoj luci Dubrovnik došlo je određenih propadanja kamenog materijala u podzemlje što je upućivalo na pojavu kaverne. Uočeno je više takvih područja (od K-1a do K-5). Te kaverne nisu bile poznate niti otkrivene dotadašnjim istražnim radovima. Detaljnijim speleološkim istraživanjem ustanovljeno je da su sve kaverne smještene ispod buduće zgrede „C“ i da ih stoga treba posebno pozorno sanirati i zaštititi.

U spomenutim kavernama nisu uočene ikakve žive troglobiontske životinje što je razumljivo ako se uzme u obzir podaci da intenzivni građevinski radovi u Zračnoj luci Du-

brovnik traju već godinama, a da se sva iskapanja temelja za zgradu „C“ obavljaju isključivo tzv. „pick hammerima“ (a ne eksplozivima), te da su eventualni stanovnici tih speleoloških objekata već poodavno izmigrirali u neko sigurnije i mirnije mjesto i pornašli novo stanište. Uz to u Zračnoj luci koja kontinuirano djeluje preko 40 godina po prirodi posla prisutna je povećana buka i djelovanje ljudi i strojeva. Spominjemo i činjenicu da je na mjestu zgrade „C“ postojalo više građevinskih objekta izgrađenih prije 40 godina u funkciji Zračne luke Dubrovnik, što svakako nije bio bilo stimulativno za eventualna staništa troglobiontskih životinja u kavernama ispod tih objekata. Sigurno je, da u području nekadašnjih zgrada, a isto tako će biti i na istom području buduće zgrade „C“, smanjena količina atmosferske vode koja ponire i saturira podzemlje. Uz to tu je stalno prisutna buka koja nije u korelaciji sa šiljskim životinjama. Slična je situacija ustanovljena na mnogobrojnim prijašnjim gradilištima tunela u kršu i opće je poznata činjenica da troglobionti iz kaverni u tunelima već odmah po početku radova (čak i nekoliko kilometara udaljenih od njihovog staništa) migriraju u unutrašnjost krških sustava zbog izvora buke, potresanja i neprirodnih frekvencija.

Ustanovljeno je da kaverne nisu značajne u smislu zaštite prirode i okoliša, nije uočena stalna aktivna podzemna voda, a njihove su dimenzije takve da ne upućuju niti na eventualno podizanje razine podzemne vode. Povremena razina podzemnih voda može biti barem sedamdesetak i više metara ispod najniže točke ovih kaverni tj. na maksimalno 40 do 50 metara nadmorske visine. Kaverne nisu u nikakvom doticaju s obližnjom Đurovića pećinom.

Sve su istražene kaverne formirane u slojevima karbonatnih naslaga gornje krede (GARAŠIĆ et al., 2013) koji su blago nagnuti (između 10° i 20°) prema sjeveroistoku. No, njihova osnovna predisponiranost geneze vezana je uz pukotinske i rasjedne sustave koji su skoro okomiti na tzv. „Dinarski pravac“ pružanja. Ispravnost ovih postavki može se provjeriti uspoređivanjem položaja slojeva i tektonskih elemenata unutar obližnje Đurovića spilje što je napravljeno i prilikom ove i prijašnje speleološke prospekcije. Osim poznate Đurovića spilje (duljine oko 200 metara i duboke preko 35 metara), u neposrednoj blizini spominjanih kaverni na stajanci postojale su još dvije jame (Velika jama koja je duboka 31 metar i Mala jama koja je duboka 10,50 metara) koje su dokumentirane prilikom speleološkog istraživanja za izgradnju kontrolnog tornja i pristanišne zgrade zračne luke Dubrovnik koncem 1961. godine. Ti podaci govore i o određenom intezivnom vertikalnom okršavanju u ovom području. Nadmorska visina ovog područja jest oko 155 metara nad morem. I ovdje ima skretanja osi tektonskih pomaka. Detaljna speleološka istraživanja novootvorenih speleoloških objekata – jama (kaverne

K-1, do K-5), u području zgrade „C“ Zračne luke Dubrovnik, kraj Čilipa, Konavle, u Dalmaciji, pridonijeli su podatke o položaju, dimenzijama i morfologiji objekta. Riječ je o koljeničastim ili jednostavnim jamama s vertikalnom razlikom od 11 metara (K-4) i, odnosno 58 metara (K-2), koja se najvjerojatnije prostire i dublje, što još nije sigurno potvrđeno.

Ukupni volumeni novoistraženih kaverni procijenjeni su od 20 do 3000 m³. Nisu uočeni stalni aktivni vodeni tokovi unutar objekata, ali je postojanjem speleothema ustanovljena prisutnost vode prokapnice u kavernama. Speleothema ima ponegdje u obliku sigastih kora, stalaktita, stalagmita i koraljinskih oblika. Objekti su razvijeni pretežito u pravcu sjeveroistok – jugozapad, što odgovara položaju paraklaza sustava rasjeda koji su ovdje odigrali značajnu ulogu u speleogenezi.

Vrlo je vjerojatno da će se u dalnjim radovima naići na kaverne sličnog položaja na istim ili paralelnim rasjedima koji su u istom tektonskom kretanju (s rotirajućom osi) uzrokovanim generalnom subdukcijom.

Literatura:

- GARAŠIĆ, M. (1986): Hidrogeologija i morfogeneza speleoloških objekata u hrvatskom kršu.– Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 1–161.
- GARAŠIĆ, M. (1989): New conception of the morphogenesis and hydrogeology of the speleological objects in karst area in Croatia (Yugoslavia).– 10. International Congress of Speleology, Proceedings, vol. 1, 234–236, s. 8, Budapest, Hungary.
- GARAŠIĆ, M. (1991): Morphological and Hydrogeological Classification of Speleological structures (Caves and Pits) in the Croatian Karst area.– Geološki vjesnik, vol. 44, 289–300, fot.3, sl.4, Zagreb.
- GARAŠIĆ, M. (1995): Speleogeneza u okviru hidrogeologije krša i procesa karstifikacije.– 1. Hrvatski geološki kongres, Opatija, Zbornik radova, Proceedings, 177–182, Zagreb.
- GARAŠIĆ, M. & GARAŠIĆ, D. (2013): Some New Caves under Airport in Dubrovnik. Geophysical research abstracts, 15 (2013), 1, 4446–4447, Wien.
- GARAŠIĆ, M. (2013): Caves under Dubrovnik airport in Croatia.– 16th International Congress of Speleology. Proceedings, Volume 3., UIS, Czech Speleological Society, Praha, Czech Republic, 2013, 66–71.
- GARAŠIĆ, M. (2014): Speleološko istraživanje kaverni u području iskopa temelja zgrade „C“ u Zračnoj luci Dubrovnik. GIZ-110-024/2014, 1–60, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- GARAŠIĆ, M. (2015): Speleološko istraživanje kaverni u području iskopa temelja zgrade „C“ u Zračnoj luci Dubrovnik. GIZ-110-003/2015, 1–40, Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- MARKOVIĆ, B. (1966.): Osnovna geološka karta SFRJ 1: 100.000, list Dubrovnik, K34-39, Savezni geološki zavod, Beograd.
- MARKOVIĆ, B. (1975.): Tumač za OGK SFRJ 1: 100.000, list Dubrovnik, K34-39, 1–44.

Petrology and first U-Pb Zircon Age of Metarhyolite from the Vranica Mt., The Mid-Bosnian Schist Mountains

Petrologija i prva U-Pb na cirkonu određena starost metariolita Vranice planine, Srednjebosanske škriljave planine

Vesnica Garašić¹, Ivan Jurković¹(†), Boško Lugović¹(†) & Hazim Hrvatović²

¹ Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb, Pierottijeva 6, HR-10 000 Zagreb, Croatia
(vesnica.garasic@rgn.hr)

² Federal Institute for Geology, Ustanička 11, BA-71 210 Iliča, Bosnia and Herzegovina

Key words: metarhyolite, petrology, U-Pb zircon age, Gondwana margin

Ključne riječi: metariolit, petrologija, U-Pb starost cirkona, rub Gondwane

Introduction

The Vranica Mt. belongs to the allochthonous Paleozoic metamorphic complex of the Mid-Bosnian Schist Mountains (MBSM), incorporated within the Internal Dinaride. Paleozoic metamorphic complex of MBSM consists of Variscan metasediments, metavolcanics, limestones, dolomites and Permian post-Variscan formations (HRVATOVIĆ, 2006). According to PAMIĆ et al. (2004) the polyphase evolution of the MBSM Paleozoic complex is determinated by K-Ar and Ar-Ar whole rock and mineral ages which suggest a pre-Carboniferous age of the volcano-sedimentary protoliths, an Early Variscan metamorphism (-343 Ma), post-Variscan volcanism (288-238 Ma), an Early Cretaceous metamorphic overprint (121-92 Ma) and an Eocene (59-35 Ma) and Oligocene (31 Ma) metamorphic overprint connected to the Alpine compressional deformation. The newest Ar-Ar ages on biotite, muscovite and K-feldspar from mica-schists and phyllites of Buvovača and metarhyolites from Vranica Mt. (BOROJEVIĆ ŠOŠTARIĆ et al., 2007) indicate Variscan metamorphic event (305-285 Ma) overprinted by a Late Permian to Early Triassic (245 Ma) thermal event as also a metamorphic event during Eocene (45-42 Ma) and its retrograde stage (39-35 Ma).

The aim of this study is to determinate Pb-U zircon-age of the metarhyolite, regarded as being Silurian (HRVATOVIĆ, 2006) to Permian (JURKOVIĆ & MAJER, 1954).

Petrography

The samples of metarhyolite are collected in the vicinity of the Nadkrstač, the highest peak of the Vranica Mt., along the river Jezernica. They all show blasto-porphyritic texture and have simple mineral assemblage. It comprises coarse K-feldspar, albite and embayed quartz phenocrysts in the fine grained matrix consisting mostly of quartz, feldspar and albite. K-feldspar phenocrysts are subhedral crystals highly replaced by albite. Many of the quartz phenocrysts have recrystallized into subgrains or granoblastic aggregate. The ferromagnesian pheno-

crysts or their replacement aggregates do not occur. Zircon, rutile and apatite are accessory phases, randomly distributed in the fine grained matrix. Occasionally, some pyrite and goethite grains are found too. The samples have undergone to weak metamorphism.

Rock chemistry

Major, minor and trace element contents were determined by inductively coupled plasma emission and mass spectrometry in Acme Analytical Laboratories Ltd., Vancouver in Canada.

There are small variations in major oxide composition SiO_2 (69.93-71.26 wt. %), Al_2O_3 (12.26-15.01 wt. %), CaO (0.12-0.76 wt. %), MgO (0.67-1.15 wt. %), $\text{Fe}_2\text{O}_{3\text{tot}}$ (2.35-3.16 wt. %) and TiO_2 (0.48-0.59 wt. %). The content of K_2O varies from 5.53 to 6.35 wt. % and of Na_2O from 1.44 to 2.89 wt. %. When using Nb/Y vs. Zr/ TiO_2 diagram (PEARCE, 1996) the samples plot within the rhyodacite/dacite field. Analyzed metarhyolite contains less than 3.2 wt. % of Na_2O , $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}+\text{CaO})$ ratio greater than 1.1, white mica and SiO_2 content greater than 65.5 wt. %, which is typical S-type signature (CHAPPELL & WHITE, 1974). The geochemical characteristics of major elements point to the calc-alkaline and peraluminous affinity of magma.

The trace element concentrations of metarhyolite samples, normalized to chondrite composition show negative Ba, Nb-Ta, Sr and Ti anomalies, features being typical for the magmas originating at the active continental margin. The plotting of the metarhyolite samples in the (Yb+Ta) vs. Rb diagram (PEARCE et al., 1984) into volcanic arc field and their ratios of Ta/Yb (0.22-0.28) and Th/Yb (4.62-5.18) suggest subduction-related magma process too. The C1-chondrite normalized REE patterns display enriched (up to 115 times) monotonically decreasing REE abundances excluding pronounced negative Eu anomaly (0.28-0.31), which are typical for peraluminous magma.

U-Pb zircon age

The U-Pb analyses of ten zircons were made using SHRIMP-II in Activation Laboratories Ltd. in Canada. The Ahrens-Wetherill concordia plots (WETHERILL, 1956), probability density plots and concordia age calculations have been prepared using ISOPLOT/EX (LUDWIG, 1999). Zircons are characterized by good crystal outlines and cathodoluminescence imaging enabled identification of well-preserved igneous fine oscillatory zoning from, in some grains, inherited core. In order to date the last growth stage of zircon grains the crystal rims were analysed preferentially and eight analyses gave a concordia magmatic age of 463 ± 4 Ma (Th/U = 0.27-0.56). The age of 617.2 ± 6.1 Ma (Th/U = 1,1) is obtained from an inherited zircon core analysis.

Conclusion

The first U-Pb zircon ages of metarhyolite from the Vranica mountain improve our understanding of the evolution of the Internal Dinaride pre-Variscan basement. The similar Ordovician acid calc-alkaline metavolcanics of the low-grade volcano-sedimentary complexes are described in the West-Carpathian basement and interpreted as remnants derived from the northern active continental margin of the Gondwana (PUTIŠ et al., 2008) like the most pre-Variscan basement units of the Alps (von RAUMER et al., 2003). The geochemical features of the calc-alkaline peraluminous metarhyolite from Vranica Mt. are considered to indicate a partial melting of crustal source in subduction related tectonic setting. The metarhyolite plots into the field of collisional granites defined by MANIAR & PICCOLI (1989) and could represent a fragment of an Ordovician suture zone developed at the Gondwana margin after an Ordovician orogenic event evolved from an active margin setting to collision during a short time. This model is used to explain the formation of the calc-alkaline peraluminous Ordovician granites from pre-Variscan basement of Alps (von RAUMER et al., 2003).

References:

- BOROJEVIĆ ŠOŠTARIĆ, S., PALINKAŠ, L.A., STRMIĆ-PALINKAŠ, S., NEUBAUER, F. & ŠEHIC, S. (2007): A link between metamorphism and the formation of ore deposits in the Mid-Bosnian Schist Mts., Central Dinarides.– In: NEUBAUER, F. (ed.): Architecture of Collisional Orogenes: Eastern Alps versus China Central Orogenic Belt, University of Salzburg, 29–31.
- CHAPPELL, B.W. & WHITE, A.J.R. (1974): Two contrasting granite types.– Pacific Geology, 8, 174–174.
- HRVATOVIĆ, H. (2006): Geological guide book trough Bosnia and Herzegovina.– Geological Survey of Federation Bosnia and Herzegovina, Sarajevo, 172.
- JURKOVIĆ, I. & MAJER, V. (1954): Rhyolites from Vranica Mt. and albite rhyolites from Sinjakovo in Mid-Bosnian Schist Mts.– Vjesnik Zavoda za geol. i geofiz. istraživanja. NR Srbije, 11: 207–224, Belgrade.
- LUDWIG, K.R. (1999): User's manual for Isoplot/Ex, Version 2.10, A geochronological toolkit for Microsoft Excel. Berkeley Geochronology Center Special Publication No.1a, 2455 Ridge Road, Berkeley CA 94709, USA.
- MANIAR, P.D. & PICCOLI, P.M. (1989): Tectonic discrimination of granitoids.– Geo. Soc. Amer. Bull., 101, 635–643, New York.
- PAMIC, J., BALOGH, K., HRVATOVIĆ, H., BALEN, D., JURKOVIĆ, I. & PALINKAŠ, L.A. (2004): K-Ar and Ar-Ar dating of the Palaeozoic metamorphic complex from the Mid-Bosnian Schist Mts., Central Dinarides, Bosnia and Herzegovina.– Mineralogy and Petrology, 82, 65–79.
- PEARCE, J.A., HARRIS, N.B.W. & TINDLE, A.J. (1984): Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks.– Journal of Petrology, 25, 956–83.
- PEARCE, J.A. (1996): A user's guide to basalt discrimination diagram.– In: WYMAN, D.A. (ed): Trace element geochemistry of volcanic rocks; applications for massive sulphide exploration.– Geological Association of Canada, Short Course Notes, 12, 79–113.
- PUTIŠ, M., SEGEV, S., ONDREJKA, M., LARIONOV, A., SIMAN, P., SPIŠIAK, J., UHER, P. & PADERIN, I. (2008): Cambrian-Ordovician metasedimentary rocks associated with Cadomian fragment in the West-Carpathian basement dated by SHRIMP on zircons: a record from the Gondwana active margin setting.– Geologica Carpathica, 59/1, 3–18.
- von RAUMER, J.F., STAMPFLI, G.M. & BUSSY, F. (2003): Gondwana-derived microcontinents – the constituents of the Variscan and Alpine collisional orogens.– Tectonophysics, 365, 7–22.
- WETHERILL, G.W. (1956): Discordant uranium-lead ages.– Transactions of the Amer. Geophys. Union, 37, 320–326.

Middle Triassic radiolarians from Mt. Svilaja (External Dinarides, Croatia)

Srednjetrijaska radiolarijska fauna Svilaje (Vanjski Dinaridi, Hrvatska)

Špela Goričan¹, Tea Kolar-Jurkovšek², Bogdan Jurkovšek² & Dunja Aljinović³

¹ Ivan Rakovec Institute of Paleontology ZRC SAZU, Novi trg 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenia (spela@zrc-sazu.si)

² Geological Survey of Slovenia, Dimičeva ulica 14, SI-1000 Ljubljana, Slovenia
(tea.kolar-jurkovsek@geo-zs.si; bogdan.jurkovsek@geo-zs.si)

³ University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Pierottijeva 6, CR-10000 Zagreb, Croatia
(dunja.aljinovic@rgn.hr)

Key words: Radiolaria, Middle Triassic, paleoecology, intra-platform basin

Ključne riječi: radiolarije, srednji trijas, paleoekologija, intraplatformni bazen

Ladinian dark grey limestone with chert on Mt. Svilaja in Dalmatia yielded an unusual radiolarian assemblage, characterized by very low diversity of genera, high predominance of spumellarians and entactinarians over nassellarians, and pronounced abundance of spherical radiolarians with spongy cortical shell. The composition of this assemblage is presumably related to specific life conditions in a restricted intra-platform basin.

The Triassic succession in the study area is predominantly composed of shallow-water carbonates. The succession starts with 350 m of Lower Triassic shelf siliciclastics and carbonates, assigned to the Smithian in their lowermost part. The Lower Triassic beds are unconformably overlain by the dolomitic Anisian Otarnik Breccia and then by an approximately 150 m thick succession of pelagic carbonates and pyroclastic rocks ("pietra verde") whose deposition was related to the regionally well-marked rifting phase. Five conodont zones, from the *Neogondolella constricta* Zone (lower Upper Anisian) to the *Pseudofurnishius murchianus* Zone (Upper Ladinian-?Lower Carnian), were recognized in this interval (JELASKA et al., 2003). The deeper-water carbonates are overlain by an emersion breccia with bauxitic clayey matrix that is followed by thick-bedded Norian-Rhaetian limestone and dolomite.

Radiolarians were found 20 m above the main "pietra verde" horizon, in an 18 cm thick bed of dark grey bituminous biomicrite with chert. The associated limestone beds in this part of the section contain silicified calcareous algae, foraminifers, corals, gastropods, brachiopods, crinoids and ammonoids. The organic-matter content is generally high and determinable remains of terrestrial plants are also present. On the basis of conodonts and ammonoids, the radiolarian-bearing interval is assigned to the upper Lower Ladinian, that is, to the *Budurovignathus hungaricus* Conodont Zone (JELASKA et al., 2003) and to the *Protrachyceras gredleri* Ammonoid Zone (BALINI et al., 2006). Most fossils were transported to the basin from adjacent shallow-water areas. Even among ammonoids, typical genera of open-marine deep-wa-

ter environments are missing. Instead, the genus *Detoniceras*, which so far has been reported only from carbonate-platform related faunas, occurs. The high proportion of organic matter in sediments indicates low oxygen content in bottom waters, probably due to stratified water column and/or poor open-marine connections.

The radiolarian assemblage comprises 6 spumellarian, 7 entactinarian and 3 nassellarian genera. The generic diversity of well-known Middle Triassic assemblages from the Buchenstein and equivalent formations in the Southern Alps, Dinarides and Carpathians is much greater; well-preserved assemblages contain up to 80 genera. In the sample from Mt. Svilaja, all genera of the spumellarian family Oertlispongidae are missing. Among entactinarians, the absence of Eptingiidae is the most noticeable. Eptingiidae mostly have robust skeletons and are generally common also in poorly-preserved samples. The identified nassellarians have only one, rarely two segments, and all multicystid nassellarians are missing. In usual high-diversity Middle Triassic assemblages, nassellarians are approximately as abundant as spumellarians and entactinarians, but their abundance in the sample from Mt. Svilaja is less than 5% of all radiolarian specimens.

The composition of radiolarian assemblages is strongly dependent upon bathymetry of sedimentary basins, availability of nutrients and feeding strategies of radiolarians. The majority of highly diversified Middle Triassic radiolarian assemblages from the western Tethys were reported from sediments of relatively shallow basins with water depths not exceeding a few hundred meters. The Buchenstein Formation, which contains the best-known "normal" high-diversity faunas, represents only a short pelagic episode within a succession of platform carbonates. Thus, the relatively shallow water depth cannot be the main reason for specific composition of the assemblage from Mt. Svilaja. It is more likely that such impoverished assemblages are characteristic of restricted basins that were separated from the open ocean by topographic barriers. A similar, although less drastically reduced assemblage, was described from the San Giorgio Dolomite in the

westernmost part of the Southern Alps; the inferred depositional environment of this dolomite is also an intra-platform basin (STOCKAR et al., 2012).

In restricted basins, plankton production was limited to the upper part of the water column. Deeper water masses were stratified, oxygen deficient and sparsely populated. Smaller nassellarians and especially opportunistic spumellarians prospered. Most of them may have lived in symbiosis with photosynthetic algae. The conditions were apparently unfavorable for multicellular nassellarians that are generally regarded as deeper-dwelling morphotypes. It is also interesting to note that the radiolarian assemblage from Mt. Svilaja is composed almost exclusively of genera that thrived already in the late Early Triassic, that is, in early times of recovery after the Permian–Triassic mass extinction and still within the protracted interval of oceanic anoxia. The missing genera are those that originated later, during the early Middle Triassic, when fully oxygenated conditions were re-established in oce-

anic environments worldwide. To gain a better insight into the ecosystem of the Mt. Svilaja sedimentary basin, radiolarian research will be complemented with more detailed sedimentological studies and geochemical analyses.

References:

- BALINI, M., JURKOVŠEK, B. & KOLAR-JURKOVŠEK, T. (2006): New Ladinian ammonoids from Mt. Svilaja (External Dinarides, Croatia).— *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 112/3, 383–395, Milano.
- JELASKA, V., KOLAR-JURKOVŠEK, T., JURKOVŠEK, B. & GUŠIĆ, I. (2003): Triassic beds in the basement of the Adriatic-Dinaric carbonate platform of Mt. Svilaja (Croatia).— *Geologija*, 46/2, 225–230, Ljubljana.
- STOCKAR, R., DUMITRICA, P. & BAUMGARTNER, P.O. (2012): Early Ladinian radiolarian fauna from the Monte San Giorgio (Southern Alps, Switzerland): systematics, biostratigraphy and paleo(bio)geographic implications.— *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 118/3, 375–437, Milano.

Biostratigrafija srednjeg i gornjeg trijasa Velebita i Like na temelju vapnenačkih alga i foraminifera

Middle and Upper Triassic biostratigraphy of Velebit Mt. and Lika (Croatia) based on calcareous algae and foraminifera

Tonći Grgasović & Branko Sokač

Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Hrvatska (tgrrgasovic@hgi-cgs.hr)

Ključne riječi: trijas, biostratigrafija, vapnenačke alge, foraminifere

Key words: Triassic, biostratigraphy, calcareous algae, foraminifera

1. Uvod

Detaljna analiza mikroskopskih preparata s odabranim lokaliteta Velebita i njegovog ličkog zaleđa (Donjem Pazarišta, Baških Oštarija, Svetog Roka, Štikade, te Otuče i Kremena) otkrila je slijed karakterističnih mikrofossilnih zajednica vapnenačkih alga iz reda Dasycladales i bentičkih foraminifera, temeljem kojih je bilo moguće definirati biostratigrafske zone kroz srednji i gornji trijas.

Naslage srednjeg i gornjeg trijasa istraživanog područja karakterizirane su vrlo raznolikom litologijom. U srednjem trijasu dominiraju plitkomorski vapnenci, često zbog brojnih ostataka vapnenačkih alga nazivani „algalni vapnenci“, te dolomiti. Dijelom unutar anizika, a posebno u ladiniku javljaju se unutarplatformne bazenske naslage s klastitim i piroklastitim, a u ladiniku i s efuzivima. Karakteristična je kopnena fazna u podini gornjotrijaskih dolomita s klastitim, piroklastitim i pojavama boksita. Usprkos vertikalnoj i bočnoj litološkoj varijabilnosti istraživanih naslaga (Sl. 1), biostratigrafska korelacija pokazala se uspješnom.

Od ranijih biostratigrafskih istraživanja trijasa spomenut ćemo GRGASOVIĆ (1997, 2003), GRGASOVIĆ & SOKAČ (1999), HERAK et al. (1967), SOKAČ (1973), VELIĆ (2007).

2. Biostratigrafske zone na temelju vapnenačkih alga

Interval-zona *Poncetella cellulata* (egej?)

U najdonjem aniziku prva se, nakon algološki potpuno sterilnog donjeg trijasa, pojavljuje asocijacija metaspondilnih vrsta: *Poncetella cellulata* (HURKA), *Poncetella hexaster* (PIA), *Poncetella helvetica* (PIA) i *Diplopora subtilis* PIA. Lokalitet na kojem su ove alge nađene je brdo Kremen sjeverno od Gračaca. To je najniža do sada poznata pojava alga u aniziku. Donja granica je definirana pojmom zonskog fosila, a gornja pojmom alga iz Rasponske zone *Physoporella pauciforata*.

Rasporna zona *Physoporella pauciforata* (bitinij? – donji ilir)

U ovoj fosilnoj zajednici nalazimo relativno brojne primjerke alga iz rođova *Oligoporella* i *Physoporella*: *Oligoporella cornuta* (PIA), *O. dissita* (GÜMBEL), *O. minutula* (GÜMBEL), *O. pilosa* PIA, *O. praearlpina* (PIA), *O. varicans* (PIA), te *Physoporella pauciforata* (GÜMBEL) STEINMANN i *P. croatica* HERAK, kao i vrste *Diplopora proba* PIA i *Macroporella alpina* PIA. U nižim dijelovima nalazimo već spomenute vrste *Poncetella cellulata* (HURKA), *Poncetella helvetica* (PIA) i *Poncetella hexaster* (PIA), a u višim dijelovima *Euteutloporella peniculiformis* (OTT) i *Teutloporella tabulata* PIA. Navedena fosilna zajednica je u Vanjskim Dinaridima široko rasprostranjena u anizičkim karbonatima. Zbog relativno velikih dimenzija ove se alge (na nivou roda) mogu bez problema prepoznati na terenu, te su vrlo dobri provodni fosili anizika.

Rasporna zona *Euteutloporella peniculiformis* (pelson-fasan)

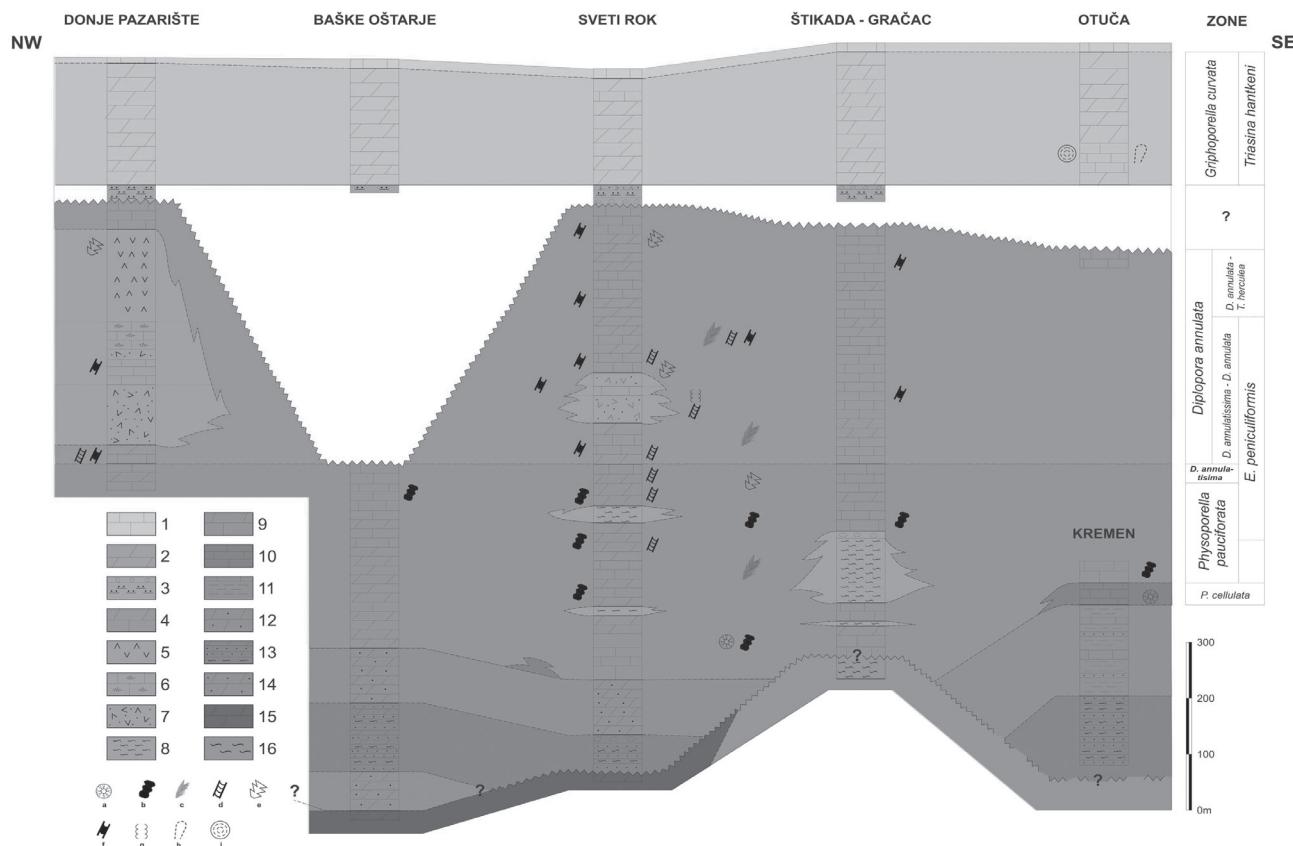
Vrsta *Euteutloporella peniculiformis* (OTT) značajna je i lako prepoznatljiva trijaska provodna vrsta. Uz nju nalazimo i druge vrste spomenute u opisima istovremenskih zona.

Interval-zona *Diplopora annulatissima* (gornji ilir)

Iznad zadnje pojave alga iz zajednice *P. pauciforata*-*O. pilosa*, a ispod prve pojave *Diplopora annulata* (SCHAFHÄUTL), može se izdvojiti interval-zona u kojoj je najčešća alga *Diplopora annulatissima* PIA. Dosadašnja istraživanja Dinarida nisu bila toliko detaljna da bi u potpunosti dokazali postojanje ove zone, no terensko iskustvo ukazuje na tu mogućnost. Uz vodeću vrstu nalazimo i vrste *Neophysoporella lotharingica* (BENECKE), *Euteutloporella triasina* (SCHAUROTH), *Diplopora nodosa* SCHAFHÄUTL i *Macroporella beneckeii* (SALOMON).

Rasporna zona *Diplopora annulata* (ladinik)

Vrsta *Diplopora annulata* (SCHAFHÄUTL), usprkos kompleksnoj taksonomiji (vidi GRANIER & GRGASOVIĆ,



Slika 1. Shematski geološki stupovi trijaskih naslaga Velebita i Like i biostratigrafska zonacija na temelju vapneničkih alga i foraminifera. Stupovi su dvostruko poravnati: prema podini gornjotrijaskih klastita i prema granici anizik – ladinik da bi se naglasio različiti iznos erozije podloge gornjotrijaskih klastita, kao i različita debljina anizičkih naslaga. Legenda: 1) vapnenci lijsa; 2) glavni dolomit (? gornji norik – ret); 3) crveni klastiti (peliti, pješčenjaci i konglomerati, mjestimično boksi); 4) vapnenci i dolomiti ladinika; 5) kristalovitrični tufovi ladinika; 6) vapnenci s rožnjacima ladinika; 7) tufiti i litotufovi ladinika; 8) klastiti (peliti i siltiti) anizika; 9) vapnenci i dolomiti anizika; 10) tamni vapnenci u bazi anizika; 11) lapori i ooidni vapnenci ("kampske naslage") donjem trijasu; 12) dolomiti s terigenim primjesama vršnog donjem trijasu; 13) klastiti (pješčenjaci, tinjčasti pješčenjaci i siltiti) s proslojcima pjeskovitih dolomita ("sajske naslage") donjem trijasu; 14) pjeskoviti dolomiti u bazi donjem trijasu; 15) dolomiti gornjeg perma; 16) šejlovi gornjeg karbona. Simboli za pojedine zajednice dazikladalnih alga: a) zajednica *Ponetella cellulata*; b) zajednica *Physoporella-Oligoporella*; c) *Euteutoporella peniculiformis*; d) *Diplopora annulatissima*; e) zajednica *Diplopora nodosa*; f) *Diplopora annulata*; g) *Neophysoporella lotharingica*; h) zajednica *Griphoporella curvata*; i) foraminifera *Triasina hantkeni*.

Figure 1. Schematic geological columns of the Triassic of Velebit and Lika and biostratigraphic zonation based on calcareous algae and foraminifera. Columns are double aligned: after upper border of Late Triassic clastics and after Anisian-Ladinian boundary, in order to emphasise diverse amount of erosion of the base of Late Triassic clastics, as well as diverse thickness of Anisian strata. Legend: 1) Early Jurassic limestone; 2) Hauptdolomite (?Late Norian-Rhaetian); 3) Late Triassic red clastics (pelite, sandstone, conglomerate, sporadically bauxites); 4) Ladinian limestone and dolomite; 5) Ladinian crystallovitrič tuff; 6) Ladinian limestone with chert; 7) Ladinian tuffite and lithotuff; 8) Anisian clastics (pelite and siltite); 9) Anisian limestone and dolomite 10) Lowest Anisian dark limestone; 11) Early Triassic marl and ooid-limestone ("Campilian"); 12) Uppermost Early Triassic dolomite with terigenous admixtures; 13) Early Triassic clastics (sandstone, micaeous sandstone and siltite) with intercalations of sandy dolomite ("Seisian"); 14) Basal Early Triassic sandy dolomite; 15) Upper Permian dolomite; 16) Upper Carboniferous shale. Symbols for dasycladal algae associations: a) *Ponetella cellulata* association; b) *Physoporella-Oligoporella* association; c) *Euteutoporella peniculiformis*; d) *Diplopora annulatissima*; e) *Diplopora nodosa* association; f) *Diplopora annulata*; g) *Neophysoporella lotharingica*; h) *Griphoporella curvata* association; i) foraminifera *Triasina hantkeni*.

2000), već se više od 150 godina koristi kao provodni fosil ladinika. U istraživanom području, zbog erozije, nedostaje gornji dio ladinika, tako da nije razvijen čitav raspon ove zone. Uz vodeću vrstu javlja se još i *Teutoporella herculea* (STOP-PANI), a u njenom donjem dijelu već spomenute vrste *E. triasina*, *D. nodosa* i *M. benecke*.

Zajednična zona *Diplopora annulatissima* – *Diplopora annulata* (fasan?)

D. annulata se u donjem se dijelu svog raspona vrlo često javlja zajedno s *D. annulatissima*, pa se ovaj stratigrافski inter-

val može izdvojiti kao Zajednična zona *Diplopora annulatissima* – *Diplopora annulata*. Ove dvije alge lako se na terenu raspoznaju kao „šarafi“ s tankim (*D. annulatissima*) ili debeлим (*D. annulata*) „navojima“.

Interval-zona *Diplopora annulata* – *Teutoporella herculea* (langobard?)

Tipična ladinička vrsta je i *Teutoporella herculea* (STOP-PANI). Pošto *Diplopora annulata* izumire tek krajem ladinika, dok *D. annulatissima* izumre nešto raniјe, zona između ove dvije zadnje pojave definirana je kao interval-

zona. Ime je ova zona dobila po dvije najčešće vrste. Zbog spomenute erozije naslaga ova zona slabo je razvijena u istraživanom području.

Rasporna zona *Griphoporella curvata* – *Gyroporella vesiculifera* (norik-ret)

Vrste *Griphoporella curvata* (GÜMBEL) i *Gyroporella vesiculifera* GÜMBEL karakteristične su za raspon norik-ret i široko su rasprostranjene. U istraživanom području, zbog kopnene faze, nisu razvijene noričke naslage, pa je prisutan samo gornji dio ove zone.

3. Biostratigrafske zone na temelju foraminifera:

Rasporna zona *Meandrospira dinarica* – *Pilammina densa*

Anizik je dobro definiran rasponima foraminifera *Meandrospira dinarica* KOCHANSKY-DEVIDÉ & PANTIĆ i *Pilammina densa* PANTIĆ. Obje ove vrste protežu se kroz čitav anizik, a najčešće su u rasponu pelson-donji ilir, u kojem bi se mogla definirati i Zona obilja. Uz njih nalazimo i vrste *Pilammina semiplana* (KOCHANSKY-DEVIDÉ & PANTIĆ), *Høyenella* gr. *sinensis* (HO) i druge (VELIĆ, 2007), te redovito i vapnenačke alge s kojima su dijelile identične okoliše.

U ladiniku su nalazi foraminifera rijetki i nije ga bilo moguće biostratigrafski determinirati.

Rasporna zona *Triasina hantkeni*

Retske naslage odlično definira *Triasina hantkeni* MAJZON. Ova foraminifera ima ogromno geografsko rasprostranjenje i njezin raspon je dobro koreliran s rasponima konodonata (GRGASOVIĆ, 2003). S obzirom na pretežito dolomitnu litologiju, nalazi ove foraminifere u istraživanom području su relativno rijetki.

Literatura:

- GRANIER, B.R.C. & GRGASOVIĆ, T. (2000): Les Algues Dasycladales du Permien et du Trias. Nouvelle tentative d'inventaire bibliographique, géographique et stratigraphique [Permian and Triassic Dasyclad algae. Bibliographic, geographic, and stratigraphic reappraisal].— Geologia Croatica, 53/1, 1–197.
- GRGASOVIĆ, T. (1997): Upper Triassic Biostratigraphy and Algae from Žumberak (Croatia).— Geologia Croatica, 50/2, 201–214.
- GRGASOVIĆ, T. (2003): Revizija rodova *Physoporella* STEINMANN i *Oligoporella* PIA (Dasycladales).— Unpublished PhD Thesis, Faculty of Science, University of Zagreb, 484 p.
- GRGASOVIĆ, T. & SOKAČ, B. (1999): Triassic Dasycladales from Croatia: a Review.— In: MU XINAN, YUAN XUNLAI & KER-SHAW, S. (eds.): Seventh International Symposium on Fossil Algae, Abstracts, Nanjing, 27–28.
- HERAK, M., SOKAČ, B. & ŠČAVNIČAR, B. (1967): Correlation of the Triassic in SW Lika, Paklenica and Gorski Kotar (Croatia).— Geologický Sborník, Geologica Carpathica, Bratislava, 18/2, 189–202.
- SOKAČ, B. (1973): Geologija Velebita.— Unpublished PhD Thesis, Faculty of Science, University of Zagreb, 151 p.
- VELIĆ, I. (2007): Stratigraphy and Palaeobiogeography of Mesozoic Benthic Foraminifera of the Karst Dinarides (SE Europe).— Geologia Croatica, 60/1, 1–113.

Geologija za planinare Geology for mountaineers

Tonći Grgasović

Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10 000 Zagreb (tgrrgasovic@hgi-cgs.hr)

Ključne riječi: popularizacija geologije, planinari

Key words: promotion of geology, mountaineers

Planinari, kao osobe koje se zbog vlastitog užitka i zanimanja kreću po planinama i po prirodi pogodna su skupina za popularizaciju geologije. Kroz dobro organiziran sustav planinarske edukacije, kako one osnovne (planinarske škole) tako i specijalističke (specijalističke škole i tečajevi za alpiniste, speleologe, planinarske vodiče i dr.), obrađuju se i teme iz geologije kao što je nastanak planina, vrste stijena, krš i krški oblici i dr. Većina ovih predavanja, kao i tekstova u planinarskoj literaturi, temelji se na udžbenicima i nastavi geografije u osnovnim i srednjim školama. Dio ovog gradiva obrađen je na suhoparan način s nabrjanjem činjenica i s nedovoljno konkretnih primjera iz prirode. Edukacija se također gotovo u potpunosti svodi na predavanja bez terenske nastave. Veliki je problem, daleko veći u redovnom školskom obrazovanju, nego na planinarskim tečajevima, mjestimična potpuna zastarjelost, pa i netočnost gradiva koje se prezentira, kao što je npr. navođenje Palagruže kao vulanskog otoka ili notorna podjela na „staro gromadasto“ i „mlado nabrano“ gorje.

U želji da planinarima približim geologiju i omogućim bolje razumijevanje svijeta planina kojeg vole i po kojem se redovito kreću, organizirao sam seriju predavanja i vježbi (izleta) u HPD „Zagreb-Matica“, zamišljenu kao jedan mali geološki tečaj. Predavanja sam podijelio u tri teme: (1) Radanje i život planina i stijena (grada Zemlje, nastanak planina, stijenski cik-

lus); (2) Vapnenci i drugi kamenci (vrste stijena, posebno karbonatnih); i (3) Mramor, kamen i željezo lako može biti slomljeno... (kratko ponavljanje nastanka planina, tektonika, dijapirni - nastanak Palgruze, Jelar breče). Terenska prezentacija gradiva usvojenog na predavačkom dijelu tečaja bila je organizirana kroz dvije ekskurzije: (1) Medvednica (efuzivne i intruzivne magmatske stijene, sedimentne stijene, metamorfne stijene, orudnjenja); (2) Samoborsko gorje (karbonatne stijene, rasjedi i bore, utjecaj geološke građe na reljef, geološki profil kroz Oštroc). Stil predavanja i vježbi je bio vrlo popularan i prilagođen planinarima. Rezultati su ugodno iznenadili. Sudionici tečaja pokazali su veliki interes, naročito na izletima, i bili su oduševljeni novim saznanjima. Svi su izrazili želju za organizaciju dodatnih predavanja i izleta s geološkim temama.

S obzirom na uspjeh ovakvog načina popularizacije geologije, preporučam i drugim geolozima zainteresiranim za popularizaciju naše struke da organiziraju slične akcije. Prema ovdje opisanom iskustvu, važno je slijedeće: (1) odabir učesnika koji su inače povezani s prirodom (npr. planinari); (2) popularan stil prezentacije, duhovit i bez nabranja mnogobrojnih vrsta i tipova; te najvažnije (3) odlazak u prirodu i sudjelovanje učesnika u uzimanju uzoraka, prepoznavanju stijena i čak, što se pokazalo vrlo zabavnim, crtanjem geološke karte i profila.

Procjena utjecaja sekundarnih defekata karbonatnih materijala na njihovu jednoosnu tlačnu čvrstoću

Evaluation of secondary defects on uniaxial compressive strength in carbonate materials

Vlatko Gulam, Davor Pollak & Tomislav Novosel

Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10 000 Zagreb (vgulam@hgi-cgs.hr)

Ključne riječi: defekti, jednoosna tlačna čvrstoća, karbonati

Key words: defects, uniaxial compressive strength, carbonates

Uvod

Prepostavlja se da defekti na primarnoj strukturi kao što su prsline, žilice i pukotine uvelike diktiraju mehaničkim značajkama materijala stijene, često uzrokujući preferirane oslabljene zone, tj. vrlo heterogenu raspodjelu naprezanja kod ispitivanja čvrstoće stijenskog materijala. Takva heterogena raspodjela naprezanja često može degradirati faktore determinacije prilikom pokušaja korelacije jednoosne tlačne čvrstoće, kao najkoristenijeg mehaničkog faktora (BIENIAWSKI, 1974; CARGILL & SHAKOOR, 1990), i ostalih indeksnih testova (point load test, Schmidt-ov čekić, brazilski test i sl.). Zbog toga se materijali s velikim brojem defekata često isključuju iz takvih istraživanja (KILIC & TEYMEN, 2008). Kako su karbonatni materijali s područja karbonatne platforme u Hrvatskoj pretrpjeli veći broj orogenskih faza teško ih je uopće naći bez sekundarnih defekata što znači da postoji jaka potreba uključivanja upravo takvih, „defektih“, materijala u gore spomenute korelacijske odnose. Ipak prethodno je potrebno načiniti klasifikaciju i kvantifikaciju defekata, te istražiti njihov utjecaj na jednoosnu tlačnu čvrstoću i ostale indeksne parametre karbonatnog stijenskog materijala.

Cilj ovog rada je prikazati preliminarnu klasifikaciju sekundarnih defekata karbonatnog stijenskog materijala. Opisana klasifikacija je namijenjena za kvantifikaciju utjecaja sekundarnih defekata na različite vrste čvrstoća karbonatnog stijenskog materijala. Također u radu su prikazani prelimi-

narni rezultati istraživanja utjecaja sekundarnih defekata i njihovih značajki na jednoosnu tlačnu čvrstoću karbonatnih materijala.

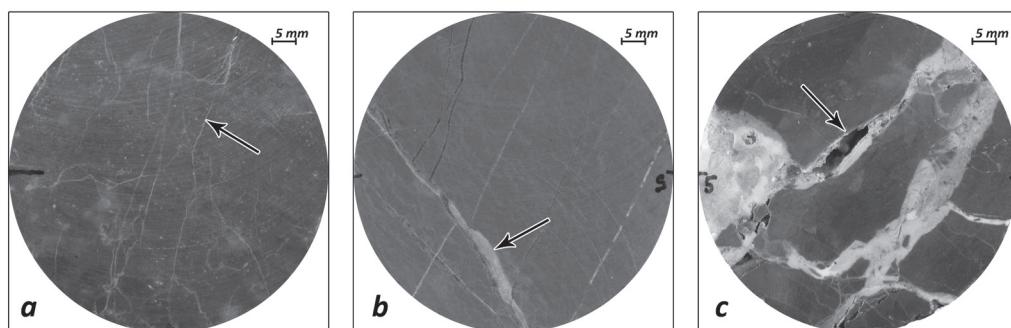
Klasifikacija i značajke defekata

sekundarni defekti tipa plošnog prekida materijala stijene karbonatnog stijenskog materijala su pokazatelji raspucanosti materijala stijene i podijeljeni su prema širini i prostiranju na: prsline, žilice i pukotine. Prsline su mikro defekti, tj. prekidi maksimalne širine do 1 mm nepravilnog prostiranja, postojanosti nekoliko centimetara i često mrežastog rasporeda (Sl. 1a). Žilice su defekti širine od 1 do 5 mm, nepravilnog ili usmjereno prostiranja i postojanosti od više centimetara do nekoliko decimetara (Sl. 1b). Pukotine su diskontinuiteti širi od 5 mm, uglavnom usmjereno prostiranja i znatno veće postojanosti od ostalih defekata ovog tipa (Sl. 1c).

Osnovne značajke defekata za koje se prepostavlja značajan utjecaj na mehaničke značajke karbonatnog stijenskog materijala su: gustoća defekata, ispluna i trošnost stijenki defekata. Sve navedeno je sažeto na slici (Sl. 2).

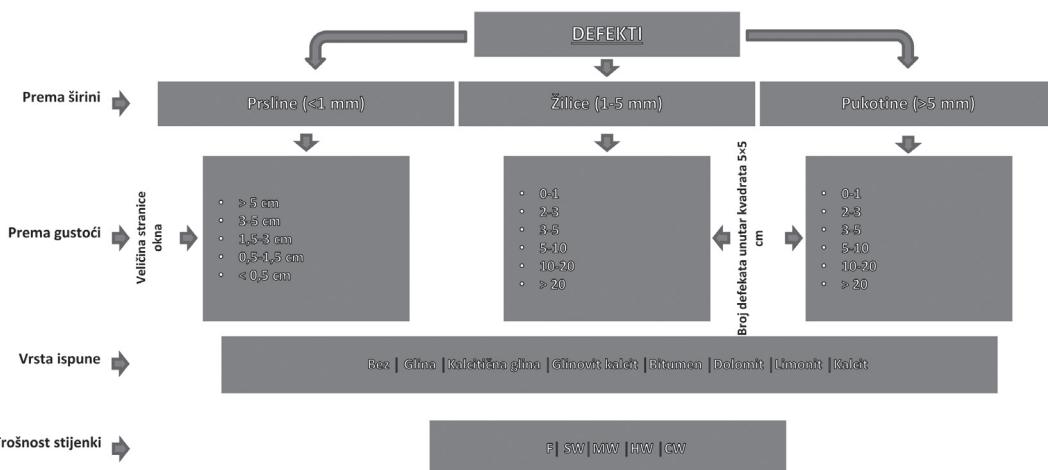
Preliminarni rezultati

utjecaj opisanih defekata i njihovih značajki istražen je na 158 cilindričnih uzoraka karbonata. Uzorci su determinirani prema gore opisanoj klasifikaciji. Nakon toga je na uzorcima



Slika 1. Primjeri defekata prema njihovoj širini: a) prsline; b) žilice; c) pukotine.

Figure 1. Examples of defects according to their width: a) crack; b) vein; c) fissure.

**Slika 2.** Klasifikacija i značajke defekata.**Figure 2.** Defects classification and their characteristics.

određena jednoosna tlačna čvrstoća u skladu s ISRM-ovim preporukama (ISRM, 1979).

Utjecaj defekata na iznos jednoosne tlačne čvrstoće je istražen jednostavnom statističkom analizom u kojoj su dobivene vrijednosti čvrstoće grupirane u razrede prema gustoći, vrsti ispune i trošnosti stijenki. Zatim su izračunate aritmetičke sredine tako dobivenih razreda, a nakon toga i rasponi dobivenih aritmetičkih sredina unutar jednog parametra. Iz takve analize se može zaključiti da parametar s najvećim rasponom aritmetičke sredine ima i najveći utjecaj na iznos jednoosne tlačne čvrstoće. Iz tablice i dijagrama na Slici 3 se vidi da najveći raspon vrijednosti pokazuju parametri ispune žilica i prsline, a također značajan raspon se uočava kod parametara gustoće žilica i trošnosti stijenki. Parametri gustoće žilica i trošnosti stijenki ujedno pokazuju najbolji trend što se vidi na Slici 3.

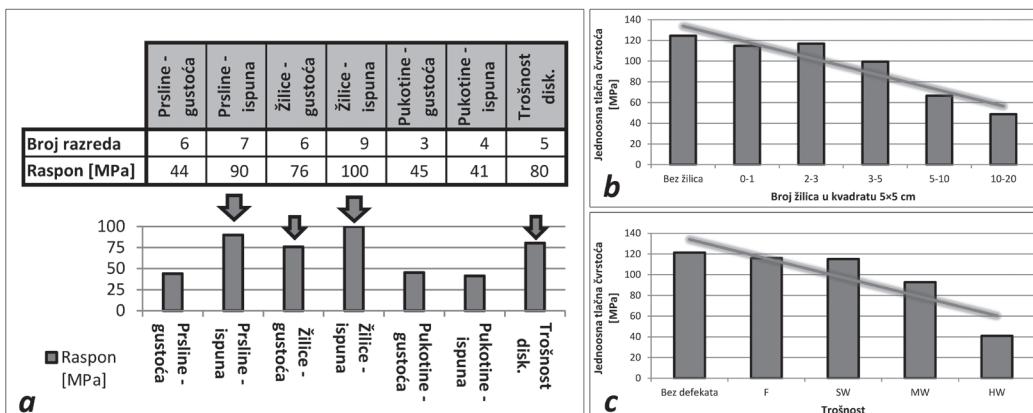
Zaključak

Dobiveni rezultati, iako na razini trenda, svakako potvrđuju pretpostavku da sekundarni defekti karbonatnih materijala

stijene utječu na njihove jednoosne tlačne čvrstoće. Najznačajniji utjecaj pokazuju ispune prsline i žilica, a najbolji trend pokazuju parametri gustoće žilica i trošnosti stijenki defekata. Iz svega se može zaključiti da u radu prikazana klasifikacija sekundarnih defekata karbonatnog stijenskog materijala ima potencijala za razvoj i daljnju primjenu.

Literatura:

- BIENIAWSKI, Z.T. (1974): Estimating the strength of rock materials.– Journal of the South African Institute Mining Metallurgy, 74, 312–320.
- CARGILL, J.S. & SHAKOOR, A. (1990): Evaluation of empirical methods for measuring the uniaxial compressive strength.– International Journal of Rock Mechanic and Mining Science, 27, 495–503.
- ISRM (1979): Suggested Methods for Determining the Uniaxial Compressive Strength and Deformability of Rock Materials.
- KILIC, A. & TEYMEN, A. (2008): Determination of mechanical properties of rocks using simple methods. Bulletin of Engineering Geology and the Environment.

**Slika 3.** a) Rasponi aritmetičkih sredina za pojedine parametre; b) Trend pada jednoosne tlačne čvrstoće s povećanjem gustoće žilica; c) Trend pada jednoosne tlačne čvrstoće s povećanjem trošnosti stijenki defekata.**Figure 3.** a) Mean ranges for each parameter; b) The downward trend of uniaxial compressive strength with an increase of the vein density; c) The downward trend of uniaxial compressive strength with an increase of weathering.

Evaluating Holocene environmental changes using magnetic and geochemical proxies of marine sediments of Novigradsko more catchment

Utvrđivanje okolišnih promjena tijekom holocena pomoću magnetskih i geokemijskih posrednih pokazatelja u morskim sedimentima sliva Novigradskog mora

Ozren Hasan¹, Nikolina Ilijanić¹, Slobodan Miko¹, Barbara Maher² & Martina Šparica Miko¹

¹ Croatian Geological Survey, Sachsova 2, 10 000 Zagreb (ozren.hasan@hgi-cgs.hr)

² Centre for Environmental Magnetism & Palaeomagnetism, Lancaster Environment Centre, University of Lancaster, LA1 4YQ, UK

Ključne riječi: magnetski susceptibilitet, geokemijski indikatori, Novigradsko more, holocen, antropogeni utjecaj

Key words: magnetic susceptibility, geochemical proxies, Novigradsko more, Holocene, anthropogenic impact

Magnetic susceptibility (MS) measurements and chemical analysis of marine and soil sediments are widely used as a proxy for paleo-environmental and palaeo-climatic variations. Chemical analysis of elements and multitude of their ratios combined with magnetic properties of soils enable a high degree of certainty in the interpretation of data variation. Magnetic record of a sediment sequence can reflect changes in sediment source, postdepositional transformation (MAHER, 2011), or anthropogenic impact (DEARING, 1999), and distinct between marine sediments, soils and pedogenic intervals (BUGGLE et al., 2014).

Holocene environmental changes are interpreted in four long marine sediment cores from the Zrmanja river mouth, Novigradsko more, Karinsko more and Modrić bay, and fourteen soil sediment cores or profiles in their respective catchments (Fig. 1). Marine sediments span throughout the whole Holocene sequence.

Elevated MS values (volume susceptibility (κ_{lf}), frequency dependant susceptibility (χ_{fd} (%)) anhysteretic remanent magnetisation (ARM) and saturated isothermal remanent magnetisation (SIRM)) of upper parts of all four marine cores (Fig. 1) indicate enhanced erosion in the last 1000 years, due

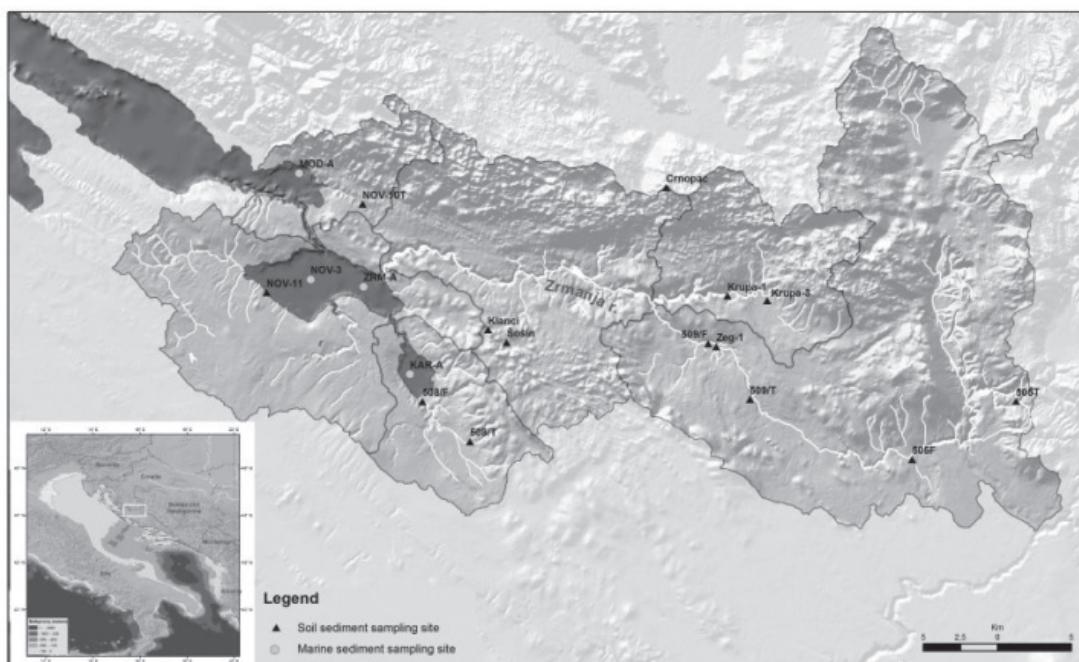


Figure 1. Location of the study area (white rectangle in the overview map), the sea sediment (gray circles) and soil (black triangles) sampling sites, delineated watersheds and main rivers/streams.

Slika 1. Lokacija istraživanog područja (bijeli pravokutnik na preglednoj karti), mjesta uzorkovanja morskih (sive kružnice) i kopnenih (crni trokuti) sedimenata s iscrtanim slivovima i glavnim vodotocima.

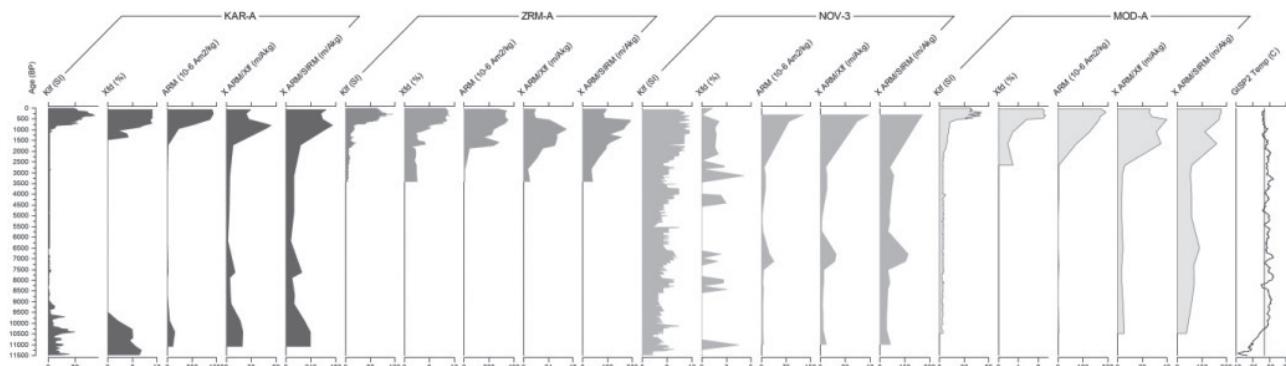


Figure 2. Results of MS measurements of the marine core sediments (κ_{if} , χ_{fd} (%), ratio of ARM and χ_{if} , ratio of ARM and SIRM).

Slika 2. Rezultati mjerjenja MS (κ_{if} , χ_{fd} (%), odnos ARM i χ_{if} , odnos ARM i SIRM).

to anthropogenic influence and deforestation (MAHER, 2007). Indicators of anthropogenic influence occur at different times in the cores, due to the different periods of catchment population, and span from 1.100 cal. yr BP in Karinsko more to 500 cal. yr. BP in Modrić bay core. After that period, typical marine sedimentation is present almost until the end of the core, characterized by the low MS values. Three marine sediment cores penetrated the marine sediment sequences and terminated in terrestrial sediments predating the Holocene flooding of the Adriatic Sea. These terrestrial sequences are characterized by elevated MS values (Fig. 2). Soil samples collected within the catchments of Novigradsko more show higher values than marine sediments. Mainly, values are higher in soils than in the floodplain. Due to pedogenesis, upper parts of soil cores have higher MS (BUGGLE et al., 2014).

Evidence of anthropogenic changes in the last millennia is also evident in chemical proxies. All marine cores have elevated Pb, lithogenic elements, TOC, C/N and decreased carbonates. The Karinsko more bay shows evidence of a freshwater system in the period from 8.000 to 10.000 cal. yr. It is characterized by low Sr/Ca ratio (DODD & CRISP, 1982), elevated Pb/Al, Mg/Al ratios, and elevated C/N (LAMB et al., 2006)). Elevated lithogenic elements, TOC, C/N (LAMB et al., 2006) and decreased carbonates are visible in the cores that terminated in terrestrial sediments

Soil sediments from adjacent catchments were analysed to determine possible sources of the marine sediments. Analysis of ratios Cr/Al vs Ni/Al and V/Al vs Ni/Al (GOUDEAU et al., 2013) indicate that the main source of terrestrial sediments in Karinsko more and Zrmanja sediment cores originate in floodplain sediments. Signature of the Novigradsko more sediment core is similar to terrestrial sediments of the SW and SE part of the catchment.

References:

- DODD, J.R. & CRISP, E.L. (1982): Non-linear variation with salinity of Sr/Ca and Mg/Ca ratios in water and aragonitic bivalve shells and implications for paleosalinity studies.– *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 38, 45–56.
- GOUDEAU, M.L.S., GRAUEL, A.L. & BERNASCONI, S.M. (2013): Provenance of surface sediments along the southeastern Adriatic coast off Italy: An overview.– *Est. Coast. Sh. Sci.*, 134, 45–56.
- LAMB, A.L., WILSON, G.P. & LENG, M.J. (2006): A review of coastal palaeoclimate and relative sea-level reconstructions using $\delta^{13}\text{C}$ and C/N ratios in organic material.– *Earth-Science Reviews*, 75, 29–57.
- MAHER, B.A. (2007): Environmental magnetism and climate change.– *Cont. Physics*, 5, 247–274.
- MAHER, B.A. (2011): The magnetic properties of Quaternary Aeolian dusts and sediments, and their palaeoclimatic significance.– *Aeolian Research*, 3/2, 87–144.

Holocene palaeo-environmental reconstruction of the Novigradsko more catchment

Paleookolišna rekonstrukcija sliva Novigradskog mora tijekom holocena

Ozren Hasan, Slobodan Miko, Nikolina Ilijanić, Martina Šparica Miko, Koraljka Bakrač
& Dea Brunović

Croatian Geological Survey, Sachsova 2, 10 000 Zagreb (ozren.hasan@hgi-cgs.hr)

Ključne riječi: Zrmanja, holocene, antropogeni utjecaj, magnetski susceptibilitet, TOC, C/N, deforestacija

Key words: Zrmanja, Holocene, multi-proxy, anthropogenic impact, susceptibility, TOC, C/N, deforestation

The main objective of this paper is to outline the Holocene palaeo-environmental evolution of four subcatchments in the Novigradsko more catchment (central part of eastern Adriatic coast) (Fig. 1). Climate and anthropogenic influence in well-defined neighboring karst subcatchments are determined using a multi-proxy approach (chemical analysis, grain size, magnetic susceptibility, $L^*a^*b^*$ spectrum, C/N analysis, bulk XRD analysis) (Fig. 2). Sediments were dated using ^{14}C .

Four long marine sediment cores (3.5-to 6.5 m) were sampled in the Zrmanja river mouth, Novigradsko more, Karinsko more and Modrić bay (Fig. 1). Fourteen soil sediment cores or profiles were sampled in their respective catchments (Fig. 1). Marine sediments span over the last 11.500

yr. Three marine sediment cores penetrated the marine sediment sequences and terminated in terrestrial sediments pre-dating the Holocene flooding by the Adriatic Sea. The core at the mouth of Zrmanja river estuary covered a 4.500 yr. sequence of marine sediments.

The sediment cores recovered from the enclosed bays show a sediment influenced by the terrestrial supply, which significantly increased at approximately 1.100 cal. yr BP. Evidence of anthropogenic changes with pronounced erosion due to deforestation in the subcatchments is evident in all marine cores as elevated χ_{fs} , $\chi_{\text{fd}}(\%)$ (MAHER, 2007), changes in color (influx of red terra rossas visible as high a^* and b^*) (St ONGE et al., 2007), elevated Pb (SHOTYK et al., 1998),

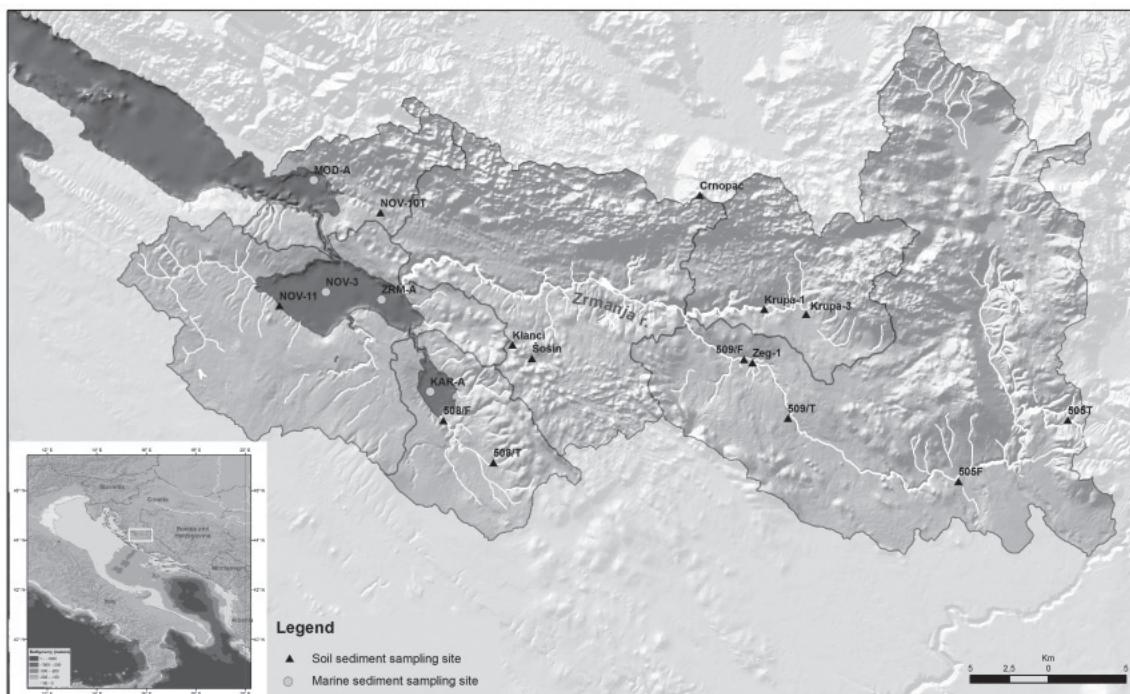


Figure 1. Location of the study area (white rectangle in the overview map), sea sediment (grey circles) and soil (black triangles) sampling sites, delineated watersheds and main rivers/streams.

Slika 1. Lokacija istraživanog područja (bijeli pravokutnik na preglednoj karti), mjesta uzorkovanja morskih (sive kružnice) i kopnenih (crni trokuti) sedimenata s iscrtanim slivovim i glavnim vodotocima.

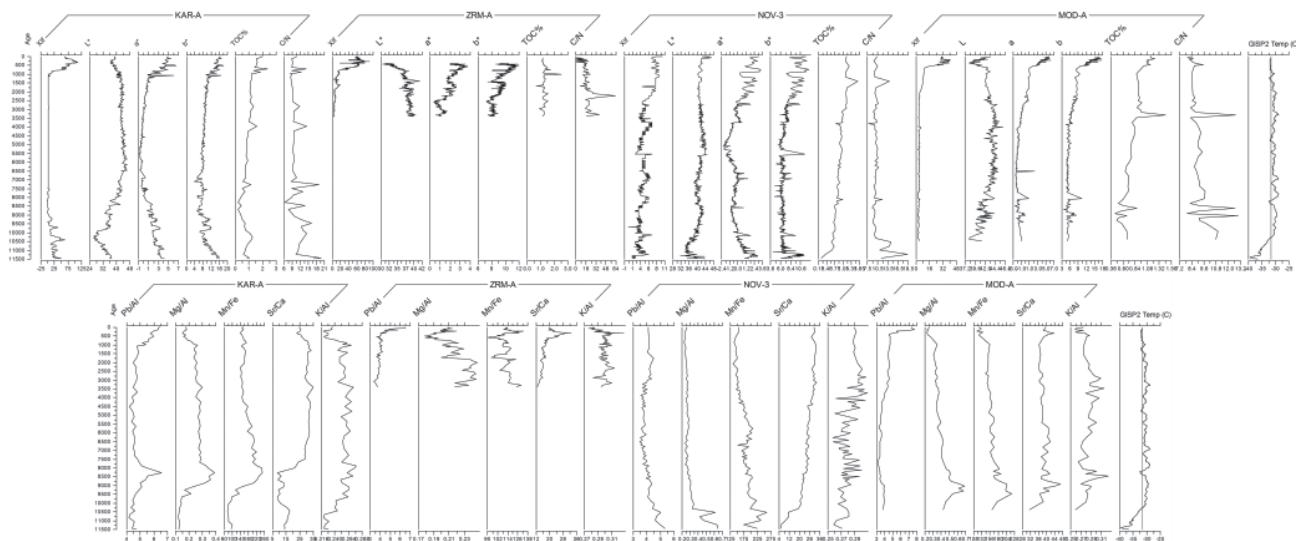


Figure 2. Overview of selected results of marine sediment cores: susceptibility, $L^*a^*b^*$ spectrum, Total Organic Carbon (TOC), Carbon to Nitrogen ratio (C/N) and selected elemental ratios.

Slika 2. Pregled rezultata morskih sedimenata: susceptibilitet, $L^*a^*b^*$ spektar, TOC, C/N i odabrani odnosi elemenata.

lithogenic elements, TOC, C/N (LAMB et al., 2006) and decreased carbonates (Fig. 2). Indicators of anthropogenic influence occur at different times in the subcatchments due to different periods of settlement. The earliest anthropogenic impact (deforestation) started in the southern-most subcatchment of Karinsko more at 1.100 cal. yr BP, followed by deforestation in the Zrmanja river subcatchment at approximately 925 cal. yr BP. The human influence in the southern Velebit mountain slopes as recorded in the Modrić bay core began 500 cal. yr. BP.

The shallow and isolated Karinsko more bay (15 m deep) shows evidence of a freshwater lake/marsh system in the period from 8.000 to 10.000 cal. yr. BP (Fig. 2). It is recognized by low Sr/Ca ratio (DODD & CRISP, 1982), elevated Pb/Al, Mg/Al ratios, elevated C/N (LAMB et al., 2006), pollen and foraminiferal assemblages. After that period typical marine sedimentation was present until 1100 cal. yr BP. Marine cores from Novigradsko more and Morić bay terminated in terrestrial sediments predating the Holocene flooding by the Adriatic Sea. In the core from Novigradsko more terrestrial sediments occur after 10.300 cal. yr. BP, and in Modrić bay after 8.600 cal. yr. BP.

Soil sediments from adjacent catchments were analysed to determine possible sources of marine sediments. Analysis of ratios Cr/Al vs Ni/Al and V/Al vs Ni/Al (GOUDEAU et al., 2013) indicate that the main source of terrestrial sediments in Karinsko more sediment core originates in floodplain sediments of the Karišnica river and flysch, while sediments in Zrmanja marine core are similar to floodplain sediments of Žegarsko polje. Signature of the Novigradsko

more sediment core is similar to terrestrial sediments of the SW and SE part of the catchment, and sediments from Modrić bay correlate well with terrestrial core from its small catchment.

References:

- BALSAM W.L., DEATON, B.C. & DAMUTH, J.E. (1999): Evaluating optical lightness as a proxy for carbonate content in marine sediment cores.– *Marine Geology*, 161, 141–153.
- DODD, J.R. & CRISP, E.L. (1982): Non-linear variation with salinity of Sr/Ca and Mg/Ca ratios in water and aragonitic bivalve shells and implications for paleosalinity studies.– *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 38, 45–56.
- GOUDEAU, M.L.S., GRAUEL, A.L. & BERNASCONI, S.M. (2013): Provenance of surface sediments along the southeastern Adriatic coast off Italy: An overview.– *Est. Coast. Sh. Sci.*, 134, 45–56.
- LAMB, A.L., WILSON, G.P. & LENG, M.J. (2006): A review of coastal palaeoclimate and relative sea-level reconstructions using $\delta^{13}\text{C}$ and C/N ratios in organic material.– *Earth-Science Reviews*, 75, 29–57.
- MAHER, B.A. (2007): Environmental magnetism and climate change.– *Cont. Physics*, 5, 247–274.
- SHOTYK, W., WEISS, D., APPLEBY, P.G., CHEBURKIN, A.K., FREI, R., GLOOR, M., KRAMERS, J.D., REESE, S. & VAN DER KNAAP, W.O. (1998): History of atmospheric lead deposition since 12,370 ^{14}C yr BP recorded in a peat bog profile, Jura Mountains, Switzerland.– *Science*, 281, 1635–1640.
- ST-ONGE, G., MULDER, T., FRANCUS, P. & LONG, B. (2007): Chapter two: continuous properties of cored marine sediments.– In: HILLAIRE, C. & ANTHONY, E.J. (eds.): *Proxies in Late Cenozoic Paleoceanography*. University of Quebec, Montreal, 63–98.

Biostratigraphy and lithology of the Upper Cretaceous and Paleogene of the Eastern Mediterranean region

Biostratigrafska i litologija gornje krede i paleogenog područja istočnog Mjediterana

Morana Hernitz Kučenjak¹, Vlasta Premec Fućek¹, Gabrijela Pecimotika¹, Vladimir Veseli², Ivan A. Mesić³ & Renata Slavković¹

¹ INA- Industrija nafte d.d., BD E&P; Exploration Sector, E&P Research Laboratory Department, Lovinčićeva 4, 10 000 Zagreb

² Prilaz Slave Raškaj 9, 10 000 Zagreb

³ Ormoški put 2, 10 000 Zagreb

Key words: biostratigraphy, lithology, palaeoecology, upper Cretaceous, Paleogene, planktonic foraminifera

Ključne riječi: biostratigrafska, litologija, paleoekologija, gornja kreda, paleogen, planktonske foraminifere

An upper Campanian to Upper Oligocene stratigraphic succession from six deep exploration wells in the Palmiridae area of Syria has been examined. The biostratigraphical, lithological and palaeoecological results were obtained from drill cutting collected from six exploration wells (Jihar-1 to 6), and from two cored intervals (Jihar-3 well: 842.5–852 m and 1604–1613 m intervals). Samples were collected every 10 to 20 m.

Biostratigraphic interpretations were based on BERGGREN et al. (1995), BERGGREN & PEARSON (2005), and WADE et al. (2011) for Paleogene, and on ROBASZYNSKI et al. (1984), CARON (1985), ROBASZYNSKI & CARON (1995), PREMOLI SILVA & SLITER (1995), PREMOLI SILVA & VERGA (2004) and OGG et al. (2008) for upper Cretaceous.

Most of the sedimentary succession contain rich and well to moderately preserved planktonic foraminiferal assemblages that enable successful age determination. The only exception is the lowermost Paleocene deposits, which contain only small size and poorly preserved foraminiferal fauna. Lithological characteristic and microfossil content indicate deep water deposition from late Campanian to early Oligocene in upper bathyal to outer shelf environments. Late Oligocene sedimentation took place in middle to inner shelf environments. The overlying lower Miocene deposits contain sporadic marine microfossils and have transitional to continental lithologic characteristics indicative of a regression.

Campanian and Maastrichtian planktonic fauna is highly diversified with domination of warm water taxa. The most dramatic turnover happened across the Cretaceous/Paleocene boundary when most planktonic foraminiferal species become extinct. The oldest Paleocene planktonic foraminiferal assemblage, rich in the number of specimens, but not very diversified is documented in Jihar-2 well and includes following species: *Eoglobigerina eobulloides* (MOROZOVA), *Globanomalina archeocompressa* (PLUMMER), *Chiloguembelina*

morsei (KLINE), *Wodringerina claytonensis* (LOEBLICH & TAPPAN) and *Parasubbotina pseudobulloides* (PLUMMER). Late Paleocene is marked by origination of morozovellids, acarininids and globanomalinids. Early Eocene is characterized by a tropical assemblage with domination of muricate species, and by intensive speciation of *Acarinina* and *Subbotina* in its latest part. Most of these species continue into the middle Eocene and become a significant component of the planktonic community. Middle Eocene is characterized by intensive speciation and domination of warm water genera such as *Acarinina*, *Morozovelloides*, and to a less degree *Turborotalia*, *Globigerinatheka* and *Hantkenina*. The middle/late Eocene boundary is marked by double extinction of the last muricate taxa *Acarinina mcgowrani* WADE & PEARSON and *Morozovelloides crassatus* (CUSHMAN), which indicate variable climate, water column instability, and loss of surface habitats. On the other hand, *Turborotalia* and *Globigerinateheka* become more important in the late Eocene. The Eocene/Oligocene boundary is marked by extinction of most warm water taxa including *Turborotalia cerroazulensis* group, *Hantkenina*, *Globigerinatheka* and some subbotinids. The beginning of early Oligocene is indicated by domination of cool water taxa such as *Dentoglobigerina*, *Globorotaloides*, *Tenuitella* and *Chiloguembelina*. Speciation of spinoze surface dweller *Globigerina ciperoensis* group reflects warming in the late Oligocene.

The combined observations of lithology with the diversity and composition of planktonic foraminifera assemblages indicate the Palmyridae area in Syria as a part of a Neotethys Ocean with tropical to subtropical climate from late Campanian to the end of Eocene with deposition in deep sea environments (upper bathyal to outer shelf). On the other hand, Oligocene deposits and their microfossil content suggest temperate to warm climate conditions and sedimentation in middle to inner shelf environments. These data enabled correlation with wider Mediterranean area. Very similar planktonic foraminiferal assemblage is documented from deep explora-

tion wells from Adriatic Sea (PREMEC FUČEK et al., 1995; VESELI, 1999; VESELI et al., 2004; HERNITZ KUĆENJAK et al., 2006).

References:

- BERGGREN, W.A. & PEARSON, P.N. (2005): A revised tropical to subtropical paleogene planktonic foraminifera zonation.– *Journal of Foraminiferal Research*, 35/4, 279–298.
- BERGGREN, W.A., KENT, D.V., SWISHER C.C. & AUBRY, M. (1995): A Revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy.– In: BERGGREN, W.A., KENT, D.V., AUBRY, M. & HARDENBOL, J. (eds.): *Geochronology, Time Scales and Global Stratigraphic Correlation*.– Special publication of Society for Sedimentary Geology, 129–212.
- CARON, M. (1985): Cretaceous planktonic foraminifera.– In: BOLLI, H.M., SAUNDERS, J.B. & PERCH NIELSEN, K. (eds.): *Planktonic Stratigraphy*, Cambridge University Press, Cambridge, 17–86.
- HERNITZ KUĆENJAK, M., PREMEC FUČEK, V., SLAVKOVIĆ, R. & MESIĆ, I.A. (2006): Planktonic Foraminiferal Biostratigraphy of the Late Eocene and Oligocene in the Palmyride Area, Syria.– *Geologia Croatica*, 59/1, 19–39.
- OGG, J.G., OGG, G. & GRADSTEIN, F.M. (2008): *The Concise Geologic Time Scale*.– Cambridge University Press, New York, 185 p.
- PREMEC FUČEK, V., BABIĆ, I.J., BAJRAKTAREVIĆ, Z. & GUŠIĆ, I. (1998): Planktonic foraminiferal biostratigraphy of the Middle to Upper Eocene succession in the north Adriatic Sea. De la – Opera SAZU 4 razr., 255–271.
- ROBASZYNSKI, F. & CARON, M. (1995): Foraminifers planctoniques du Crétacé: commentaire de la zonation Europe-Méditerrané.– *Bulletin de la Société Géologique de France*, 6, 681–692.
- ROBASZYNSKI, F., CARON, M., GONZALES, J.M. & WONDERS, A.H. (1984): *Atlas of Late Cretaceous globotruncanids*.– *Revue de Micropaleontologie*, 26, 145–305.
- PREMOLI SILVA, I. & SLITER, W.V. (1995): Cretaceous planktonic foraminiferal biostratigraphy and evolutionary trends from the Bottaccioni section, Gubbio, Italy.– *Paleontographica Italica*, 82, 1–89.
- PREMOLI SILVA, I. & VERGA, D. (2004): Practical manual of Cretaceous planktonic Foraminifera. International School on Planktonic Foraminifera.– In: VERGA, D. & RETTORI, R. (eds.): *International School on Planktonic Foraminifera, 3rd Course: Cretaceous*. University of Perugia and Milano, Tipografia Pontificiana, Perugia (Italy), 283 p.
- VESELI, V. (1999): Faciesi karbonatnih sedimenata mlađeg mezozoika i paleogene u pučinskim bušotinama sjevernog Jadrana.– *Doctoral Thesis, Faculty of Science – Zagreb*, 306 p.
- VESELI, V., HERNITZ KUĆENJAK, M. & PREMEC FUČEK, V. (2004): Evolution depositional environments from Middle Jurassic to the Paleocene in the northwestern part of the Adriatic carbonate platform (Croatia, Northern Adriatic).– In: PENA dos REIS, R., CALLAPEZ, P. & DINIS, P. (eds.): *Abstract Book, 23rd IAS Meeting of Sedimentology, Coimbra – Portugal, Coimbra*, 280–280.
- WADE, B.S., PEARSON, P.N., BERGGREN, W.A. & PÄLKE, H. (2011): Review and revision of Cenozoic planktonic foraminiferal biostratigraphy and calibration to the geomagnetic polarity and astronomical time scale.– *Earth Science Review*, 104, 111–142.

Magmatic formation/intrusion age of monzogranite from Omanovac Quarry, Psunj Mt., Croatia

Vrijeme intruzije monzogranita Psunja, kamenolom Omanovac, Hrvatska

Marija Horvat¹, Urs Klötzli², Eva Klötzli², Domagoj Jamičić³ & György Buda⁴

¹ Croatian Geological Survey, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Croatia (mhorvat@hgi-cgs.hr)

² University of Vienna, Department of Lithospheric Research, Althanstraße 14, A-1090 Vienna, Austria

³ Svetozarska 21, 10 000 Zagreb, Croatia

⁴ Eötvös Lóránd University, Institute of Geology, Department of Mineralogy, Pázmány Péter sétány 1/c, H-1117 Budapest, Hungary

Key words: U-Th-Pb zircon dating, monzogranite, Late Devonian, Omanovac Quarry, Psunj Mt., Croatia

Ključne riječi: U-Th-Pb datiranje cirkona, monzogranit, gornji devon, kamenolom Omanovac, Psunj, Hrvatska

Psunj Mt., one of the Slavonian Mts., is located in the southern part of the Pannonian Basin in Croatia. The granitic rocks were emplaced in amphibolites-facies rocks in the western part of mountain. MARCI (1965) described them as non-cataclastic and cataclastic leucocratic granites in association with amphibolites, amphibole-zoisite-chlorite schists and leucocratic amphibole-bearing gneisses. The boundary between granites and amphibolites is formed by amphibole-biotite schists (TAJDER, 1966; MARCI, 1971). MARCI (1973) reported that the magma had a uniform composition with crystallisation sequence: plagioclase-biotite-quartz-micro-

cline-perthitic microcline. It was assumed that the granitic melt probably crystallised as a last differentiate of a granodioritic melt. Review of Psunj Mt. geology is given in JAMIČIĆ (1989) and JAMIČIĆ et al. (1989).

The studied sample PSG-1 originates from a homogeneous granitic body from the Omanovac Quarry in the Rogojica valley (W Psunj Mt.). The main mineral constituents include K-feldspar, quartz and amphibole. Plagioclase is a minor phase. K-feldspars are represented by microcline that shows polysynthetic twinning. Perthite intergrowths are common. Microcline contains inclusions of quartz and relics of

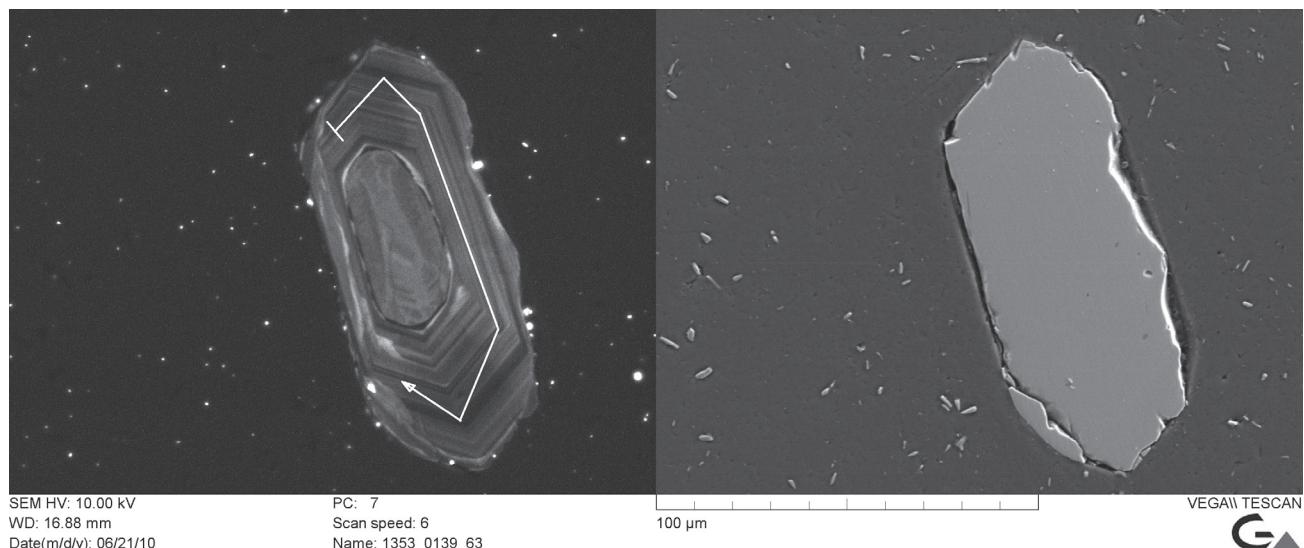


Figure 1: CL (left) and BSE image (right) of a typical zircon crystal separated from the monzogranite from Omanovac Quarry, Psunj Mt., Croatia. The CL image very nicely reveals the oscillatory zoning pattern which is interpreted as stemming from igneous zircon growth from a siliceous melt. The white line marks the in-situ laser-ablation track used for U/Pb dating, ($\phi = 10 \mu\text{m}$), resulting in the concordia age $381 \pm 2 \text{ Ma}$ (measurement number 0139_1353_PSG-1_63). This age is interpreted as reflecting igneous zircon growth.

Slika 1: CL (lijeva) i BSE slika (desna) karakterističnog zrna cirkona separiranog iz monzogranita iz kamenoloma Omanovac na Psunj, Hrvatska. CL slika veoma lijepo otkriva oscilatornu zonaciju zrna za koju se smatra da je posljedica magmatskog nastanka cirkona iz silicijске taljevine. Bijela linija označava trag laserske ablacija pri U/Pb datiranju ($\phi = 10 \mu\text{m}$), koje je dalo konkordijsku starost $381 \pm 2 \text{ Ma}$ (broj mjerena: 0139_1353_PSG-1_63), koja odgovara vremenu magmatskog rasta cirkona.

plagioclase. Quartz is allotriomorphic, with undulatory extinction and fills the interstices between K-feldspars and amphibole. The amphibole is a green hornblende. Accessory minerals are zircon, allanite, pyrite and Ce-epidote.

The average K-feldspar composition is $\text{Or}_{96}\text{Ab}_4\text{An}_0$. Plagioclase is almost pure albite ($\text{Or}_{0.5}\text{Ab}_{98}\text{An}_{1.5}$). The amphibole is a ferrohornblende with $(\text{K}_{0.16}\text{Na}_{0.16})\text{A}(\text{Na}_{0.36}\text{Ca}_{1.63})\text{B}[(\text{Mn}_{0.1}\text{Fe}^{2+}_{3.4}\text{Mg}_{0.48})(\text{Fe}^{3+}_{0.73}\text{Ti}_{0.2}\text{Al}_{0.08})]\text{C}(\text{Si}_{6.83}\text{Al}_{1.17})\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ (HORVAT & BUDA, 2004).

The chemical-mineralogical classification of DEBON & LE FORT (1983) classifies sample PSG-1 as monzogranite. The sample has a $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ molar ratio approximately equal to 0.90 with 3.97 wt% Na_2O . Accordingly the alumina saturation index and the A/NK molar ratio cannot discriminate between peraluminous and metaluminous geochemical affinity. This classification is in accordance with the petrographic observations that PSG-1 contains amphibole beside biotite and/or epidote and/or titanite.

The sample has a relatively high concentration ΣREE (330 ppm) with a strong negative Sr and Eu anomaly (HORVAT & BUDA, 2004). Elevated ΣREE and a negative Eu anomaly indicate typical magmatic fractional crystallisation of this monzogranite. Rb, Y, Yb, Hf, Nb, and Ta systematics favour a within plate (WPG) tectonic setting.

Pressure calculated on amphibole ranges between 0.22 and 0.24 GPa (HAMMARSTON & ZEN, 1986; HOLLISTER et al., 1987; JOHNSON & RUTHERFORD, 1988; SCHMIDT, 1992). These pressures correspond to a crystallisation depth of 6-8 km.

Zircons have a typical overall magmatic appearance: crystals are subhedral, colourless and clear with distinct internal zonation features: CL dark, idiomorphic, sometimes rounded cores are followed by a CL bright to dark alteration zone or a dark alteration zone which is sometimes zoned.

U-Pb isotopic data obtained by LA-MC-ICP-MS analysis of nine clearly magmatic zircons yield a concordia age of 380.1 ± 3.5 Ma which is interpreted as the intrusion age of monzogranite from Omanovac Quarry (Fig. 1).

References:

- DEBON, F. & LE FORT, P. (1983): A chemical-mineralogical classification of common plutonic rocks and associations. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences*, 73, 135–149.
- HAMMARSTROM, M.J. & ZEN, E. (1986): Aluminium in hornblende: an empirical igneous geobarometer. – *American Mineralogist*, 71, 1297–1313.
- HOLLISTER, L.S., GRISSON, G.C., PETERS, E.K., STOWELL, H.H. & SISSON, V.B. (1987): Confirmation of the empirical correlation of Al in hornblende with pressure of solidification of calc-alkaline plutons. – *American Mineralogist*, 72, 231–239.
- HORVAT, M. & BUDA, G.Y. (2004): Geochemistry and petrology of some granitoids from Papuk and Psunj Slavonian Mountains (Croatia). – *Acta Mineralogica-Petrographica*, 45/1, 93–100.
- JAMIČIĆ, D. (1989): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100000, list Daruvar, L33-95 [Basic Geological Map of SFRY, 1:100.000, Daruvar sheet – in Croatian]. – Geološki zavod Zagreb, Savezni geološki zavod Beograd.
- JAMIČIĆ, D., VRAGOVIC, M. & MATIČEC, D. (1989): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100000. Tumač za list Daruvar, L33-95 [Explanatory notes for the Basic Geological Map of SFRY, 1:100000. Geology of Daruvar sheet – in Croatian]. – Geološki zavod Zagreb, Savezni geološki zavod Beograd.
- JOHNSON, M.C. & RUTHERFORD, M.J. (1988): Experimental calibration of the aluminium in hornblende geobarometer with application to Long Valley Caldera (California) volcanic rocks. – *Geology*, 17, 837–841.
- MARCI, V. (1965): Petrografia zapadnog dijela Psunja [Petrography of the western part of Psunj Mountain – in Croatian]. – *Acta geologica IV, Prirodoslovna istraživanja, knjiga 34*, 316–322.
- MARCI, V. (1971): Metasomatski procesi u kontaktnim zonama granita i amfibolita na području donje Rašaške (Psunj) [Metasomatic processes in the granite and amphibolite contact zone in the Donja Rašaška territory, Psunj – in Croatian]. – *Geološki vjesnik*, 24, 123–131.
- MARCI, V. (1973): Geneza granitnih stijena Psunja [Genetic aspects of granitic rocks of Psunj – in Croatian]. – *Acta geologica VII/5, Prirodoslovna istraživanja, knjiga 40*, 195–231.
- SCHMIDT, M.W. (1992): Amphibole composition in tonalite as a function of pressure: an experimental calibration of the Al in hornblende barometer. – *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 110, 304–310.
- TAJDER, M. (1966): Geneza blastoporfirnog epidot-amfibolita na području Omanovca u Psunjiju [The petrogenesis of blastoporphritic amphibolite in the region of Omanovac in Psunj – in Croatian]. – *Acta geologica*, 6, Razred za prirodne znanosti, knjiga 36, 5–16.

Holocene environmental changes in Baćina lakes

Holocenske okolišne promjene u Baćinskim jezerima

Nikolina Ilijanić, Slobodan Miko, Ozren Hasan, Koraljka Bakrač & Valentina Hajek-Tadesse

Croatian Geological Survey, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Croatia (nilijanic@hgi-cgs.hr)

Key words: paleolimnology, geochemistry, pollen, ostracods, environmental changes, Holocene, Baćina lakes
Ključne riječi: paleolimnologija, geokemija, pelud, ostrakodi, okolišne promjene, holocen, Baćinska jezera

The Baćina lakes are relatively small (total surface is 1.4 km²) freshwater lakes connected to the sea, but are among the most interesting phenomena in karst hydrogeology. The shape of the lakes is irregular, which is reflected also in the lake bottom relief and detailed bathymetry has been done. Important aspect of the lakes is their connection by tunnels (2 km long) with the Vrgorac polje, for the drainage of excess water from the polje, and with the sea, to prevent flooding and allow agriculture in the catchment. The 8.4 m core from the deepest lake, Lake Crniševo, showed the peaceful environment, not disturbed by the anthropogenic pollution caused by intensive agriculture developed around the lakes after the construction of the tunnel that connects them to the sea, while in the lake where the tunnel is (Podgora), show higher values of Cu and Pb in the upper 30 cm. The age of the core in Crniševo dates back to the beginning of the Holocene (8.3 m is around 11,700 cal BP). In that period Lake Crniševo existed as shallower lake than today, reflected in the higher concentrations of the lithogenic elements and magnetic susceptibility of the sediment, which indicate increased erosion and input of the siliciclastic material from the catchment from 11.7 to 10 cal ka BP, followed by their gradual decrease until 7.5 cal ka BP. Dominant carbonate deposition lasted

from 7.5 until 4.5 cal ka BP. Typical Mediterranean vegetation was determined from the 7.5 cal ka BP. At 4.5 cal ka BP intensive changes in the sediments began, observed by the high sand fraction compared to silt that was dominant until this period. This dynamic environment lasted until 2.5 cal ka BP, and is characterized by alternation of intervals containing calcite and quartz with those in which only calcite is present. From that time (4.5 cal ka BP) the slow increase of the siliciclastic material content was observed, indicating the increasing human impact and deforestation of the catchment. Tephra was identified by the very high magnetic susceptibility and other magnetic properties, so as higher elements K, Na, Mg, Zr in the overall chemical composition of the sediments and it is assumed that tephra belongs to Agnano Astron Monte Spino (AMST), the eruption of the Phlegraean fields around 4400 cal BP. In Lake Crniševo, the lake sediments show the same signature as the soils in the catchment, hydroxyl interlayered vermiculite (HIV), kaolinite and illite, and lack of association from the sediments in Vrgorac polje, which can be seen in the upper and bottom sediments from the Lake Podgora. Clay minerals showed influence of the sediments from Vrgorac polje in Baćina lakes in recent period after the tunnel has been built and in the past.

Lake Vrana (the Island of Cres) paleolimnology during the Late Pleistocene/Holocene

Paleolimnologija Vranskog jezera (otok Cres) tijekom kasnog pleistocena/holocena

Nikolina Ilijanić, Slobodan Miko, Ozren Hasan, Koraljka Bakrač, Valentina Hajek-Tadesse & Ines Galović

Croatian Geological Survey, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Croatia (nilijanic@hgi-cgs.hr)

Key words: paleolimnology, lake level, vegetation history, mineralogy, geochemistry, Late Pleistocene/Holocene, Lake Vrana (Cres)

Ključne riječi: paleolimnologija, razina jezera, povijest vegetacije, mineralogije, geokemija, kasni pleistocen/holocen, Vransko jezero (Cres)

Paleolimnology uses multidisciplinary approach in research of lake sediment sequences, in order to define paleoenvironmental characteristics. The paleolimnological research of Vrana Lake on the island of Cres is based on one core from the central part of the lake and additional 3 cores from the shallower northern part of the lake. Color and magnetic susceptibility analysis, grain size, mineralogical and geochemical analysis, so as palyinological, ostracod and diatom analysis on selected sediment cores were carried out. Reconstruction of the paleoenvironmental conditions through Pleistocene and Holocene (the last 15,000 years) was done based on the sediment core from the central part of the Lake Vrana, while the cores from the shallower northern part were used to reconstruct lake level in the last 5,000 years. The deepest sediments (6-7 m), where the dates were beyond the limit of the radiocarbon dating, show high dolomite content and clay minerals are represented by chlorite, hydroxyl interlayered vermiculite, illite and kaolinite, which reflects terra rossa soils as their source. From 5 to 3.85 m the sediments contain higher amount of calcite and dolomite, while in clay minerals fraction appears smectite, which is present in loess material in the catchment. Siliciclastic material is dominant in the lake sediments from 3.85 to 2.95 m (14.5-11.5 ka cal BP), with interruption interval from 3.45-3.30 m, which could be hiatus in sedimentation. The beginning of the Holocene (2.95 m) is characterized by the deposition of siliciclastic material (higher values of Al and other detrital elements, quartz and feldspars recorded in sediments), which is continued into the middle Holocene, until 4.5 ka cal BP (1.25 m). From

that period dominant carbonate sedimentation is observed and it can be presumed that the deeper lake has been established. Magnetic susceptibility is very high in periods around 8-7.5 ka cal BP (1.90-1.80 cm) and 7.2-6.6 ka cal BP (1.75-1.64 m), which is in the Adriatic basin defined as the maximum of the summer precipitation, indicating erosion of the siliciclastic material from the catchment (COMBOURIEU NEBOUT et al., 2013). Pollen analysis has determined the establishment of the Mediterranean vegetation holm oak forests and degradation stage of holm oak trees (macchia) in Lake Vrana between 8 and 7 ka cal BP (SCHMIDT et al., 2000). From 4.5 ka cal BP until present wet period is observed and from the last 300 years there is increased erosion in the basin, with higher amount of detrital material. Higher values of the lightness parameter of the sediments in the cores from the northern part of the lake indicate that the higher lake level period was established after 4.5 ka cal BP.

References:

- COMBOURIEU NEBOUT, N., PEYRON, O., BOUT-ROU-MAZEILLES, V., GORING, S., DORMOY, I., JOANNIN, S., SADORI, L., SIANI, G. & MAGNY, M. (2013): Holocene vegetation and climate changes in central Mediterranean inferred from a high-resolution marine pollen record (Adriatic Sea).— Climate of the Past, 9, 2023–2042.
- SCHMIDT, R., MÜLLER, J., DRSCHER-SCHNEIDER, R., KRI-SAI, R., SZEROCZYNSKA, K. & BARIĆ, A. (2000): Changes in lake level and trophy at Lake Vrana, a large karstic lake on the Island of Cres (Croatia).— Journal of Limnology, 59/2, 113–130.

Magnetic properties of the lake sediments along the eastern Adriatic coast

Magnetska svojstva jezerskih sedimenata istočne jadranske obale

Nikolina Ilijanić¹, Barbara Maher², Slobodan Miko¹ & Ozren Hasan¹

¹ Croatian Geological Survey, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Croatia (nilijanic@hgi-cgs.hr)

² Centre for Environmental Magnetism, Lancaster Environment Centre, Lancaster University, Lancaster, UK

Key words: lake sediments, magnetic properties, magnetic mineralogy, superparamagnetic particles

Ključne riječi: jezerski sediment, magnetska svojstva, mineralogija magnetskih čestica, superparamagnetične čestice

Environmental magnetism investigates the magnetic properties of materials which have been formed under the influence of environmental processes. Rock magnetic studies of sediments and soils rely on the presence of small amounts of ferromagnetic and canted-antiferromagnetic minerals which carry measurable remanent and induced magnetic properties. Lake sediments and soils act as sensitive magnetic recorders of paleoclimatic and palaeoenvironmental change. The mineralogy, concentration, magnetic grain size and morphology of magnetic grains may all vary according to the origins of the magnetic grains and their subsequent post-depositional sedimentary history. Such variations can result in shifts in the magnetic properties of the material under study, shifts which can be readily and rapidly identified by highly sensitive magnetic instrumentation. We examined Late Pleistocene and Holocene paleoclimate and environmental information from lake sediments on the Eastern Adriatic coast (Lake Vrana, on the Island of Cres, Bokanjačko blato, Lake Vrana near Bio-

grad, Baćina Lakes), so as sediment sourcing recorded by magnetic proxies.

Magnetic measurements include low and high field magnetic susceptibility, anhysteretic remanent magnetization (ARM), and isothermal remanent magnetization acquisition (IRM) and they were carried out on powder samples. Magnetic susceptibility was determined using a Bartington MS2B dual frequency susceptibility meter at the most sensitive (*0.1) range, both on low (0.47 kHz) and high (4.7 kHz) frequencies. Magnetic susceptibility, λ_{lf} , indicates the amount of magnetic material. Difference in susceptibilities measured at 2 frequencies reflects the presence of ultrafine ferromagnetic minerals (magnetite) lying in the superparamagnetic (SP) grain size region. Values higher than ~4% are typical of pedogenically enhanced soils (MAHER et al., 2003). Anhysteretic remanent magnetization (ARM), expressed as susceptibility of ARM (λ_{ARM}), is sensitive to concentration and grain size of magnetite grains and was imparted using a Molspin

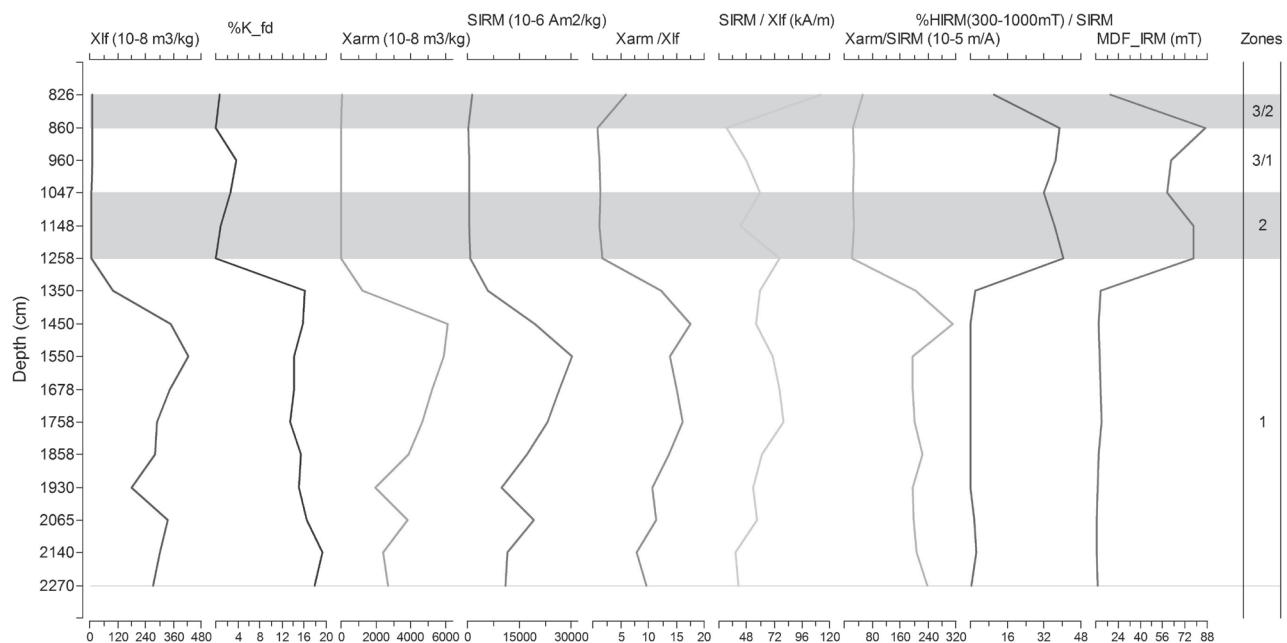


Figure 1. Downcore variation of the selected magnetic parameters of the deeper core from Bokanjačko blato.

Slika 1. Varijacije po dubini odabranih magneskih parametara u dubokoj jezgri Bokanjačkog blata.

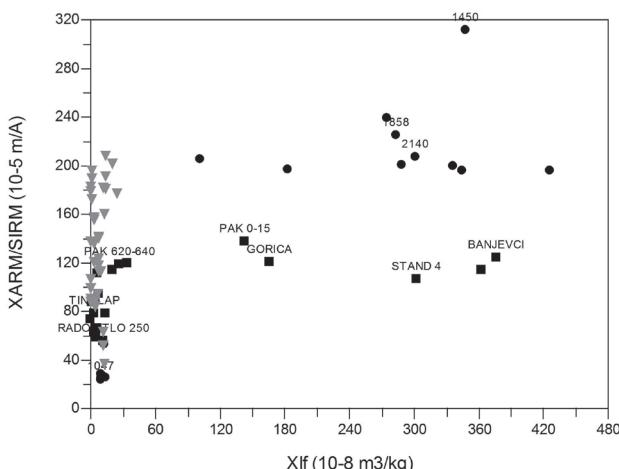
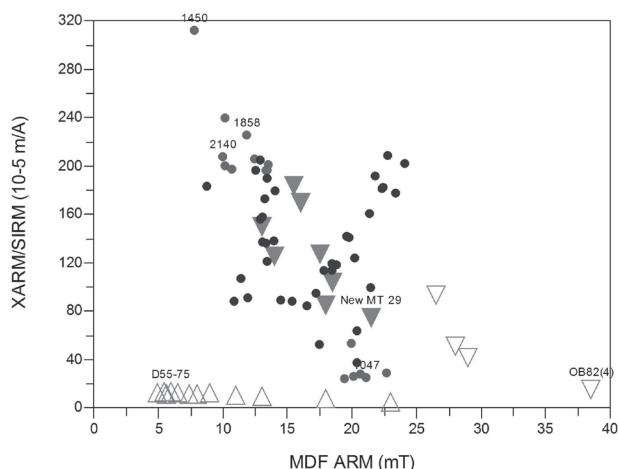


Figure 2. a) Biplot of the susceptibility of ARM/SIRM versus low magnetic susceptibility (X_{lf}) of the core from Bokanjačko blato and terra rossa soils from Ravnih Kotara; and b) susceptibility of ARM/SIRM versus median destructive field (MDF) of ARM of the samples from Bokanjačko blato and synthetic magnetites from MAHER (1988), showing the deepest red samples from Bokanjačko blato outside the region of magnetites.

Slika 2. Dijagrami raspršenja koji prikazuju a) ARM susceptibilitet/SIRM i magnetski susceptibilitet (X_{lf}) jezgre sedimenata iz Bokanjačkog blata i crvenice iz Ravnih Kotara; i b) ARM susceptibilitet/SIRM i srednje destruktivno polje (MDF) ARM-a jezgre sedimenata iz Bokanjačkog blata i sintetičkih magnetita iz MAHER (1988), što pokazuje kako su najdublji crveni uzorci iz Bokanjačkog blata izvan polja magnetita.

demagnetizer with ARM attachment at 80 mT, in a 100 mT DC biasing field and then stepwise demagnetized in AC fields of 5, 10, 15 and 25 mT. The stepwise acquisition of isothermal remanent magnetization (IRM), in DC fields of 10, 20, 50, 100 and 300 mT was made on a Molspin pulse magnetizer and at 1 T (regarded as the saturation IRM-SIRM) using a Newport electromagnet. Samples were demagnetized in the same steps as λ_{ARM} , with an additional ac demagnetisation step of 100 mT. Remanent coercivity was determined from IRM measurements using backfield once the SIRM was reached. After a sample has acquired an IRM it is possible to demagnetize the sample which can yield information about the ease of remanence acquisition, or the coercivity of a sample, which depends on the magnetic mineral present. Hard IRM (HIRM) remanence (high coercivity) is indicative of antiferromagnetic minerals, mainly hematite and goethite, while soft minerals easily acquire remanence, like magnetite. All remanence measurements were made on a Molspin Minispin fluxgate spinner magnetometer. Magnetic property measurements improved knowledge and understanding of processes involved in paleoenvironmental changes, paleoclimate reconstructions of the karst region of the Adriatic coast, so as lake sediment provenance due to changes in the catchments, soils erosion and dust aeolian flow. Lake sediment core from Lake Vrana on the island of Cres is the northernmost lake and shows different down-core variation of the magnetic susceptibility than the other analysed cores. Variation is in the agreement with other analysis performed on the sediments (grain size, geochemical and mineralogical analysis), but some processes still need to be understood, for example possible authigenic mineral formation in lake sediments which depends on the aquatic productivity and nutrient availability (EVANS & HELLER, 2003).



Magnetic measurement of Bokanjačko blato sediment sequence (Fig. 1) show that there are very low low-field (λ_{lf}) and anhysteretic susceptibility (λ_{ARM}) on the top of the sequence (0–4.3 m), followed by increasing values towards bottom of the lake sediments, implying to extensive erosion of the catchment material from 4.3 to 10.5 m. Frequency-dependent susceptibility λ_{FD} is higher from the 13.5 m till the end of the core (22.7 m), referred to ultrafine superparamagnetic magnetite. Very low HIRM(300–1000 mT)/SIRM values, from 13.5 to 22.7 m are indicative of the presence superparamagnetic hematite in red clay samples. Based on ARM/SIRM ratios versus low magnetic susceptibility, the samples from deeper parts of Bokanjačko blato show similarity to terra rossa soils from the Ravnih Kotari region (Fig. 2). Magnetic properties in sediments from Lake Vrana near Biograd, which are dominantly composed of carbonate sediments, reveal postdepositional changes in lake sediments and possibly formation of secondary sulphide minerals, such as greigite (high SIRM/ λ_{lf}). In sediments from Lake Bacina (Crnisevo), tephra was identified by the very high magnetic susceptibility and other magnetic properties.

References:

- EVANS, M.E. & HELLER, F. (2003): Environmental Magnetism: Principles and Applications of Enviromagnetics.– Academic Press, San Diego, CA, SAD, 299 p.
- MAHER, B.A. (1988): Magnetic properties of some synthetic sub-micron magnetites.– Gephy. J.Royal Astr Soc, 94, 83–96.
- MAHER, B.A., ALEKSEEV, A. & ALEKSEEEVA, T. (2003): Magnetic mineralogy of soils across the Russian Steppe: climatic dependence of pedogenic magnetite formation.– Paleo. Paleo. Paleo, 201, 321–341.

Visualisation and interpretation of the mineralogical data from the boreholes in Quaternary deposits of the southern part of the Pannonian Basin System, by using multivariate statistics combined with volume interpolation

Vizualizacija i interpretacija mineraloških podataka iz bušotina kvartarnih sedimenata južnog dijela Panonskog bazenskog sustava, alatima multivarijatne statističke analize i interpolacije volumena

Danijel Ivanišević, Lidija Galović, Marija Horvat & Lara Wacha

Croatian Geological Survey, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Croatia (divanisevic@hgi-cgs.hr)

Key words: Quaternary deposits, compositional data, multivariate statistics, volume interpolation, 3D model

Ključne riječi: kvartarni sedimenti, kompozicijski podaci, multivarijatna statistička analiza, interpolacija volumena, 3D model

The investigated area is situated along the Sava River and in between the Požeška and Dilj Mts. in the north and the Motajica Mt. in the south. This study utilises 18 boreholes as observations, drilled in the area of 470 km² of Quaternary deposits. Sampling of the boreholes was performed irregularly to a maximum depth of 10.25 m. Modal analyses were made on thin sections of the samples, prepared from heavy and light mineral fractions. The final data set included proportions of 11 variables (rock fragments, quartz, feldspar, tourmaline, staurolite, garnet, pyroxene, amphibole, epidote-zoisite, chlorite, opaque minerals) in 46 samples. The purpose of this study was to visually present the distribution of mineral phases on 3D maps of the investigated deposits with the aim to build a meaningful 3D subsurface model, by using open source software.

The results from modal analyses were expressed in percentages, thus representing compositional data (CoDa; AITCHISON, 1986). CoDa are constrained, i.e. they are always positive and can vary from 0 to some constant value (e.g. if data are expressed in percentages, they can vary from 0 to 100 % and 100 is the constant). Such scale is relative, which means that sample compositions are related in a way that an increment (or decrement) of one variable must result in a decrement (or increment) of at least one other variable. Standard statistical methods are based on the Euclidean geometry where scale is absolute and values can vary freely, from $-\infty$ to $+\infty$. Here, isometric log-ratio transformation (EGOZCUE et al., 2003) was applied to transform the data to the Euclidean space, so standard statistical methods can be applied.

A first step in the workflow was done in R 3.0.1 software (2013) and consisted of the determination of mineral assemblages, together with the estimation of the compositional variability by the means of multivariate statistical analysis, i.e. the principal component analysis (PCA) for CoDa (FILZ-MOSER et al., 2009). PCA loadings were used to describe mineral assemblages and PCA scores were used for an inter-

polation in the next step of the workflow. The interpolation was performed in GRASS GIS 6.4.4 software (2012), using regularised spline with tension (RST) algorithm (MITÁŠOVÁ & MITÁŠ, 1993; HOFIERKA & MITÁŠOVÁ, 1993). Tension and smoothing parameters were set by minimising the cross-validation (CV) error along with the generalisation of the phenomena, because small number of samples could give the misleading CV error. The final step in the workflow was the visualisation of the results which was done in ParaView 4.3.1 (2015) and MeshLab (2012) software.

The first two principal components (PCs) explain approximately 53 % of the total data variability. PC1 distinguished between two mineral assemblages: the more stable garnet, staurolite and opaque minerals which had positive loadings and the less stable rock fragments, feldspar and chlorite which had negative loadings. Such mineral assemblages very likely represent more or less mature sediment. Visualization of the positive PC1 scores (Fig. 1a) possibly revealed the older, Orljava River structure lying beneath the Sava River alluvial plain (negative PC1 scores; Figure 1b). PC2 distinguished between garnet, tourmaline, epidote-zoisite and staurolite which had positive loadings and amphibole and quartz which had negative loadings. Such mineral assemblages could be a signature of different metamorphic source rocks (e.g. gneisses against amphibolites). The negative PC2 scores (Figure 1d) are tied up with the Orljava River, carrying sediment from the Papuk and Psunj Mts., in addition to the Požeška and Dilj Mts.. Positive PC2 scores (Figure 1c) fill the rest of the volume and probably represent mixed sediment from the Požeška and Dilj Mts. and the Sava River.

This study revealed specific mineral assemblages and sedimentary bodies in 3D space based on the Quaternary sediment modal composition. To confirm or reject interpretation of the results, more analytical methods are required, but the proposed method presumably enlightened the origin of ana-

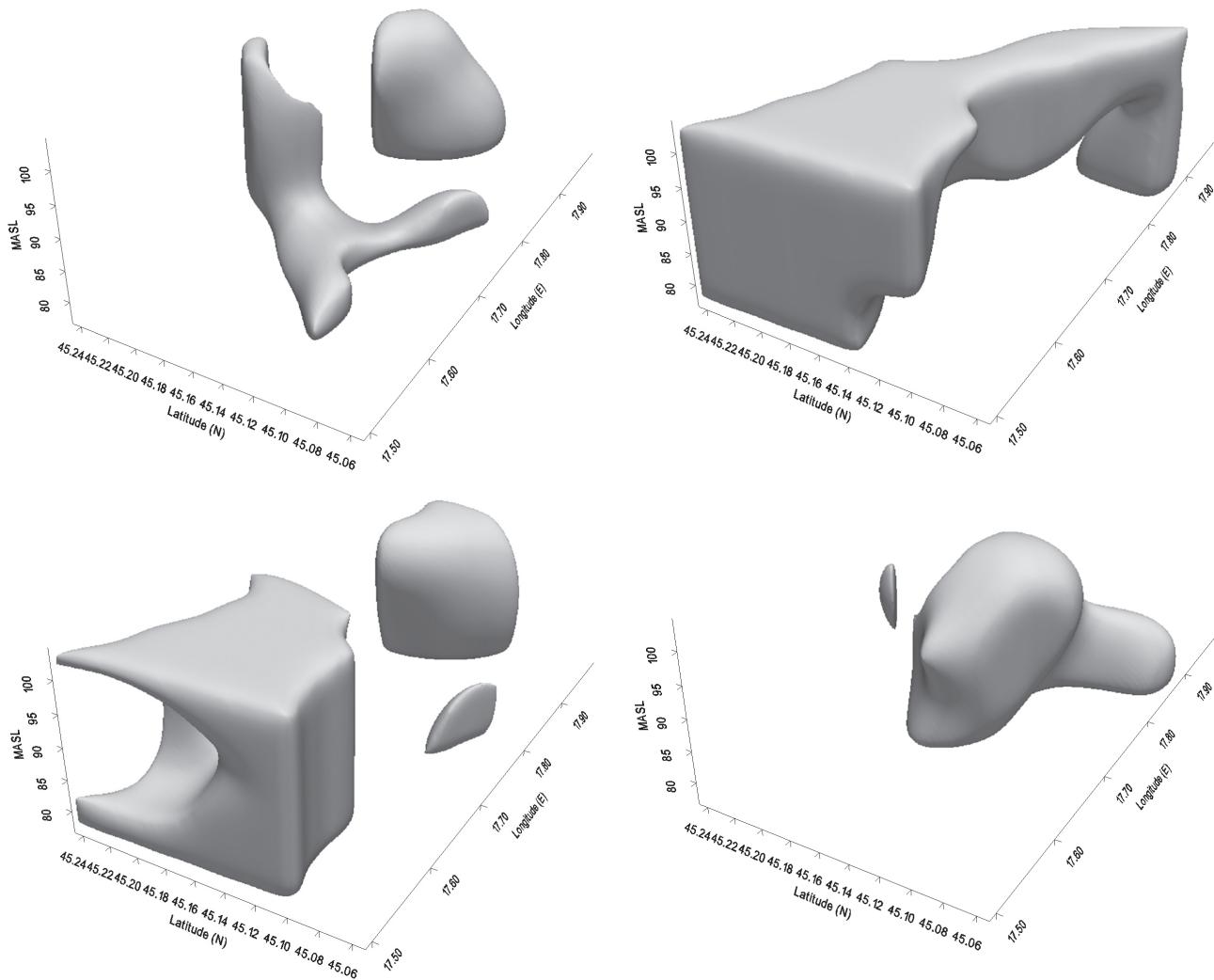


Figure 1. 3D distribution of the principal component (PC) scores in Quaternary sediments of the investigated area: a) and c) represent positive values of the PC1 and PC2, respectively and b) and d) represent negative values of the PC1 and PC2, respectively (MASL – meters above sea level, exaggerated 500 times).

Slika 1. 3D raspodjela bodova glavnih komponenti (GK) u kvartarnim sedimentima istraživanog područja: a) i c) redom predstavljaju pozitivne vrijednosti GK1 i GK2 i b) i d) redom predstavljaju negativne vrijednosti GK1 i GK2 (MASL – metara nadmorske visine, preuveličano 500 puta).

lysed Quaternary sediments and indicated its application in e.g. 3D geological mapping, natural resources or hazards management.

References:

- AITCHISON, J. (1986): The statistical analysis of compositional data.– Chapman and Hall, London, 418 p.
- CIGNONI, P.; CORSINI, M. & RANZUGLIA, G. (2012): MeshLab: an Open-Source 3D Mesh Processing System, Visual Computing Lab - ISTI – CNR.
- EGOZCUE, J. J., PAWLOWSKY-GLAHN, V., MATEU-FIGUERAS, G. & BARCELO-VIDAL, C. (2003): Isometric logratio transformations for compositional data analysis.– Mathematical Geology, 35/3, 279–300.
- FILZMOSER, P., HRON, K. & REIMANN, C. (2009): Principal component analysis for compositional data with outliers.– Environmetrics, 20, 621–632.
- GRASS DEVELOPMENT TEAM (2012): Geographic Resources Analysis Support System.– Open Source Geospatial Foundation Project.
- MITÁŠOVÁ, H. & HOFIERKA, J. (1993): Interpolation by regularized spline with tension: II. Application to terrain modeling and surface geometry analysis.– Mathematical Geology, 25/6, 657–669.
- MITÁŠOVÁ, H. & MITÁŠ, L. (1993): Interpolation by regularized spline with tension: I. Theory and implementation.– Mathematical geology, 25/6, 641–655.
- R CORE TEAM (2013): R: A language and environment for statistical computing.– R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- SANDIA NATIONAL LABS (2015): Paraview: Parallel visualization application.– Kitware Inc. and Los Alamos National Labs, USA.

"This work has been supported in part by the Croatian Science Foundation under the project 4425".

Nova pelsonijska (srednji anizik) cephalopodna fauna s područja „*Triplex Confinium*”* (Poštak, Gologlav, Orlovica), južna Hrvatska

New Pelsonian (Middle Anisian) cephalopod fauna from “*Triplex Confinium*”[§] area (Poštak, Gologlav, Orlovica), south Croatia

Dražen Japundžić¹, Nediljka Prlj-Šimić¹, Katarina Krizmanić¹ & Zoran Cuković²

¹ Hrvatski prirodoslovni muzej, Demetrova 1, HR-10 000 Zagreb (drazen.japundzic@hpm.hr)

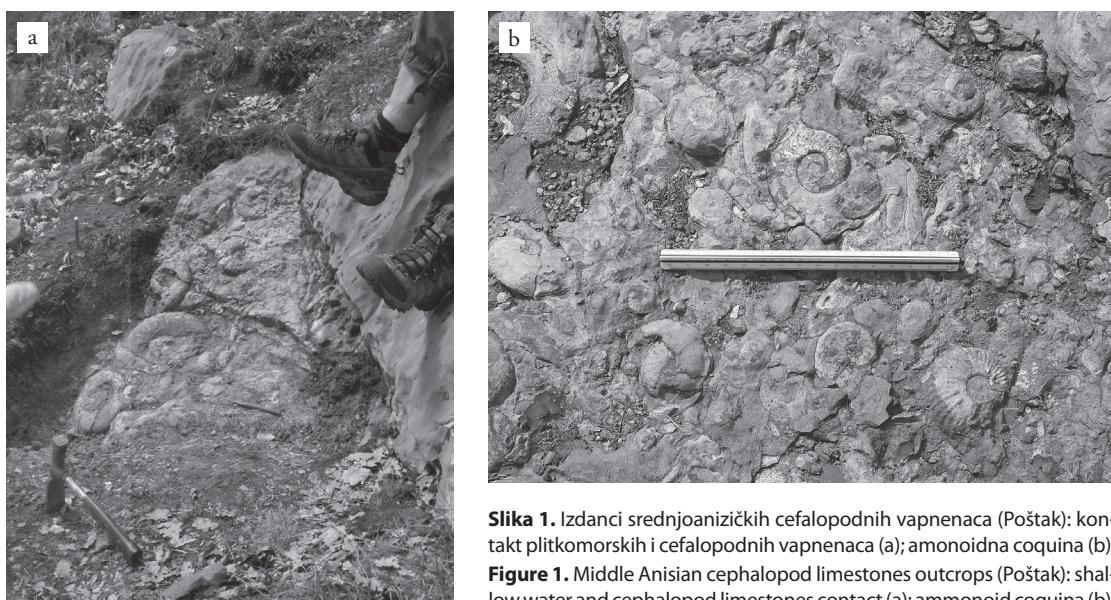
² Geoservices a Schlumberger company, 3600 Briapark Dr, Houston, 77 042, TX-USA

Ključne riječi: cephalopodni vapnenci, buloški vapnenci, biostratigrafija, amoniti, pelsonijan, Lika, Dalmacija, Hrvatska

Key words: cephalopod limestones, Bulog Limestones, biostratigraphy, ammonites, Pelsonian, Lika, Dalmatia, Croatia

U graničnom području Like, Dalmacije i Bosne i Hercegovine, u masivima Poštaka, Gologlava i Orlovice, sjeverno od Knina (južna Hrvatska) istraženo je više lokaliteta te je prikupljena bogata anizička cephalopodna fauna. Pretežito crveno-smeđi cephalopodni vapnenci, u literaturi poznati kao buloški vapnenci pojavljaju se duž uskih, tektonski isprekidanih i litološki raznolikih zona. Udrženi su s krinoidnim

i gomoljičastim vapnencima, klastičnim i vulkanoklastičnim stijenama, a smješteni između dva debela paketa svjetlih, plitkomorskih vapnenaca (Sl. 1 a, b). Jasno se razlikuju dva biostratigrfska horizonta: stariji, pelsonijski koji je predstavljen u ovom radu i mlađi, ilirički kojeg se zbog velike zastupljenosti vrsta rodova *Ptychites* i *Flexoptychites* često naziva i horizontom „ptihitnih vapnenaca“. U oba stratigrfska hor-

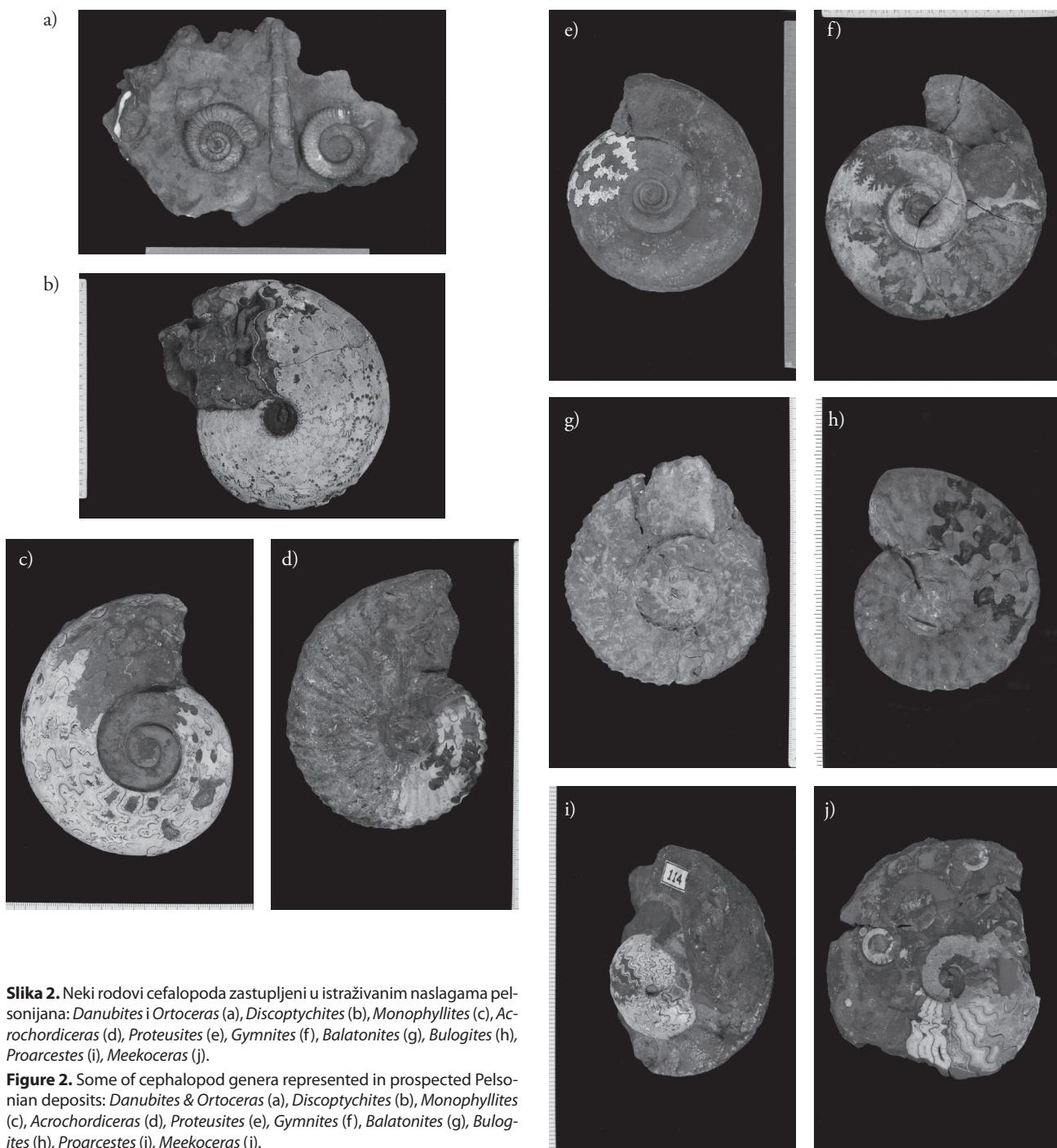


Slika 1. Izdanci srednjoanizičkih cephalopodnih vapnenaca (Poštak): kontakt plitkomorskih i cephalopodnih vapnenaca (a); amonoidna coquina (b).

Figure 1. Middle Anisian cephalopod limestones outcrops (Poštak): shallow water and cephalopod limestones contact (a); ammonoid coquina (b).

* Istraživani lokaliteti trijaskih naslaga smješteni su na prostoru povijesnog naziva "Triplex Confinium" ili tromedja. To je granični prostor između Osmanskog Carstva, Habsburške Monarhije i Mletačke Republike od 16. do 18. stoljeća na području današnje Hrvatske i Bosne i Hercegovine. Sama točka dodira tih triju imperija određena je pregovorima komisije za razgraničenje te internacionalno priznata mirom u Srijemskim Karlovicima 1699. godine. Bio je to Medvedak (sada Medveda Glavica) na vrhu Debelog Brda, sjeveroistočno od Knina.

[§] Explored sites of Triassic deposits are situated within the area bearing historic appellation "Triplex Confinium". Between the 16th and 18th centuries, it was the area separating the Ottoman Empire, the Habsburg Monarchy and the Venetian Republic, presently divided between Croatia and Bosnia and Herzegovina. The very point of contact of these three historic empires, Medvedak, was determined by negotiation commission for delimitation, and was recognized by the peace treaty in Srijemski Karlovci, in 1699. Medvedak (now called Medveda Glavica) is situated at the top of Debelo Brdo, northeast of Knin.



Slika 2. Neki rodovi cefalopoda zastupljeni u istraživanim naslagama pelsonijana: *Danubites* i *Orthoceras* (a), *Discptychites* (b), *Monophyllites* (c), *Acrochordiceras* (d), *Proteusites* (e), *Gymnites* (f), *Balatonites* (g), *Bulogites* (h), *Proarcestes* (i), *Meekoceras* (j).

Figure 2. Some of cephalopod genera represented in prospected Pelsonian deposits: *Danubites* & *Orthoceras* (a), *Discptychites* (b), *Monophyllites* (c), *Acrochordiceras* (d), *Proteusites* (e), *Gymnites* (f), *Balatonites* (g), *Bulogites* (h), *Proarcestes* (i), *Meekoceras* (j).

izonta, uz cefalopode od makrofosila dolaze još krinoidi, brahiopodi, puževi i školjkaši.

U starijem, pelsonijskom biostratigrafском horizontu, određene su vrste 17 amonoidnih rodova: *Acrochordiceras*, *Balatonites*, *Bulogites*, *Celtites*, *Danubites*, *Discptychites*, *Gymnites*, *Leiophylites*, *Meekoceras*, *Monophyllites*, *Norites*, *Proarc-*

estes, *Procladiscites*, *Proteusites*, *Ptychites*, *Sageceras* i *Sturia* (Sl. 2a-2j). Pojedine vrste u cijeli rodovi izumiru krajem pelsonijana (Balatonicus zona), dok oni drugi svoj razvoj, nastavljaju i u ilirik. Uz amonoide od cefalopoda dolaze i predstavnici skupina Nautiloidea i Coleoidea.

Prvi nalaz fosilnog kukca iz porodice Sciaridae (Diptera, Nematocera) u srednjemiocenskim naslagama Radoboja (Hrvatska)

The first fossil insect record of the family Sciaridae (Diptera, Nematocera) in the Middle Miocene sediments of Radoboj (Croatia)

Dražen Japundžić¹, Katarina Krizmanić¹ & Enrih Merdić²

¹ Hrvatski prirodoslovni muzej, Demetrova 1, HR-10 000 Zagreb (katarina.krizmanic@hpm.hr)

² Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Trg Svetog Trojstva 3, HR-31 000 Osijek

Ključne riječi: gljivna mušica, Sciaridae, *Schwenckfeldina*, srednji miocen, laporoviti vapnenci, Radoboj, Hrvatska

Key words: fungus midges, Sciaridae, *Schwenckfeldina*, Middle Miocene, marly limestones, Radoboj, Croatia

Tijekom prikupljanja građe za popunu muzejskih zbirki Hrvatskoga prirodoslovnog muzeja u Zagrebu istraživane su i neogenske naslage južnih padina Strahinjčice i Radoboja. Tom prilikom, sjeveroistočno od ulaza u nekadašnji rudnik sumpora u Radoboju, u blizini zaseoka Petrići ustanovljen je primarni izdanak laporovitog, tanko uslojenog vapnenca s fosilnom faunom i florom. Vjerojatno se radi o istom stratigrafskom horizontu smještenom ispod gornjeg sloja nekada eksploatiranog sumpora, a koji je radi bogatstva okamina i nalaza rijetkih vrsta poznat u cijelome svijetu. Ovaj sloj nije deblji od 40 cm, a sastoji se od tvrdog, tanko uslojenog, pepljasto-sivog laporovitog vapnenca. U tijeku su petrografske, mikropaleontološke i panlinološke analize uzoraka koje se provode u laboratoriju INA.d.d. s ciljem dobivanja novih spoznaja o paleoklimi i okolišu za vrijeme taloženja ovih naslaga, te o njihovoj relativnoj starosti. Od makrofosa prisutno je fosilno bilje (fragmeti grančica, lišće, trave i trunje), fosilne ribe (vrste iz porodica *Callionymidae* i *Clupeidae*) te fosilni

kukci (muhe, ose i mravi) među kojima se, usprkos svojoj nježnoj građi, ističe dobro očuvani primjerak jednog dvokrilca – gljivne mušice (Sl. 1a). Prema literaturnim podacima u kojima su obrađeni nalazi svjetski poznatih zbrki radobojskih kukaca, koje se čuvaju u muzejima Beča, Ljubljane i Zagreba, ovo je prvi nalaz mušice iz srednjomiocenskih naslaga Radoboja.

Fosilni kukac determiniran je na temelju usporedbe s građom danas živućih mušica, a prvenstveno prema rasporedu rebara koja se jasno vide na dobro očuvanim krilima (Sl. 1b). Rebra Sc i R vrlo su blizu jedno drugome, rebro M se na polovici dužine račva na M1 i M2, a rebro CuA1 račva se u 2/3 dužine rebara. Ovo upućuje da se radi o predstavniku dvokrilca (Diptera, Nematocera) iz porodice Sciaridae, a najvjerojatnije i vrsti iz roda *Schwenckfeldina*. Poznato je 19 recentnih vrsta roda koje nastanjuju vrlo topla i vlažna staništa, te jedna fosilna vrsta iz jantara srednjeg miocena Meksika.



Slika 1. Fosilna gljivna mušica iz srednjomiocenskih naslaga Radoboja (a), raspored rebara desnog krila (b).

Figure 1. Fossil fungus midges from Middle Miocene deposits of Radoboj (a), venation of right insect wing (b).

Fosilno pero iz srednjomiocenskih naslaga lokaliteta Bukova glava (Našice, Hrvatska)

Fossil feather from the Middle Miocene deposits of Bukova glava locality (Našice, Croatia)

Sanja Japundžić¹, Marija Bošnjak Makovec¹, Davor Vrsaljko¹, Željko Bortek² & Jasenka Sremac³

¹ Hrvatski prirodoslovni muzej, Geološko-paleontološki odjel, Demetrova 1, 10 000 Zagreb (sanja.japundzic@hpm.hr)

² Našice cement d.d., Tajnovac 1, 31 500 Našice

³ Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geološki odsjek, Geološko-paleontološki zavod, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb

Ključne riječi: fosilno pero, *Gavia* sp., srednji miocen, Bukova glava, Našice

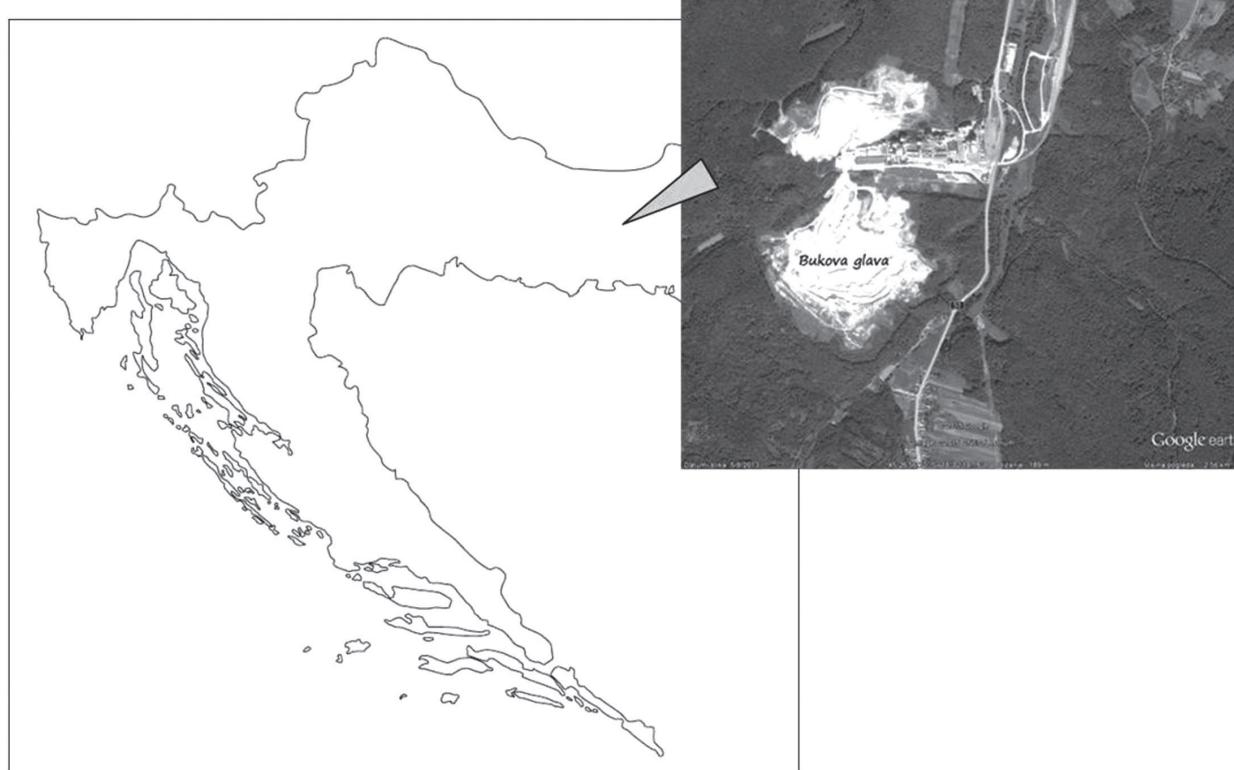
Key words: fossil feather, *Gavia* sp., Middle Miocene, Bukova glava, Našice

Prilikom terenskih istraživanja 2014. godine na lokalitetu Bukova glava, u blizini Našica, pronađeno je izvrsno očuvano fosilno pero. Lokalitet se nalazi u sklopu aktivnog ležišta sirovine za cement, u krugu tvornice Našice cement d.o.o., u njenom jugozapadnom dijelu (Sl. 1).

Na lokalitetu prevladavaju fosiliferni srednjomiocenski (gornji baden-sarmat) karbonati. Fosiliferni laporji, u kojima je pronađeno fosilno pero, pojavljuju se u srednjim i gornjim

dijelovima slijeda, a debljine su od nekoliko centimetara do 7 m. Horizontalno su laminirani sa čestom izmjenom svjetlijih i tamnijih lamina (PAVELIĆ et al., 2003). Na istoj slojnoj plohi nalazi se i brojna monotipska zajednica mekušaca *Tellina* (*Moerella*) *donacina* LINNÉ, što implicira dubljevodne, hipoksične uvjete badenskog mora.

Nalazi fosilnog perja iznimno su rijetki te je ovaj nalaz od velike važnosti, osobito zbog svoje dobre očuvanosti. Pero je



Slika 1. Položaj lokaliteta.

Figure 1. Location map.



Slika 2. Fosilno pero pljenora *Gavia* sp. (mjerilo u mm).

Figure 2. Fossil feather of *Gavia* sp. (Scale bar in mm).

sačuvano u sivo-crnom lapornom sloju debljine 5 cm nađenom na četvrtoj etaži ležišta. Na istom uzorku vidljivi su i ostaci tri fosilne ribe manjih dimenzija. Iz uzorka su izdvojeni i mikrofossili, od kojih su najbrojnije foraminifere, ostrakodi te fragmenti ribljega skeleta, najčešće preoperkulumi roda *Callichonymus*. Mikropaleontološka analiza, na temelju koje će se moći odrediti detaljnija stratigrafska pripadnost, je u tijeku.

Fosilno pero (Sl. 2) sačuvano je u ukupnoj dužini od 4,3 cm i s najvećom širinom od 2,2 cm. Cijelom dužinom dobro je vidljiv stručak (rachis) koji dijeli zastavicu pera (vexillum) na dva simetrična dijela. S obje strane dobro su vidljivi

isperci I reda (rami) koji su u distalnoj polovici rjeđi i razgranatiji, dok su u proksimalnom dijelu gušće složeni. Isperci II reda (radii) nisu vidljivi. Na proksimalnom dijelu s obje strane nalaze gotovo simetrične pjege najveće dužine 6,7 mm i najveće širine 2,2 mm. Usporedbom s perjem današnjih ptica utvrđeno je da je fosilno pero s lokaliteta Bukova glava najsličnije današnjim pljenorima (Gaviidae), te da je riječ o pokrovnom peru pripadnika roda *Gavia* sp.

Plijenori danas naseljavaju samo sjevernu hemisferu, gnijezdeći se na slatkovodnim jezerima i zimujući duž morske obale u umjerenim klimatskim pojasevima (CARBONERAS, 1992). Te su ptice naseljavale i obale Paratethys mora loveći ribe, kojih je, sudeći po fosilnim nalazima s istog lokaliteta, bilo u obilju.

Gaviidae se u fosilnom zapisu pojavljuju od kraja eocena, a vrlo su česte u mlađim slojevima (MLÍKOVSKÝ, 1998). Nađene su isključivo na sjevernoj hemisferi. Najstariji nalazi roda *Gavia* (*Gavia egeriana* ŠVEC, 1982) zabilježeni su u donjem miocenu Češke (ŠVEC, 1982), dok je u Europi najstariji nalaz vrste *Gavia schultzi* MLÍKOVSKÝ iz srednjemiocenskih naslaga Austrije (MLÍKOVSKÝ, 1998).

Literatura:

- CARBONERAS, C. (1992): Family Gaviidae (Divers).— Handbook of the Birds of the World, Vol. 1., 162–172.
 MLÍKOVSKÝ, J (1998): A new loon (Aves: Gaviidae) from the middle Miocene of Austria.— Ann. Naturhist. Mus. Wien, 99 A, 331–339.
 PAVELIĆ, D., KOVACIĆ, M., MIKNIĆ, M., AVANIĆ, R., VR-SALJKO, D., BAKRAČ, K., TIŠLJAR, J., GALOVIĆ, I. & BORTEK, Ž. (2003): The evolution of the Miocene environments in the Slavonian Mts. area (northern Croatia).— In: VLAHOVIĆ I. & TIŠLJAR J. (eds.): Field Trip Guidebook: Evolution of depositional environments from the Palaeozoic to the Quaternary in the Karst Dinarides and the Pannonian Basin, 22nd IAS Meeting of Sedimentology, 173–181.
 ŠVEC, P. (1982): Two new species of diving birds from the Lower Miocene of Czechoslovakia.— Čas. Mineral. Geol., 27, 243–260.

Novi nalazi vrste *Callionymus macrocephalus* GORJANOVIĆ-KRAMBERGER (Pisces, Callionymidae) iz srednjeg miocena Radoboja

New findings of *Callionymus macrocephalus* GORJANOVIĆ-KRAMBERGER (Pisces, Callionymidae) from the Middle Miocene of Radoboj

Sanja Japundžić & Dražen Japundžić

Hrvatski prirodoslovni muzej, Geološko-paleontološki odjel, Demetrova 1, 10 000 Zagreb (sanja.japundzic@hpm.hr)

Ključne riječi: fosilne ribe, *Callionymus macrocephalus*, Callionymidae, srednji miocen, Radoboj, Hrvatska

Key words: Fossil fishes, *Callionymus macrocephalus*, Callionymidae, Middle Miocene, Radoboj, Croatia

Novi primjeri riba, vrste *Callionymus macrocephalus* GORJANOVIĆ-KRAMBERGER, pronađeni su u srednjemiocenskim naslagama Radoboja u Hrvatskom zagorju. Lokalitet Radoboj već je otprije poznat kao fosiliferno nalazište (STUDER, 1829), a od 1838. godine počinje sustavno prikupljanje fosila iz ondašnjeg sumporokopa u svrhu znanstvenog proučavanja (VUKOTINOVIĆ, 1874). Dio fosila iz Radoboja danas se nalazi u zbirkama Hrvatskoga prirodoslovnog muzeja u Zagrebu, među njima i holotip vrste *Callionymus macrocephalus* GORJANOVIĆ-KRAMBERGER.

Ukupno je pronađeno 20 primjerka ove fosilne ribe. Svi su sačuvani u žućkastom, pločastom vagnencu debljine 1-2 cm, koji se nalazi oko 700 m sjeverozapadno od ulaza u nekadašnji rudnik sumpora. Na istim vagnencima, uz *C. macrocephalus* pronađene su ribe iz porodice Clupeidae, te ostaci kukaca i flore.

Primjeri su vrlo sitni, dužina najcjelovitijeg iznosi 23 mm (Sl. 1). Najveći, djelomično sačuvan primjerak ima ukupnu dužinu od 30 mm. Upečatljiv dio ove ribe je glava, koja je plosnata i lateralno proširena. Dužina glave iznosi gotovo 1/4

ukupne dužine. Oči su smještene blizu, odvojene uskim interorbitalnim septumom. Prsne i trbušne peraje dobro su vidljive dok su leđna, podrepna i repna na većini primjeraka slabije sačuvane. Trbušne peraje imaju 5 mekih i 1 tvrdu žbicu. Žbice trbušnih peraja su izrazito dugačke i njihova dužina iznosi oko 1/5 ukupne dužine na većini primjeraka. Broj žbica u prsnim perajama bilo je teže utvrditi, samo na jednom primjerku izbrojano je 19 žbica. Repna peraja ima 10 žbica. Broj kralježaka iznosi 22. Na fosičnim ribama se ističe vrlo svojstven preoperkulum (škrnični pretpoklopac), koji na distalnom dijelu nosi tri trnovita nastavka, jedan usmjeren prema naprijed, a dva prema gore dok je proksimalni dio znatno proširen. S obzirom na opisane osteološke elemente, među kojima je osobito prepoznatljiv preoperkulum, može se zaključiti da se radi o vrsti *Callionymus macrocephalus* GORJANOVIĆ-KRAMBERGER.

Porodica Callionymidae, kojoj pripadaju opisane fosilne ribe, danas broji 19 rodova s oko 150 vrsta (NAKABO, 1982). Sve informacije o morfologiji, filogenetskim odnosima i povijesti istraživanja ove porodice temelje se uglavnom na recentnom materijalu (NAKABO, 1982; 1983) jer su cjeloviti fosili iznimno rijetki i većinom se sačuvaju samo otoliti.

Literatura:



Slika 1. *Callionymus macrocephalus* GORJANOVIĆ-KRAMBERGER
Figure 1. *Callionymus macrocephalus* GORJANOVIĆ-KRAMBERGER

- GORJANOVIĆ-KRAMBERGER, D (1882) : Die Jungtertiäre Fischfauna Croatiens. I Teil. Beitr. Pal. Oest. Ung. Orients, 2, 86–135.
NAKABO, T. (1982): Revision of Genera of the Dragonets (Pisces: Callionymidae). – Publ. Seto Mar. Biol. Lab., 27 (1/3), 77–131.
NAKABO, T. (1983): Comparative Osteology and Phylogenetic Relationships of the Dragonets (Pisces: Callionymidae) with Some Thoughts on Their Evolutionary History. – Publ. Seto Mar. Biol. Lab., 28 (1/4), 1–73.
STUDER, B. (1829): Über die Gebirges Verhältnisse am südöstlichen Rande der Alpen Kette. – Zeitsch. für Mineral., II, 730–778.
VUKOTINOVIĆ, L.J. (1874): Geologički i paleontologički odnosa u Radoboju. – Rad JAZU, 28, 110–146.

Litostratigrafija kolektorskih stijena ležišta ugljikovodika „Pz+Sm“ Kikinda-Varoš

Lithostratigraphy of Reservoir Rocks of the “Pz+Sm” Reservoir at Kikinda-Varoš

Radmilo Jovanović

NTC-NIS Naftagas GAZPROM NEFT, Naučno-tehnološki centar, Put Šajkaškog odreda 9, 21 000 Novi Sad, Srbija
(radmilo.jovanovic@nis.eu)

Ključne riječi: litostratigrafija, kolektorske stijene, granitoidi, organogeno-detritični vapnenci, Kikinda-Varoš

Key words: lithostratigraphy, reservoir rocks, granitoids, organogenic-detrital limestones, Kikinda-Varoš

Prilikom litostratigrafske klasifikacije kolektorskih stijena ležišta ugljikovodika „Pz+Sm“ Kikinda-Varoš primjenili su se osnovni principi litostratigrafske klasifikacije, definicije litostratigrafskih jedinica, vrste litostratigrafskih jedinica, kao i procedure za ustanavljanje, imenovanje i reviziju litostratigrafskih jedinica. Primjenjeni su i specijalni zahtijevi za utvrđivanje potpovršinskih litostratigrafskih jedinica.

Upitnik za litostratigrafsku klasifikaciju je preuzet iz godišnjeg izvještaja o izvršenim radovima za 2010. godinu projekta „Izrada litostatigrafskog kodeksa i litostratigrafskog leksikona Srbije“ Ministarstva prirodnih resursa, rудarstva i prostornog planiranja Srbije, u čijoj izradi je učestvovao i autor rada. Za izradu ovog, primijenjenog, upitnika za formiranje Litostratigrafskog leksikona Srbije su korišteni litostratigrafski leksikoni Australije, Mađarske, Libije, Novog Zelanda, Sjedinjenih Američkih Država, Kanade, Malezije, Norveške, Bangladeša, Južne Koreje, Rusije, Papua Nove Gvineje, Indije, Švicarske, Grenlanda, Libanona i Omana.

U radu su definirane dvije litostratigrafske jedinice: **Formacija granitoida Kikinda-Varoš i Formacija organogeno-terigenih vapnenaca Kikinda-Varoš.**

Geografski dio naziva ovih jedinica je naziv grada, jer se tipski lokalitet za obje formacije nalazi ispod grada Kikinde u okviru ležišta ugljikovodika „Pz+Sm“ Kikinda-Varoš. Jezgra reprezentativnih bušotina na osnovu kojih je definiran tipski lokalitet nalazi se u Skladištu jezgara, Centralna laboratorija, NTC „Naftagas“, NIS Gaspromneft, Novi Sad. Tipski lokaliteti obje formacije su zaštićeni i povjerljivi zato što su u okviru aktivnog komercijalnog ležišta nafte i plina „Pz+Sm“ Kikinda-Varoš.

Formacija granitoida Kikinda-Varoš je izgrađena prvenstveno od plutonskih stijena granitskog i granodioritskog sastava koji se rijetko nalaze u svježem stanju, a u većoj mjeri su djelimično uškriljene, brečirane, milonitizirane, dinamometamorfozirane do kataklaziranosti i djelimično zahvaćene migmatizacijom. U njima su česte enklave muskovitnih, biotitno-muskovitnih i kloritno-biotitno-muskovitnih škriljavaca i rijetke pojave škriljavih peridotitnih stijena.

Donja granica formacije nije nabušena. Debljina granitoida u okviru kompozitnog terena Tisija se procjenjuje do 10

km. Gornja granica sa sarmatskim i mlađim sedimentima je tektonska.

Mjerena absolutna starost granitoida kompleksa Batonja u pograničnom dijelu Mađarske je 386 milijuna godina što ukazuje na njihovu kaledonsku starost. Rezultati mjerenja absolutne starosti koja su rađena u drugim laboratorijima, uključujući i mjerenja u Srbiji, ukazuju na njihovu kaledonsko-variscijsku starost. Enklave metamorfnih stijena (škriljavaca) su proizvodi mlađe variscijske orogeneze. Uklapanje enklava metamorftita u plutonitsku heterogenu masu posljedica su završnih faza variscijske orogeneze i nastupajućih faza alpske orogeneze.

Za izdvajanje formacija i utvrđivanje regionalnog geološkog rasprostiranja su upotrebljeni rezultati petroloških istraživanja, seismogeološka interpretacija i interpretacija rezultata karotažnih mjerenja.

Formacija granitoida Kikinda-Varoš ustanovljena je na prostoru sjevernog Banata, sjevernog dijela srednjeg Banata i sjeverne Bačke. Geomorfološke karakteristike krovinskog dijela formacije (podina tercijarnih stijena), kao posledica variscijske i svih faza alpske orogeneze, sve do najmlađe tektonskе aktivnosti pliocenske starosti, su seismogeološkim metodama interpretirane u obliku strukturnih karata. Nije bilo dovoljno podataka da se odrede varijacije u debljinu jedinice jer, odnosu na stvarnu višekilometarsku debljinu kompozitnog terena Tisije nabušeno je tek nekoliko desetina metara.

Granitoidne stijene se pojavljuju u varijetetima: biotitni granit, granodiorit i tonalit, okcasto-amigdaloidni i trakasti varijeteti gnajs-granita. U kinematski aktivnim zonama su pojave milonitiziranih, kataklaziranih granitoidnih i mestimično uškriljenih granitoidnih stijena.

Biotitni granit je stijena sive boje, masivne teksture. Prisutni su sitnozrnasti i porfiroidni varijeteti. Struktura biotitnog granita je hipidiomorno zrnasta sa elementima poikilitiske i mirmekitske. Biotitni granodiorit je srednjesive boje, masivne teksture. Generalno njegova struktura je hipidiomorfno zrnasta i to srednje i sitnozrnasta sa elementima poikilitiske. Hornblenda-biotitski tonalit je stijena tamnosive boje, masivne teksture. Strukture je hipidiomorfne i nejednako zrnaste. Gnajs-graniti su stijene u kojima se makroskop-

ski zapaža paralelna orijentacija sastojaka koja se manifestira u okcasto-amigdaloidnoj i trakastoj teksturi. Struktura stijena je blastožrnasta sa elementima lepidoblastične. Kataklazirani granitoidi su pretrpjeli postkristalizacijske mehaničke deformacije koje nastaju u rezultatu izdizanja već očvrslog plutona u više nivoje Zemljine kore. Ove deformacije se manifestiraju pucanjem, lomljenjem i združgavanjem mineralnih komponenti i formiranjem kataklastičnih tipova struktura. Struktura stijena je heteroklastična, flazer, mortal i milonitska.

Albit-muskovit-kloritni škriljavac je stijena tamno zelenosive boje, škriljave i finozrnaste tekture, granoblastične, lepidoblastične i porfiroblastične strukture.

Apikalni dijelovi formacija su izmijenjeni i tektonizirani tako da su u tim dijelovima kolektorske stijene ugljikovodika ležišta nafte i plina „Pz+Sm“ Kikinda-Varoš.

Formacija organogeno-terigenih vapnenaca Kikinda-Varoš je izgrađena od različitih karbonatnih i klastičnih stijena od kojih su najvažnije: organogeni vapnenci, organogeno-detritični vapnenci, pjeskoviti organogeno-detritični vapnenci, mikrokonglomeratični i konglomeratični organogeno-detritični vapnenci, vapnoviti pješčenjaci, mikrokonglomerati i konglomerati polimiktnog (siliciklastično-karbonatnog) sastava veziva i valutica. Spomenuti litotipovi se izmjenjuju bez pravilnosti uslijed sindepozicione, sindagenetske i postdijagenetske tektonike. Debljina varira od nekoliko metara do oko 70 m.

Od makrofilsa ustanovljeni su pekteni, korali, irusi, teodoksus i detritus algi, gastropoda, bivalvija i drugih molusaka, a od mikrofilsa *Elphidium Cespum*, *Miliolidae* i *Nubecularidae*.

U okviru formacija je otkriveno nekoliko diskontinuiteta s tragovima pretaložavanja koje je bilo posebno intenzivno tijekom sarmatsko-panonskog hijatusa kada značajan dio formacije erodiran. Donja granica je vrlo jasno eksponirana jer je formacija leži diskordantno ili je u tektonskom kontaktu sa proterozojsko-paleozojskom osnovom izgrađenom od kiselih plutonita i metamorfta. Gornja granica je jasno izražena jer na formaciji leže panonski sitnozrnati sedimenti.

Starost jedinice je sarmatska i određena je mikropaleontološkom metodom. Usled postdepozicione emerzije i erozije veoma su velike varijacije u debljinama. Najveća utvrđena debljina je na osnovi karotažnih mjerena i iznosi oko 70 m.

Karbonatni dio formacije ima mikro do sitnokristalastu strukturu. Terigeni deo ima psamitsko-psefitsku strukturu. Detritični vapnenci se sastoje od organogenog detritusa psamitsko-psefitske veličine. Stratifikacija je rijetka, prevladavaju masivne i debeloslojevite stijene.

Formacija je interpretirana na osnovi jezgara, 2D i 3D seizmike i karotažnih merenja. Sastoji se od stijena koje su nastale u tijeku tri sedimentacijsko-tektonske faze:

Prva faza: taloženje donjosarmatskih organogenih vapnenaca karbonatne platforme i gnezdstih sprudova.

Druga faza: taloženje i pretaložavanje donjosarmatskih organogeno-detritičnih vapnenaca sa promjenljivom količinom psamitsko-psefitske terigene komponente.

Treća faza: taloženje i pretaložavanje gornjosarmatskih organogeno-detritičnih vapnenaca sa promjenljivom količinom psamitsko-psefitske terigene komponente.

Prirodne varijacije raspodjele elemenata u sedimentnoj jezgri iz Malostonskog zaljeva

Natural variations of element distribution in the sediment core from the Mali Ston Bay

Mladen Juračić¹, Igor Felja¹, Helena Bakic², Maja Romic² & Davor Romic²

¹ Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geološki odsjek, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb

² Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za melioracije, Svetosimunska cesta 25, 10 000 Zagreb

Ključne riječi: sedimenti, metali, pozadinska koncentracija, udjel karbonata, Jadran

Key words: sediments, metals, background concentration, carbonate share, Adriatic

Istočni dio Jadranske obale građen je uglavnom od karbonatnih stijena i u takvima uvjetima dominantno je kemijsko trošenje vapnenaca i dolomita. Kao posljedica toga, donos terigenog materijala u istočni dio Jadranskog mora je vrlo ograničen. Jedno od iznimaka je šire područje delte rijeke Neretve, koja teče kroz terene građene od različitih magmatskih, metamorfnih, karbonatnih i klastičnih stijena, dok u završnom dijelu toka prolazi kroz karbonatne stijene i flis. Na taj način, znatna količina materijala je donesena u taj dio Jadranskog mora u prošlosti.

U svrhu gradnje Pelješkog mosta, nekoliko istražnih bušotina je izbušeno u Malostonskom zaljevu, južno od delte rijeke Neretve (RADIĆ, 2009). Ove bušotine pokazale su debљinu sedimenata između 12 i 112 metara do osnovne stijene (BULJAN et al., 2012). Na jednoj od ovih jezgri, 96 metara dugoj, napravljene su granulometrijske analize, određivanje udjela karbonata, mineraloške analize te geokemijske analize.

Vremenski raspon koji jezgra pokriva (mladi pleistocen i holocen) i promjene okoliša koje su se odvijale na ovom području uvjetovale su varijabilni granulometrijski, mineralni i elementarni sastav i koncentracije elemenata u jezgri. Cilj ovog istraživanja je pokušati objasniti značajne prirodne varijacije vertikalne raspodjele elemenata u sedimentnoj jezgri kao posljedice promjena okoliša koje su pak vezane i na promjene razine mora.

Rezultati kalcimetrijskih analiza pokazuju široki raspon udjela karbonata u uzorcima, od 1% do 95%. Granulometrij-

ski sastav također značajno varira, od glina do pjeska. Udjel glavnih elemenata i elemenata u tragovima u sedimentu je kombinacija litološkog sastava slijevnog područja, prirodnog trošenja različitih vrsta stijena, ispiranja i riječnih pritoka. Antropogeni utjecaj (rudarenje, industrijski, urbani i turistički otpad), mogao je imati utjecaja samo na vršnih nekoliko metara jezgre. Korelacija elemenata u tragovima s karbonatima je napravljena u svrhu određivanja prirodne varijacije njihove koncentracije u okolišima s karbonatno-terigenim uvjetima sedimentacije (ovisno o promjenama razine mora tijekom kasnog pleistocena i holocena) u širem prostoru delte Neretve. S obzirom da je većina elemenata u tragovima u jezgri negativno korelirana sa karbonatima (iznimka je Sr) pokušalo se odrediti pozadinske (*background*) koncentracije za svaki element u tragovima u odnosu na udio karbonata u tim intervalima. Ove bi koncentracije mogle biti korištene kao *background* koncentracije elemenata (bez ljudskog utjecaja) u okolišima sa sličnim karbonatno-terigenim uvjetima taloženja diljem Sjevera.

Literatura:

- BULJAN, R., POLLAK, D. & GULAM, D. (2012): Engineering properties of marine sediments in Mali Ston Bay (Croatia) based on "Mainland-Pelješac" bridge investigations.– Geol. Croatica, 65/2, 233-242.
 RADIĆ, J., ŠAVOR, Z., HRELJA, G. & MUJKANIĆ, N. (2009): Pelješac bridge.– Građevinar, 61, Zagreb, 801-814.

Upotreba rentgenske tomografske mikroskopije za rekonstrukciju konodontnog aparata *Pseudofurnishius murchianus* VAN DEN BOOGAARD iz srednjeg trijasa Slovenije

Use of X-ray tomographic microscopy for reconstruction of the conodont apparatus *Pseudofurnishius murchianus* VAN DEN BOOGAARD from the Middle Triassic of Slovenia

Tea Kolar-Jurkovšek¹, Carlos Martínez-Pérez², Pablo Plasencia^{2,3}, Philip C.J. Donoghue³
& Bogdan Jurkovšek¹

¹ Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, 1001 Ljubljana, Slovenia (tea.kolar@geo-zs.si, bogdan.jurkovsek@geo-zs.si)

² Department of Geology, University of Valencia, Dr. Moliner, 50 Burjassot, 46 100 Valencia, Spain
(Carlos.Martinez-Perez@uv.es, Pablo.Plasencia@uv.es)

³ School of Earth Sciences, University of Bristol, Life Sciences Building, 24 Tyndall Avenue Bristol, BS8 1TQ, UK
(Phil.Donoghue@bristol.ac.uk)

Ključne riječi: rekonstrukcija konodontnog aparata, rentgenska tomografska mikroskopija, *Pseudofurnishius*, sredni trijas, Slovenija

Key words: conodonts, apparatus reconstruction, X-ray tomographic microscopy, *Pseudofurnishius*, Middle Triassic, Slovenia

Konodontni elementi koji se pojavljuju sljepljeni odnosno udruženi u klastere predstavljaju vrlo značajan izvor informacija koje se mogu primjeniti pri razumijevanju funkcionalnosti konodontnog aparata u prednjem dijelu probavnog trakta konodontnih životinja. Zbog male veličine konodontnih elemenata kao i vrlo rijetkih nalaza konodontnih klastera njihova praktična upotreba u biostratigrafiji kao i u razumijevanju funkcionaliranja čitavog konodontnog aparata još uvek je u fazi istraživanja. Suvremenim razvojem novih tehnologija, naročito tomografske mikroskopije, proširele su se mogućnosti istraživanja konodontnih klastera, a time i studija sastavljenih konodontnih aparata.

Upotreboom rentgenskih zraka na tomografskom mikroskopu sinhrotrona (Paul Scherrer Institute, Švicarska), pro- učavano je nekoliko klastera vrste *Pseudofurnishius murchianus* VAN DEN BOOGAARD (ladinik, srednji trijas) iz profila Prikrnica u Sloveniji. 3-D modeli, izvedeni iz tomografskih podataka, omogućili su izoliranje pojedinih elemenata koji

grade klastere te su ti elementi integrirani u funkcionalnu cje- linu, koja predstavlja konodontni aparat. Rekonstrukcije konodontnih aparata vrste *Pseudofurnishius murchianus* potvr- dile su njihovu osmočlansku prirodu, koja slijedi opću shemu za porodicu Gondolelloidea tijekom trijasa. Na temelju raščlanjenih parova P1 elemenata, predlaže se okluzijski model za njihove platforme, koji se bazira na njihovoj mikrostrukturi, istrošenosti i 3D okluzijskoj analizi (MARTÍNEZ PÉREZ et al., 2014). Ovaj kinematički model može biti sličan drugim konodontima listastog oblika, ali je prilično modificiran zbog prisutnosti nazubljene platforme.

Literatura:

- MARTÍNEZ PÉREZ, C., PLASENCIA, P., JONES, D., KOLAR- JURKOVŠEK, T., SHA, J., BOTELLA, H. & DONOGHUE, P.C.J. (2014): There is no general model for occlusal kinematics in conodonts.– Lethaia, 47/4, 547–555, doi: 10.1111/let.12080.

Brahiopodna fauna iz srednjega trijasa Svilaje (Vanjski Dinaridi, Hrvatska)

Brachiopod fauna from the Middle Triassic of Mt. Svilaja (Outer Dinarides, Croatia)

Tea Kolar-Jurkovšek¹, Adam T. Halamski², Maria Aleksandra Bitner², Andrzej Kaim²
& Bogdan Jurkovšek¹

¹ Geological Survey of Slovenia, Dimičeva ulica 14, SI-1000 Ljubljana, Slovenia
(tea.kolar@geo-zs.si, bogdan.jurkovsek@geo-zs.si)

² Institute of Paleobiology, Polish Academy of Sciences, Twarda 51/55, 00-818 Warszawa, Poland
(ath@twarda.pan.pl, bitner@twarda.pan.pl, kaim@twarda.pan.pl)

Ključne riječi: brahiopodi, trijas, ladinik, Svilaja, Hrvatska

Key words: Brachiopoda, Triassic, Ladinian, Svilaja, Croatia

Na jugozapadnoj padini planine Svilaja u Dalmaciji (Vanjski Dinaridi, Hrvatska) izdanjaju donjotrijaske karbonatnoklastične naslage, na kojima je diskordantno taložena aniziska Otarnička breča, a iznad nje leži preko 100 m debove slijed pelagičkih anizijskih i ladiničkih naslaga s piroklastima koji ukazuju na srednjetrijasku riftnu tektoniku Jadran-ske mikroploče. Konodontnim istraživanjem pelagičkih slojeva iznad Otarničke breče ustanovljene su zajednice zona *constricta*, *trammeri*, *hungaricus* i *mungoensis*, a u najvišem dijelu profila ustanovljena je ladiničko-karnička *murchianus* zona (JELASKA et al., 2003). Iznad glavnog vulkanoklastičnog horizonta tzv. "pietra verde" (BELAK, 2000) opisane su brojne dazikladiceje (GRGASOVIĆ et al., 2007), zajednica radiolarija (GORIČAN et al., 2014), nove amonitne vrste (BALINI et al., 2006) te puževi, koralji, bodljikaši, brahiopodi (CHOROWICZ & TERMIER, 1975; JAECKS et al., 2003) i dr. Makrofosili su zbog jake silicifikacije uglavnom dobro očuvani što je omogućilo njihovu kiselinsku preparaciju.

Ladiničke naslage na Svilaji sadrže također bogatu faunu brahiopoda niske raznolikosti. Fauna se sastoji od četiri imenovane vrste i jedne s otvorenom nomenklaturom te je interpretirana kao parautohtonog zajednica koja predstavlja ekosustav podmorske livade dazikladaceja. Najčešće prisutna vrsta je *Flabellocyrtia flabellulum* (Spiriferinida) koja čini više od 70% paleontološkog materijala. Opisani su novi taksoni "Thecocystella sp. nov." i "Dispheniidae gen. et sp. nov." (HALAMSKI et al., 2015).

Literatura:

- BALINI, M., JURKOVŠEK, B. & KOLAR-JURKOVŠEK, T. (2006): New Ladinian ammonoids from Mt. Svilaja (External Dinarides, Croatia).— Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia, 112/3, 383–395.
- BELAK, M. (2000): Profil Sutina-Zelovo Sutinsko. Kristaloklastični i vitroklastični tufovi (pietra verde) s proslojcima silicificiranih dolomita, vapnenca, tufta, rožnjaka.— U: JELASKA, V. i sur.: Geološka povijest i strukturna evolucija Vanjskih Dinarida, 2. Hrvatski geološki kongres, Cavtat-Dubrovnik, 17.-20.5.2000., Vodič ekskurzija, VLAHOVIĆ, I. & BIONDIĆ, R. (ur.), A-1, 6–10.
- CHOROWICZ, J. & TERMIER, G. (1975): Une faunule silicifiée nouvelle dans le Trias moyen de la Svilaja (Yougoslavie).— Annales de la Société géologique du Nord, 95/4, 231–242.
- GORIČAN, Š., KOLAR-JURKOVŠEK, T. & JURKOVŠEK, B. (2014): Paleoekologija srednjetrijasne radiolarijske združbe s Svilaje (Zunanji Dinaridi, Hrvatska).— U: 4. slovenski geološki kongres, Ankaran, 8.–10. oktober 2014. ROŽIĆ, B. i sur. (ur.): Povzetki in ekskurzije = Abstracts and field trips. Naravoslovnotehniška fakulteta, Ljubljana, 24.
- GRGASOVIĆ, T., KOLAR-JURKOVŠEK, T. & JURKOVŠEK, B. (2007): Preliminary report on Ladinian dasycladalean algae from Mt. Svilaja (Croatia).— U: GRGASOVIĆ, T. (ur.). Field trip guidebook and abstracts. Hrvatski geološki institut, Zagreb, 226.
- HALAMSKI, A.T., BITNER, M.A., KAIM, A., KOLAR-JURKOVŠEK, T. & JURKOVŠEK, B. (2015): Unusual brachiopod fauna from the Middle Triassic algal meadows of Mt. Svilaja (Outer Dinarides, Croatia).— Journal of Paleontology (u tisku).
- JAECKS, G.S., LEIGHTON, L.R., KOLAR-JURKOVŠEK, T. & JELASKA, V. (2003): Phylogenetic analysis of a likely productide from the Triassic, and the implications for survival through the Permo-Triassic extinction.— Geological Society of America, 2003 Seattle Annual Meeting, Abstracts with Program, 66-1.
- JELASKA, V., KOLAR-JURKOVŠEK, T., JURKOVŠEK, B. & GUŠIĆ, I. (2003): Triassic beds in the basement of the Adriatic–Dinaric carbonate platform of Mt. Svilaja (Croatia).— Geologija, 46/2, 225–230, Ljubljana.

Geothermal potential of the Daruvar spa wider area

Geotermalni potencijal šireg prostora Daruvarske toplice

Slobodan Kolbah¹, Mladen Škrlec¹, Staša Borović² & Kosta Urumović²

¹ Geotermalna energija d.o.o., Ibrimovićeva 9, 10 000 Zagreb, Croatia

² Croatian Geological Survey, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Croatia

Key words: hydro-geothermal potential, hydrogeology of geothermal springs, geochemistry, Pannonian basin subsurface geology, Daruvar spa, Croatia

Ključne riječi: hidro-geotermalni potencijal, hidrogeologija geotermalnih izvorišta, geokemija, dubinska geologija Panonskog bazena, Daruvarske toplice, Hrvatska

Daruvar spa is located in the town of Daruvar in the western part of the Slavonia region in Croatia (Fig. 1.a). Natural geothermal springs which emerge from fractured and karstified Triassic carbonates indicate the existence of hydro-geothermal potential of the area (Fig. 1.b). Their mild water chemistry has a print of carbonate reservoir rocks and temperatures of 40-50 °C (BOROVIĆ et al., 2013). However, broader area needs to be assessed to determine the possibilities of finding higher temperature hydro-geothermal sources.

Owing to hydrocarbon exploration, deep geology of the basin area west from Daruvar is understood and geothermal model and hydrodynamic characteristics, important for establishing hydro-geothermal potential, had been determined. Hydrodynamic testing of the referent deep well in Dežanovac (Dež-1) (Fig. 1.c and 2) recorded an extremely high geothermal gradient (>88 °C/km), which surpasses the regional geothermal anomaly of Pannonian Basin. That effect is caused

by the convective circulation of geothermal water, as well as by the local geothermal anomaly in Daruvar spa (69 °C/km), which is in agreement with the thermal model in deeper basin areas. Chemical geothermometers based on SiO₂ solubility predict reservoir temperature of 75-90 °C. However, mixing models and 2D numerical simulations of fluid and heat transport in the HYDROTHERM software do not support this hypothesis (BOROVIĆ, 2015). However, significant potential is expected in the wider basin west of Daruvar (Fig. 2) where carbonate reservoir lies at greater depth (KOLBAH et al., 2015).

The outflow temperatures of geothermal water are expected to be higher than 60 °C and with significant flow from fractured carbonates, so their energy potential here is very high. On top of this, drilling depths to the massive fractured carbonate geothermal aquifer are 300-800 m (Fig. 2), which is twofold less than in most other Pannonian locations with

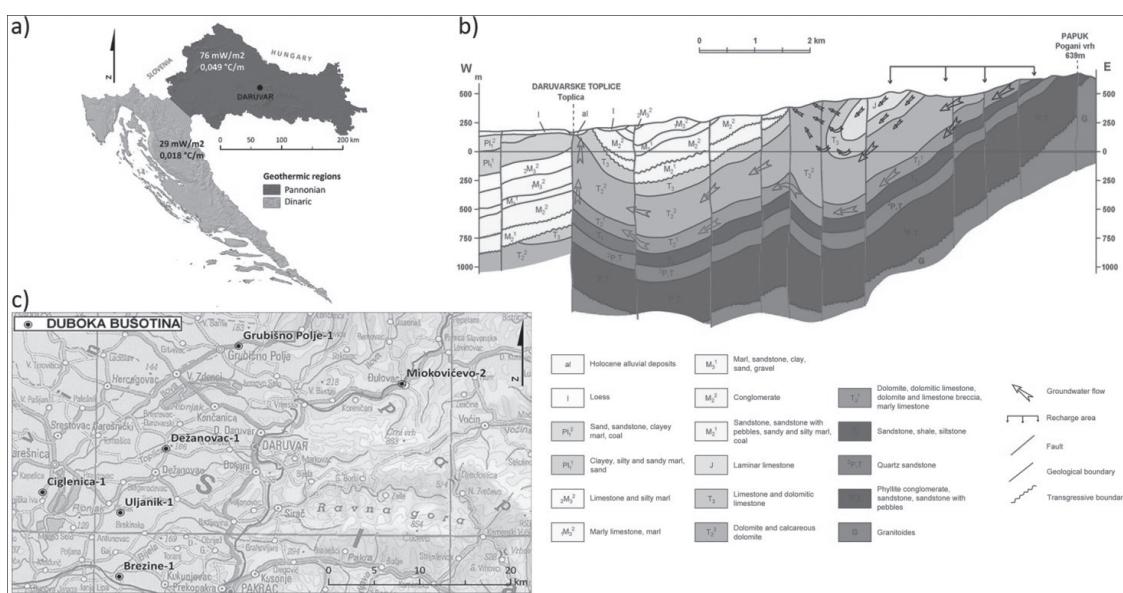


Figure 1. a) Geothermal regions in Croatia; b) geological and hydrogeological conceptual model of Daruvar hydrothermal system (modified after CRNKO et al., 1998); c) deep wells in the wider area of Daruvar.

Slika 1. a) Geotermalne regije Hrvatske; b) konceptualni geološki i hidrogeološki model daruvarskog hidrotermalnog sustava (modificirano prema CRNKO i dr., 1998); c) duboke bušotine na širem prostoru Daruvara.

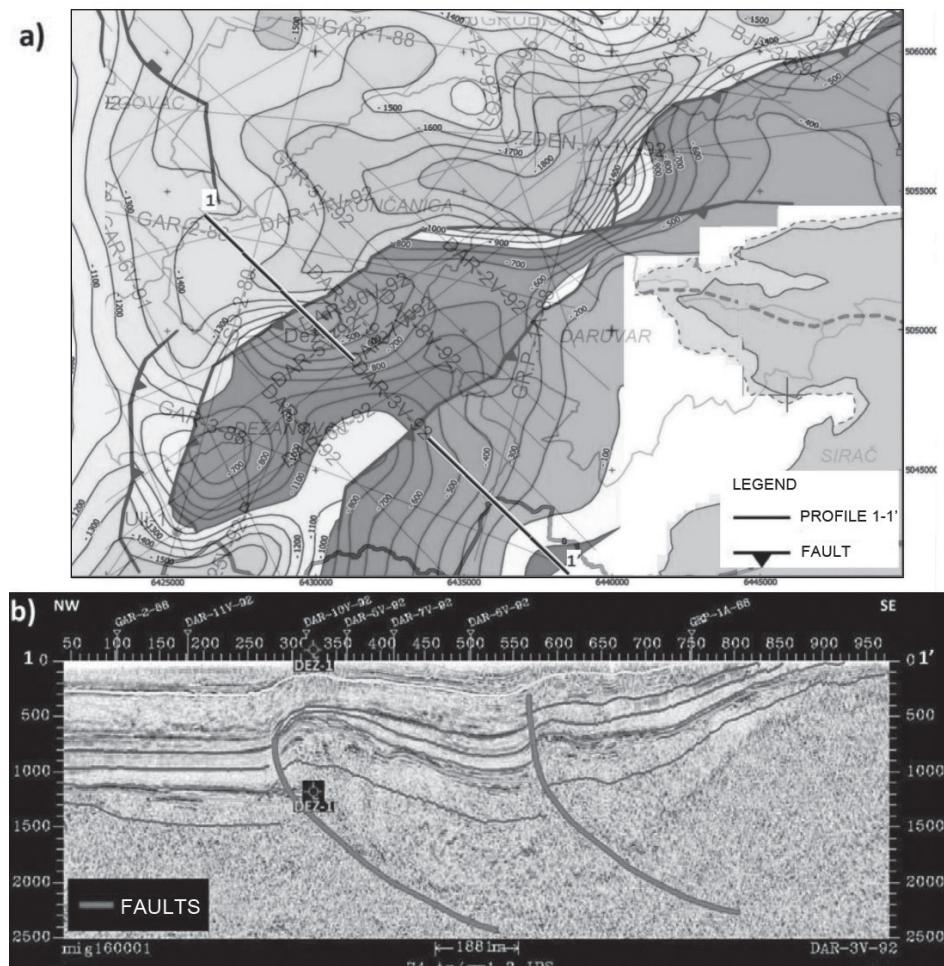


Figure 2. a) Strukturna karta po krovini podloge tercijara (Pt)/geotermalnog rezervoara u masivnom karbonatnom tijelu - (NS 100 m) s izdancima (puna linija, sive boje) prema interpretaciji 2001. godine; b) 2D seizmički profil interpretiran za potrebe ispitivanja bušotine Dež-1 (2001) - svijetlozelena linijska prati krovinu Pt.

Slika 2. a) Strukturna karta po krovini podloge tercijara (Pt)/geotermalnog rezervoara u masivnom karbonatnom tijelu - (NS 100 m) s izdancima (puna linija, sive boje) prema interpretaciji 2001. godine; b) 2D seizmički profil interpretiran za potrebe ispitivanja bušotine Dež-1 (2001) - svijetlozelena linijska prati krovinu Pt.

sandstone geothermal reservoirs. That is crucial in the economic view for the development of such deposits. The advantage of the wider Daruvar area is in occurrence of massive Triassic carbonate water reservoirs isolated under the Tertiary clastic cover, indicated by extensive geological and geophysical exploration and directly tested by deep drilling.

In this case a joint interpretation of surface and deep basin exploration can provide a full picture from rare but very valuable observed data enabling novel interpretation of the subsurface structure and composition in a wider area of Daruvar. Beside scientific, such research could have significant economic and environmental value, if local communities started utilizing available geothermal resources.

References:

- BOROVIĆ, S. (2015): Integrated hydrogeological-hydrogeochemical model of Daruvar geothermal aquifer.– PhD thesis (in Croatian, orig. title: Integrirani hidrogeološko-hidrogeokemijski model Daruvarskog geotermalnog vodonosnika), University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Zagreb, 232 p.
- BOROVIĆ, S., MARKOVIĆ, T. & LARVA, O. (2013): Hydrogeological and hydrochemical characteristics of Daruvar geothermal aquifer.– In: SZANYI, J. (ed.): Proceedings of IAH Central European Groundwater Conference, Morahalom, 8.-10.5.2013, 24–27.
- CRNKO, J., JAMIČIĆ, D. & MRAZ, V. (1998): Geološki uvjeti za pojavu termalne vode u Daruvaru.– Hrvatske vode, 6, 25, 401–410, Zagreb.
- KOLBAH, S., ŽIVKOVIĆ, S., GOLUB, M., ŠKRLEC, M. (2015): Croatia Country Update 2015.– In: Proceedings of World Geothermal Congress, Melbourne, 19-25.4.2015, p.no.1026.

Pločasti vapnenci jadranskog pojasa Dinarskoga krša

Platy limestones in the Adriatic belt of the Dinaric karst region

Tvrko Korbar¹, Jernej Jež², Goran Glamuzina³, Ladislav Fuček¹, Bogdan Jurkovšek²,
Dubravko Matičec¹, Uroš Barudžija⁴, Matija Krivic² & Nenad Kurtanjek¹

¹ Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, Zagreb, Hrvatska (tvrtko.korbar@hgi-cgs.hr)

² Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, Ljubljana, Slovenija

³ J.P.Elektroprivreda HZ HB, Mile Budaka 106a, Mostar, Bosna i Hercegovina

⁴ Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Pierottijeva 6, Zagreb, Hrvatska

u okviru projekta „RoofOfRock“ (www.roofofrock.eu), finansiranog kroz Adriatic IPA prekogranični program EU (NOVAK i sur., ovaj svezak), detaljno su istražene značajnije pojave pločastih vapnenaca na projektном području koje obuhvaća jadranski pojas Dinarskoga krša. Glavni cilj geološkog dijela projekta bio je prikaz općeg potencijala vapnenca kao arhitektonsko-građevnog kamena s posebnim naglaskom na pločaste vapnence, a s ciljem promocije njegove uporabe ali i zaštite zajedničke prirodne i kulturne baštine na projektnom području. U izradi prezentiranog dijela studije sudjelovali su istraživački timovi Hrvatskoga geološkog instituta, Geološkog zavoda Slovenije i Hrvatskoga geološkog društva Mostar.

Pločasti vapnenci su vrlo tankoslojeviti vapnenci debljine slojeva 1–10 cm. Tijekom istraživanja definirane su temeljne stratigrafske, sedimentološke i paleontološke značajke raznih tipova pločastih vapnenaca. Iako pločaste vapnence nalazimo i unutar planinskih područja Dinarskoga krša, najvažnije pojave pločastih vapnenaca na projektnom području izdvojene su u priobalnim i nizinskim dijelovima Krasa, Istre, Dalmacije i Hercegovine (Sl. 1), gdje su definirana visokopotencijalna i potencijalna područja, kao temelj za eventualnu eksploataciju i/ili zaštitu prirodnih i tradicionalnih kulturnih vrijednosti povezanih s pločastim vapnencima. Pločasti vapnenci se u istraživanom području pojavljuju uglavnom kao metarski do dekametarski ulošci (Sl. 2) unutar krednog sli-



Slika 1. Pregledna karta najznačajnijih krednih, paleogenskih i neogenskih litostratigrafskih jedinica, koje su u značajnom dijelu izgrađene od pločastih vapnenaca (crno), u jadranskom pojusu Dinarskoga krša.

Figure 1. Overview map of the most important Cretaceous, Paleogene and Neogene lithostratigraphic units characterized by significant platy limestone appearance (black) in the Adriatic belt of the Dinaric karst region.

jeda naslaga Jadranske/Dinarske karbonatne platforme (najznačajnije pojave: Kras, Istra, Trogirsko područje, otoci Veliki Drvenik, Šolta, Brač, Hvar, Korčula, poluotok Pelješac, Hercegovina), te unutar karbonatnog dijela u slijedu naslaga paleogenskog predgorskog bazena Dinarida, tj. unutar Prominskih naslaga na širem području Benkovca i zapadne Hercegovine. Pločasti vapnenci karbonatne platforme uglavnom se pojavljuju kao cijanobakterijski laminiti, madstoni i peloidno-skeletni pekstoni, taloženi u području peritajdala i plitkih unutarplatformnih bazena, a čine veće ili manje dijelove litostratigrafskih jedinica lateralnog pružanja od 100 m do 20-ak km. Litološki slične pojave pločastih vapnenaca nalazimo unutar istih litostratigrafskih jedinica na nekoliko susjednih područja (npr. unutar donjeg dijela formacije Gornji Humac na Braču, Korčuli i Pelješcu), pri čemu se može pretpostaviti dijakronost koja bi mogla biti i značajna (i do milijun godina). Kvalitativno i kvantitativno visokopotencijalna područja predstavljaju prostrana ležišta pločastih vapnenaca srednjokredne starosti u Hercegovini, smještena u hipsometrijski nižim dijelovima strmih navlačnih zona Visokog krša, među kojima se posebno izdvaja prostor Podveležja kod Mostara. Najveće količine kvalitetnog i komercijalno eksploatairanog pločastog vapnenca nalaze se unutar dubljevodnih naslaga na širem području Benkovca, gdje centimetarske izmjene kalci-lutita i kalkarenita čine litološki homogene litostratigrafske

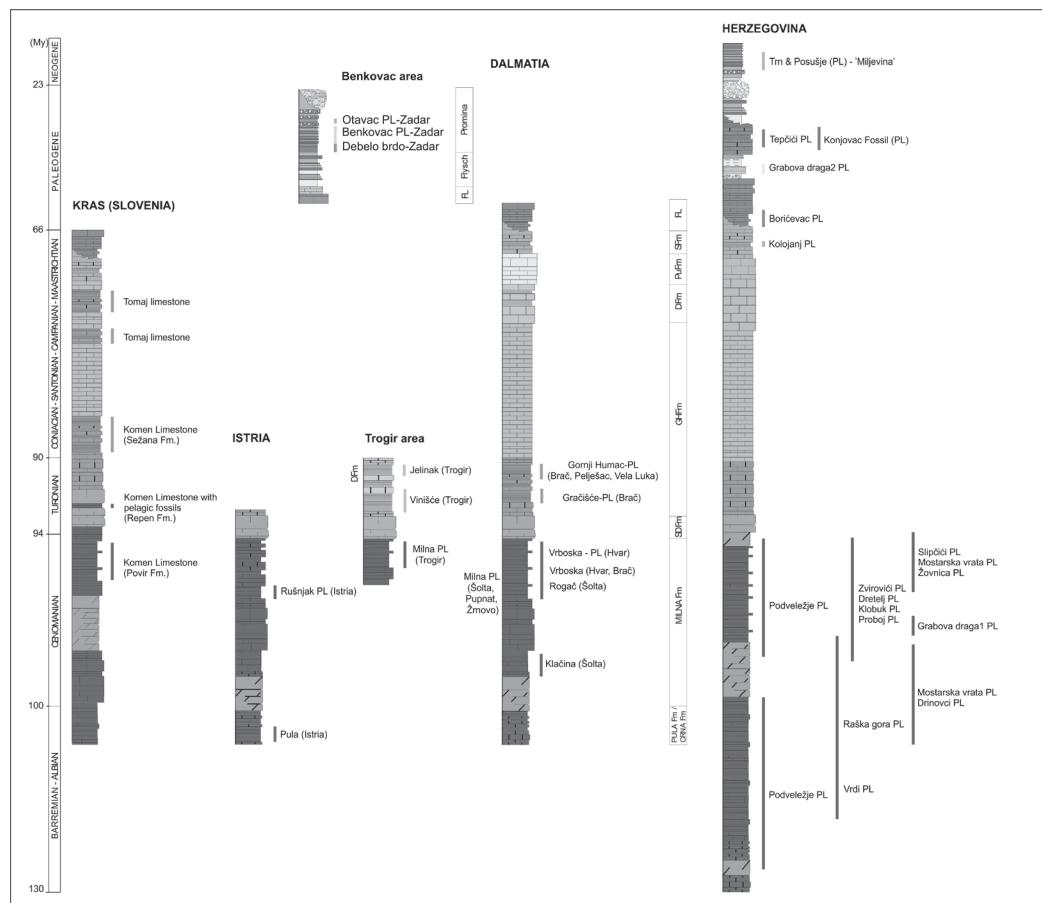
jedinice lateralnog pružanja više od 30 km. Kao najmlade pojave pločastih vapnenaca na istraživanom prostoru mogu se navesti pločasti vapnenci miocenske starosti u zapadnoj Hercegovini, taloženi u slatkvodnim, jezerskim okolišima (BARUDŽIJA i sur., ovaj svezak).

Od prirodnih značajki u pločastim vapnencima izdvojene su pojave tzv. „ribljeg facijesa“ (fosili riba, guštera, biljaka) u gornjokrednim facijesima Komenskih vapnenaca (Kras), cernomanskim formacijama središnje Dalmacije: Rogać (Šolta) i Vrboska (Hvar), u kojima nalazimo i zanimljive pojave sinsedimentacijski deformiranih laminita, zatim lokalnog fosilfernog facijesa unutar kredno-paleogenskih naslaga na lokalitetu Kolojanj (sjeverno od Neuma) te značajnih nalaza ihnofosila i fosilnih mekušaca unutar gornjopaleogenskih naslaga Benkovačkog područja i zapadne Hercegovine.

Literatura:

BARUDŽIJA i sur. (ovaj svezak): RoofOffRock project - limestone as the common denominator of natural and cultural heritage along the karstified part of the Adriatic coast – the results from Herzegovina project area, 27–28.

NOVAK i sur. (ovaj svezak): Limestone as the common denominator of natural and cultural heritage along the karstified part of the Adriatic coast – Project RoofOfRock, 194–195.



Slika 2. Regionalna korelacija pojava pločastih vapnenaca (tanke horizontalne linije – nije u mjerilu).

Figure 2. Regional correlation of platy limestone appearance (thin horizontal lines – not in scale).

Bauxites in Croatia – mineral resources and beyond

Boksiti u Hrvatskoj – više od rudnog bogatstva

Erli Kovačević Galović & Zoran Peh

Croatian Geological Survey, Sachsova 2, P.O. Box 268, HR-10 000 Zagreb, Croatia

Key words: Bauxite geochemistry, Compositional data analysis, Discriminant function model, Adriatic-Dinaric Carbonate Platform, K-Pg unconformity, Istria Peninsula, Croatia

Ključne riječi: Geokemija boksita, Analiza kompozicijskih podataka, diskriminantni model Jadran-Dinarska karbonatna platforma, K-Pg nekonformitet, Istarski poluotok, Hrvatska

For a long time now bauxites in Croatia have been treated only as an aluminum ore with all research efforts focused on their detection, exploitation and refining. More than 1000 bauxite deposits located in the 150 km long zone of the Dalmatian karst have been mined during the second half of the 20th century. In recent times, however, most of the ore is exhausted, leaving only small deposits which are not commercially cost effective.

Despite a great number of mineralogical and chemical analyses from the bauxite deposits and occurrences in Croatia published in various studies and professional reports, the issues of

bauxite genesis, its relation to the adjacent karst paleo-environment, and its tectonostratigraphic constraints have been largely underestimated. Also, they were treated earlier in the context of paleoclimate related geochemical and mineralogical processes and of local tectonics. Lately, they were brought again into the focus of interest when the newly constructed models of orogenetic evolution of the Adriatic (Adriatic-Dinaric) Carbonate Platform (ADCP) region have underlined the importance of a number of hiatuses of variable duration marked by bauxite deposits (e.g. VLAHOVIĆ et al., 2005; KORBAR, 2009). Recognizing bauxites as tectonic and climatic event markers at

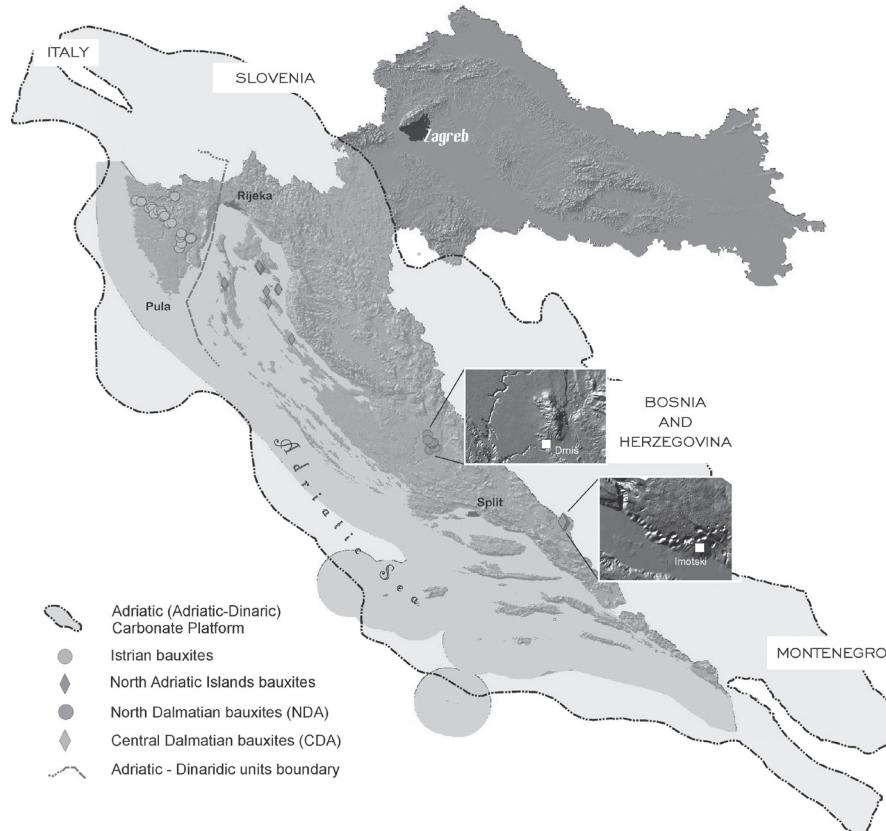


Figure 1. Shaded-relief map of Croatia with superimposed area showing the recent distribution of Adriatic (Adriatic-Dinaric) Carbonate Platform and locations of sampled Early Paleogene bauxites. Border between the Adriatic and Dinaric units inferred (partly) after KORBAR (2009).

Slika 1. Osjenčana reljefna karta Hrvatske s ucrtanim područjem koje pokazuje rasprostranjenost Jadranske (Jadransko-Dinarske) platforme i položaj uzorkovanih boksita donjopaleogenske starosti. Granica između jedinica Adrijatika i Dinarika je umetnuta (djelomično) prema KORBAR (2009).

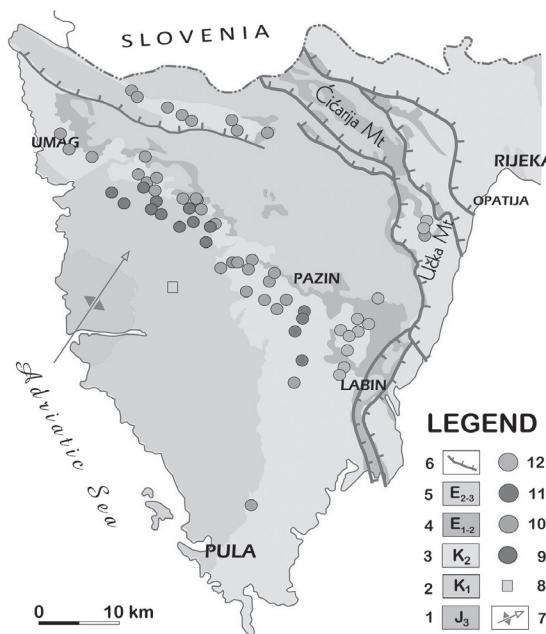


Figure 2. Simplified geological map of the Istrian Peninsula (compiled from the Geological map of the Republic of Croatia, 1:300,000, Croatian Geological Survey, 2009) showing locations of the sampled Istrian Lower Palaeogene bauxites (ILPB) overlying successively the Pula (PU) through Gornji Humac (GH) formations; 1) Upper Jurassic formations; 2) Lower Cretaceous formations (including PU); 3) Upper Cretaceous formations (RU-GH); 4) Paleocene–Middle Eocene formations; 5) Middle Eocene–Upper Eocene formations (flysch); 6) Thrust faults; 7) Investigated Istrian Lower Palaeogene bauxites (ILPB) grouped according to underlying Cretaceous formations.

Slika 2. Geološka skica Istarskog poluotoka (izrađena na osnovi Geološke karte Republike Hrvatske, 1:300.000, Hrvatski geološki institut, 2009) sa položajem uzorkovanih donjopaleogenskih boksite Istre (ILPB): 1) Formacije gornje jure; 2) Formacije donje krede (uključujući PU); 3) Formacije gornje krede (RU-GH); 4) Formacije paleocena–srednjeg eocena; 5) Formacije srednjeg eocena–gornjeg eocena (fliš); 6) Reversni rasjedi i navlake; 7) Istraživani donjopaleogenski bokksi Istre grupirani u skladu s krednim formacijsama u njihovoj podlozi.

regional unconformities (MINDSZENTY et al., 1995; D'ARGENIO and MINDSZENTY, 1995), new investigations call for additional correlative studies within and across different stratigraphic horizons, thus enabling the utilization of this immense potential indispensable in building the regional models of platform evolution.

Croatian bauxites are hosted in carbonate rocks marking the regional unconformities between several stratigraphic levels. In the recent investigations, addressing the root causes of geochemical variations observed in bauxite deposits, Lower Paleogene bauxites were specifically targeted. It is because their variable time span of emplacement (Early Cretaceous to Early Eocene) within the ADCP as the extent of subaerial exposure during the over-all regression of the carbonate platform is of particular importance in understanding the origin of bauxites. Multiple discriminant function analysis, which proved very effective in these investigations, is a statistical technique that is particularly useful when applied to problems involving discrimination between several pre-defined groups characterized by the great number of observations.

The purpose of the earlier investigation (KOVACHEVIĆ GALOVIĆ et al., 2012) was assessing the geochemical contrast (aided by qualitative mineralogical analysis) among the several groups of Lower Paleogene bauxites previously defined in relation to their paleogeographical/paleotectonic settings and thus elucidating the paleoenvironmental conditions and intervening processes prevailing on the emergent carbonate platform. A total of 50 bauxite samples of the Early Paleogene age were collected from various sites of Istria, North Adriatic islands, North and Central Dalmatia (Fig. 1) and chemical and mineralogical analysis was performed on bulk samples. Two discriminant function models were created accommodating the four groups of bauxites to be neatly separated into their characteristic compartments according to specific combinations of major and trace elements.

The later investigation (PEH & KOVACHEVIĆ GALOVIĆ, 2014) were focused on analogous issues related to a particular portion of the platform – the Istrian Peninsula – due to its specific geodynamic evolution through Cretaceous to Paleogene times (Fig. 2). It relied on adoption of the recent perspectives on development of the collision-induced diachronous discontinuity surface in the Istrian part of the ADCP. This process, related to the forebulge uplift at the latest stages of Alpine orogenesis, is amply recorded in the geochemical signature of contemporaneous bauxites. A discriminant function model based on compositional data (CoDa) analysis (major and trace elements) was constructed allowing for complete distinction between the four a priori defined Istrian Lower Paleogene bauxite groups overlying successively the Pula through Gornji Humac formations.

References:

- D'ARGENIO, B. & MINDSZENTY, A. (1995): Bauxites and related palaeokarst: tectonic and climatic event markers at regional unconformities.– *Eclogae Geologicae Helveticae*, 88, 453–499.

KORBAR, T. (2009): Orogenic evolution of the external Dinarides in the NE Adriatic region; a model constrained by tectonostratigraphy of Upper Cretaceous to Paleogene carbonates.– *Earth Science Reviews*, 96, 296–312. <http://dx.doi.org/10.1016/j.earscirev.2009.07.004>

KOVAČEVIĆ GALOVIĆ, E., ILIJANIĆ, N., PEH, Z., MIKO, S. & HASAN, O. (2012): Geochemical discrimination of Early Palaeogene bauxites in Croatia.– *Geologia Croatica*, 65, 53–65. <http://dx.doi.org/10.4154/gc.2012.04>.

MINDSZENTY, A., D'ARGENIO, B. & AIELLO, G. (1995): Lithospheric bulges recorded by regional unconformities. The case of Mesozoic-Tertiary Apulia.– *Tectonophysics*, 252, 137–161.

PEH, Z. & KOVAČEVIĆ GALOVIĆ, E. (2014): Geochemistry of Istrian Lower Palaeogene bauxites – Is it relevant to the extent of subaerial exposure during Cretaceous times?– *Ore Geology Reviews*, 63, 296–306. <http://dx.doi.org/10.1016/j.oregeorev.2014.05.020>

VLAHOVIĆ, I., TIŠLJAR, J., VELIĆ, I. & MATIČEC, D. (2005): Evolution of the Adriatic carbonate platform: palaeogeography, main events and depositional dynamics.– *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 220, 333–360. <http://dx.doi.org/10.1016/j.palaeo.2005.01.011>.

Granica srednjeg i gornjeg miocena (sarmat/panon) u Središnjem Paratetisu (lokalitet Vranović, Slavonija)

The Middle/Upper Miocene (Sarmatian/Pannonian) Boundary in Central Paratethys (Vranović locality, Slavonija)

Marijan Kovačić¹, Stjepan Čorić², Frane Marković¹, Đurdica Pezelj³, Koraljka Bakrač⁴,
Valentina Hajek-Tadesse⁴, Davor Vrsaljko⁵, Marija Bošnjak Makovec⁵, Štefica Kampić¹,
Andelika Ritossa¹ & Željko Bortek⁶

¹ Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Mineraloško-petrografska zavod, Horvatovac 95,
10 000 Zagreb, Hrvatska (mkovacic@geol.pmf.hr)

² Geological Survey of Austria, Neulinggasse 38, A-1030 Vienna, Austria

³ Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geološko-paleontološki zavod, Horvatovac 102a,
10 000 Zagreb, Hrvatska

⁴ Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Hrvatska

⁵ Hrvatski prirodoslovni muzej, Demetrova 1, 10 000 Zagreb, Hrvatska

⁶ Našice cement d.d., Tajnovac 1, 31 500 Našice, Hrvatska

Ključne riječi: Sarmat, panon, Središnji Paratetis, biostratigrafija, vulkanizam, Hrvatska

Key words: Sarmatian, Pannonian, Central Paratethys, Biostratigraphy, Volcanic activity, Croatia

Uvod

Jedna od najvažnijih promjena u evoluciji Središnjeg Paratetisa dogodila se na granici srednjeg i gornjeg miocena, odnosno na granici sarmat/panon. Snažna regresija izolirala je prostor Središnjeg Paratetisa od svjetskih mora što je dovelo do formiranja Panonskog jezera, uz istovremeno izumiranje znatnog dijela marinskih organizama i razvoj endemske faune prilagodene životu u bočatoj vodenoj sredini (PILLER et al., 2007). U jugozapadnom dijelu Panonskog bazena najbolje otkriveni kontakt između naslaga srednjeg i gornjeg miocena nalazi se na brdu Vranović, u sklopu tvornice cementa u Našicama. Tu je snimljen i u cijelosti uzorkovan geološki stup debljine 18 metara. Iz prikupljenih uzoraka načinjene su sedimentno-petrografske, RTG i geokemijske analize te analize fosilnog sadržaja. U ovome radu prikazani su preliminarni rezultati istraživanja spomenute granice jer su laboratorijska istraživanja još u tijeku.

Rezultati istraživanja

Na stupu Vranović izdvojena su tri litofacijesa; litofacijes lamineiranih laporanih (F1), litofacijes vapnenaca (F2) i litofacijes izmijenjenih tufova (F3). Litofacijes F1, koji zauzima oko 85% snimljenog slijeda naslaga, dominira u donjih 15 metara stupa, dok se u tri vršna metra izmjenjuje s facijesom F2. Sastoji se od svjetlosivih ili tamnosivih do crnih slojeva decimetarskih debljina unutar kojih se u pravilu vidi jasna izmjena svjetlijih i tamnijih lamina. Svjetlige lamine sadrže mjestimice i preko 95% CaCO₃, dok tamnije lamine uz CaCO₃ i glinu, mjestimice sadrže preko 20% organske tvari. Litofacijes F2 zauzima oko 15% naslaga, od čega najveći dio u tri vršna me-

tra slijeda. Sastoji se od slojeva debljine 1-20 cm. Vapnenac iz donjeg i središnjeg dijela stupa je izgrađen od mikrita ili mikrosparita i ne sadrži nikakve fosilne ostatke. Vapnenac iz gornjeg dijela stupa je centimetarski uslojen, a sastoji se od glinovitog mikrita s fosilnim ostacima ostrakoda, puževa i školjkaša. Litofacijes F3 nalazi se u sedmom metru stupa, a čini ga desetak centimetara debeli sloj izmijenjenog tufa. RTG analize pokazale su da se radi se o bentonitu u čijem sastavu dominira smektit. Obzirom na sadržaj mikroelementata vulkanski materijal je bio neutralnog karaktera i spada u tefrifonolit (PEARCE, 1996).

Paleontološke analize pokazale su jasnu promjenu fosilnog sadržaja na šesnaestom metru stupa. Tako se u zajednici mekušaca u laporima facijesa F1 iz prvih petnaestak metara pojavljuju sarmatski školjkaši kao što su *Cardium (Cerasteroderma) gleichenbergense* (PAPP), *Ervilia disita disita* (EICHWALD) i *Mactra* sp., dok se u vršnih tri metra u pločastim vapnencima facijesa F2 nalaze ostaci puževa *Gyraulus (Gyraulus) dubius* (GORJANOVIĆ-KRAMBERGER), *Gyraulus (G.) praeponticus* (GORJANOVIĆ-KRAMBERGER), *Radix (Radix) croatica* (GORJANOVIĆ-KRAMBERGER) i *Radix (R.) extensa* (GORJANOVIĆ-KRAMBERGER) koji dokumentiraju donjopanonsku starost naslaga. Analize mikrofossilnih zajednica načinjene su iz laporanih facijesa F1. Prisustvo foraminifera koje definiraju sarmatsku starost naslaga utvrđeno je od prvog do petnaestog metra stupa. Izmjene zajednica bentičkih foraminifera *Bolivina-Cassidulina* s *Elphidium* zajednicama u prvih sedam metara stupa ukazuju ili na cikličnost taloženja, tj. na moguće trendove laganog prodržavanja i opličavanja taložnog prostora, ili bi mogli biti odraz sezonalnosti. Od sedmog do petnaestog metra pojavljuje se

samo *Elphidium* zajednica karakteristična za plitkovodni okoliš. Zajednica ostrakoda brojna je u vršna tri metra stupa. Na petnaestom metru stupa izdvojena je ljušturica marinskog roda *Aurila* iz razdoblja sarmata, dok su dalje do kraja stupa utvrđene bočate zajednice donjeg panona: *Herpetocyprella auriculata* (REUSS), *Herpetocyprella* cf. *marginata* (ZALÁNYI), *Candonia* (Caspicypris) *postsarmatica* KRSTIĆ, C. (*Cryptocandonia*) *nocens* KRSTIĆ, *Loxoconcha porosa* (MÉHES), *L. cf. praepannonica* OLTEANU, *L. cf. alveolata* VORROSHILOVA i *Amnicythere monotuberculata* SOKAČ. Vapnenički nanoplankton iz laminiranih sarmatskih sedimenta iz donjeg i središnjeg dijela stupa sadrži bogatu nanoflru s *Acanthoica cohenii* (JERKOVIĆ 1971) AUBRY 1999, *A. laffitei* (JERKOVIĆ 1971) AUBRY 1999, *Calcisolenia brasiliensis* (LOHMANN 1919) YOUNG et al. 2003, *Coccolithus pelagicus* (WALLICH 1877) SCHILLER 1930, *Coronosphaera mediterranea* (LOHMANN 1902) GAARDER 1977, *Reticulofenestra minuta* ROTH 1970, *Umbilicosphaera rotula* (KAMPTNER 1948) VAROL 1982 i druge. Osim toga u pojedinim laminama se takodjer javljaju monospecifične zajednice nanoflore predstavljene oblikom *Sphenolithus moriformis* (BRÖNNIMANN & STRADNER, 1960) BRAMLETT & WILCOXON, 1967, koje vjerojatno ukazuju na jake oscilacije u salinitetu. Panonski lapori iz najgornjeg dijela stupa sadrže bogatu asocijaciju nanofosila s endemskim formama *Isolithus semenenko* LULJEVA 1989 i *Isolithus pavelici* CORIC. Palinozajednica uzoraka iz donje trećine stupa sadrži sarmatske fosile iz zone *Polysphaeridium zoharyi* – *Lingulodinium machaerophorum* (BAKRAČ et al., 2012): dinociste *Spiniferites bentorii* (ROSSIGNOL) WALL & DALE i *Polysphaeridium zoharyi* (ROSSIGNOL) BUJAK et al. te brojni pelud četinjača *Pinus*, *Picea*, *Cathaya*, *Tsuga* i *Taxodium*. U srednjoj trećini stupa se unutar spomenute zone, uz dinociste *Spiniferites* i *Operculodinium* najprije javljaju prazinoficejske fikome *Cymatiosphaera undulata* SÜTÖ-SZENTAI i *C. miocaenica* SÜTÖ-SZENTAI koje ukazuju na mirni stratificirani marinski okoliš sarmatske starosti. Njihov izostanak u četrnaestom i petnaestom metru stupa, uz pojavljivanje dinocista *Spiniferites bentorii* i *Lingulodinium machaerophorum* (DEFLANDRE & COOKSON) WALL te brojni pelud, ukazuje na taloženje na plićem nestratificiranom šelfu. U zadnja dva metra stupa u zajednici dominira

raju slatkvodne alge *Sigmoplolis* spp. tipične za najstariju panonsku zonu *Mecsekia ultima* – *Spiniferites bentorii panonicus* (BAKRAČ et al., 2012).

Diskusija i zaključak

Rezultati preliminarnih istraživanja pokazali su da se u stupu Vranović izmjenjuju horizontalno laminirani lapor (F1) i vapnenci (F2). Donjih petnaest metara stupa pretežito je izgrađeno od laminiranih lopora čije se taloženje, prema utvrđenim fosilnim zajednicama, odvijalo tijekom sarmata u marinskom okolišu oscilirajućeg saliniteta. Fosilna zajednica u laporima donjeg dijela stupa ukazuje da je taložni okoliš bio ili pod utjecajem sezonalnosti ili je nastao kao posljedica cikličke izmjene produbljavanja i opličavanja. Lapori iz središnjeg dijela stupa taloženi su najprije u mirnom stratificiranom marinskom okolišu, a zatim na plitkom nestratificiranom šelfu. U vršna tri metra stupa laminirani lapori (F1) proslojavaju se s glinovitim vapnencima (F2). Mikrofossilna zajednica mekušaca iz tih lopora kao i zajednica mekušaca iz glinovitih vapnenaca, pokazuju da se taloženje ovih naslaga odvijalo početkom panona u plitkom bočatom jezerskom okolišu. Prijelaz iz sarmata u panon je kontinuiran, a sama granica nalazi se unutar lopora oko maksimalno pola metra ispod prvog sloja pločastog vapnenca. Sloj izmijenjenog tufa (F3) koji se nalazi unutar sarmatskih naslaga dokumentira slabo poznatu poslije badensku vulkansku aktivnost u jugozapadnom dijelu Panonskog bazena. Ako rezultati datiranja tufa Ar/Ar metodom budu pozitivni, to će po prvi puta omogućiti precizniju odredbu granice sarmat/panon. Sloj tufa nalazi se naime, svega osam metara ispod fosilno utvrđene granice.

Literatura:

- BAKRAČ, K., KOCH, G. & SREMAC J. (2012): Middle and Late Miocene palynological biozonation of the south-western part of Central Paratethys (Croatia). – Geologija Croatica, 65, 207–222.
 PILLER, W.E., HARZHAUSER, M. & MANDIĆ, O. (2007): Miocene Central Paratethys stratigraphy – current status and future directions. – Stratigraphy, 4, 151–168.
 PEARCE, J. A. (1996): A user's guide to basalt discrimination diagrams. – U: WYMAN, D.A. (ur.): Trace Element Geochemistry of Volcanic Rocks: Applications for Massive Sulphide Exploration. Geological Association of Canada, Short Course Notes, 12, 79–113.

Provenijencija pleistocenskih sedimenata podmorja istočnog Jadrana

The provenance of Pleistocene deposits of eastern part of the Adriatic subsea

Marijan Kovačić¹, Vlatka Vaniček², Zoran Peh³ & Mirja Pavić⁴

¹ Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Horvatovac 95, 10 000 Zagreb, Hrvatska

² Agencija za ugljikovodike, Miramarska 24, 10 000 Zagreb, Hrvatska

³ Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Hrvatska

⁴ Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Pierottieva 6, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: Pleistocen, Jadransko podmorje, provenijencija, sedimenti

Key words: Pleistocene, Adriatic subsea, provenance, deposits

Uvod

Pleistocensi sedimenti utvrđeni su na širem prostoru Jadran-skog bazena (AMOROSI et al., 2002). Na površini su otkriveni na otoku Susku i nekoliko susjednih otočića gdje se uglavnom sastoje od lesa, te na srednjodalmatinskim otocima i Pelješcu gdje dominiraju pijesci. U podmorju istočnog dijela Jadrana pleistocenske naslage nabušene su na gotovo čitavom prostoru, a najčešće se sastoje od pelitnih sedimenata koji se izmjenjuju s pijescima (VANIČEK, 2013). Geneza i sastav pleistocenskih sedimenata s površine u novije vrijeme su detaljno opisani (MIKULČIĆ PAVLAKOVIĆ et al., 2011; BABIĆ et al., 2013; PAVELIĆ et al., 2014), dok sedimenti iz podmorja do sada nisu sustavno istraživani.

Geološki položaj

Jadran je epikontinentalno more smješteno između planinskih lanaca Dinarida, Južnih Alpa i Apenina. Postanak mora vezan je uz mikroploču Adriju na kojoj su se tijekom mezozoika na Jadranskoj platformi taložili pretežito karbonatni sedimenti (VLAHOVIĆ et al., 2005). Razaranjem platforme na kraju mezozoika, tijekom paleogena i neogena s jedne strane izdižu se spomenuti planinski lanci, a s druge strane otvara predgor-

ski bazen današnjeg Jadrana u kojem se taloži pretežito klastični materijal. Vrlo velik utjecaj na sedimentaciju, naročito u pleistocenu, imale su intenzivne klimatske promjene koje su dovele do čestih i vrlo izraženih kolebanja morske razine.

Metode

Sadržaj karbonatne komponente određen je metodom kalimetrije svakih dvadesetak metara duž profila bušotine. Modalni sastav teške i luke mineralne frakcije analiziran je na frakciji između 0,063mm i 0,125mm, koje su odvojene uz pomoć bromoformna ($\rho=2,86 \text{ g/cm}^3$), a kvantitativni sastav dobiven je određivanjem 250-300 zrna polarizacijskim mikroskopom "ribbon counting" metodom. Dobiveni rezultati statistički su obrađeni primjenom diskriminantne analize.

Rezultati istraživanja

U sastavu sedimenata u sve tri depresije dominira siliciklastična komponenta, dok prosječni udio karbonatne komponente u svim depresijama iznosi oko 15%. Rezultati istraživanja modalnog sastava prikazani su u Tablici 1. zasebno za tri istraživana područja, odnosno tri depresije; Padsku, Dugootočku i Južnojadransku.

Tablica 1. Prosječni sastav teške i luke mineralne frakcije uzoraka iz podmorja Jadrana.

Table 1. Average composition of light and heavy mineral fraction of samples from Adriatic subsea.

depresija	broj uz.	TEŠKA MINERALNA FRAKCIIJA												LAKA MINERALNA FRAKCIIJA						
		op (%)	chl (%)	bt (%)	do (%)	ptm (%)	tzr	prozirni	teški	minerali	(%)	q (%)	f (%)	čs (%)	ms (%)	vs (%)				
Padsko	30	13,7	7,4	9,1	7,6	70,2	8,0	25,8	33,0	24,3	3,1	3,2	2,2	1,7	0,0	54,0	28,6	6,2	7,3	0,0
Dugootočka	8	39,0	5,3	19,3	2,3	41,3	5,2	13,8	13,4	18,9	43,0	5,9	1,5	3,2	0,0	36,5	11,4	14,5	16,5	22,7
Južnojadrska	19	23,7	14,4	1,8	1,7	60,3	4,0	16,9	6,1	23,7	41,9	1,4	0,0	1,7	4,1	47,0	12,0	31,1	6,8	3,4

Legenda: op – opaki minerali, chl – klorit, bt – biotit, do – dolomit, ptm – prozirni teški minerali, tzr – turmalin+rutil+zirkon, ep – grupa epidota, ga – granati, am – amfiboli, py – pirokseni; ap – apatit, ky – kijanit, st – staurolit, csp – kromspineli, q – kvarc, f – feldspati, čs – čestice stijena, ms – muskovit, vs – vulkansko staklo

Legend: op – opaque minerals, chl – chlorite, bt – biotite, do – dolomite, ptm – translucent heavy minerals, tzr – tourmaline+rutile+zircon, ep – epidote group, ga – garnets, am – amphiboles, py – pyroxenes; ap – apatite, ky – kyanite, st – staurolite, csp – chrome spinel, q – quartz, f – feldspars, čs – rock fragment, ms – muscovite, vs – volcanic glass

Diskusija

Analize modalnog sastava pokazale su da postoje značajne razlike u sastavu detritusa u tri istraživane depresije. Tako laku mineralnu frakciju uzoraka iz Padske depresije karakterizira visok sadržaj feldspata, iz Dugootočke depresije vrlo visok prosječni udio vulkanskog stakla, dok detritus iz Južnojadranske depresije u odnosu na ostale depresije sadrži povišeni udio čestica stijena (Tab. 1).

Sastav zajednice teških minerala u spomenute tri depresije također je neujednačen. Tako su u Padskoj depresiji najzastupljeniji prozirni teški minerali – granat, epidot i amfiboli, a značajno su prisutni najrezistentniji minerali – turmalin, cirkon i rutil (Tab. 1). U Dugootočkoj depresiji najzastupljeniji su pirokseni, a osim njih, slično kao u Padskoj depresiji, značajno su zastupljeni amfiboli, granati i epidot. Sastav zajednice teških minerala Dugootočke depresije, karakterizira i vrlo visok udio biotita. U Južnojadranskoj depresiji najzastupljeniji su pirokseni, a osim njih značajno su zastupljeni još i amfiboli i epidot. Za razliku od preostale dvije depresije, ovdje je utvrđena i zamjetna prisutnost kromspinela.

Diskriminantne analize pokazale su veliku sličnost modalnog sastava Padske i Dugootočke depresije i njihovu razliku u odnosu na Južnojadransku depresiju. Kao ključni minerali koji diskriminiraju dvije sjeverne depresije u odnosu na Južnojadransku depresiju pokazali su se granati i kromspinevi. Diskriminantna analiza pokazala je također da postoje i manje razlike u sastavu detritusa Padske i Dugootočke depresije. Te se razlike poglavito očituju u povećanom sadržaju piroksena, vulkanskog stakla i biotita u detritusu iz Dugootočke depresije.

Sastav klasičnog detritusa iz Padske i Dugootočke depresije sličan je sastavu lesa s otoka Suska. Njegovo porijeklo vezano je najvećim dijelom za prostor Alpa, odakle je rijekom Po donesen u prostor Jadrana. Takav zaključak je u skladu sa seizmičkim profilima koji pokazuju progradaciju klasičnog detritusa u spomenute dvije depresije iz smjera sjevera (VANIČEK, 2013). Utjecaj vulkanske aktivnosti, koja je u vrijeme pleistocena bila izražena na području srednje i južne Italije (LOCARDI, 1985), vidi se u sedimentima Dugootočke

depresije, gdje pojedini slojevi sadrže pojačan udio vulkanskog stakla i piroksena. Klasični materijal su u prostor Južnojadranske depresije donosile rijeke jugoistočnog dijela jadranskog sliva. Sastav detritusa najsličniji je sastavu recentnih pijesaka rijeke Neretve, što zajedno sa smjerom progradacije klasičnih naslaga prema jugozapadu (VANIČEK, 2013) i rekonstruiranim ušćem Neretve na sjevernom rubu Južnojadranske depresije (SIKORA et. al., 2014) nameće Neretvu kao rijeku koja je donosila najviše detritusa u prostor Južnojadranske depresije.

Literatura:

- AMOROSI, A., CENTINEO, M.C., DINELLI, E., LUCCINI, F. & TATEO, F. (2002): Geochemical and mineralogical variations as indicators of provenance changes in Late Quaternary deposits of SE Po Plain.– *Sedimentary Geology*, 151, 273–292.
- BABIĆ, L.J., ZUPANIĆ, J., VIDOVIĆ, J., RAZUM, I., LUŽAR-OBERITER, B. & CRNJAKOVIĆ, M. (2013): Preservation of hanging aeolian deposits in insular karst depressions: Sediment sources and implications for the Pleistocene palaeogeography of the SE Adriatic archipelago.– *Aeolian Research*, 11, 171–189.
- LOCARDI, E. (1985): Neogene and Quaternary Mediterranean Volcanism: The Thyrrenian Example.– U: STANLEY, D.J. & WEZEL, F.C. (ur.): *Geological Evolution of the Mediterranean Basin*. New York, Springer-Verlag, 273–291.
- MIKULCIĆ PAVLAKOVIĆ, S., CRNJAKOVIĆ, M., TIBLJAŠ, D., ŠOUFÉK, M., WACHA, L., FRECHEN, M. & LACKOVIĆ, D. (2011): Mineralogical and geochemical characteristic of Quaternary sediments from the Island of Susak (Northern Adriatic, Croatia).– *Quaternary International*, 234, 32–49.
- PAVELIĆ, D., KOVAČIĆ, M., VLAHOVIĆ, I., MANDIĆ, O., MARKOVIĆ, F. & WACHA, L. (2014): Topography controlling the wind regime on the karstic coast: late Pleistocene coastal calcareous sands of eastern mid-Adriatic, Croatia.– *Facies*, 60, 843–863.
- SIKORA, M., MIHANOVIĆ, H. & VILIBIĆ, I. (2014): Istočna obala srednjeg Jadranu i tokovi rijeke Cetine i Neretve za vrijeme posljednjeg glacijalnog maksimuma.– *Acta Adriatica*, 55, 3–18.
- VANIČEK, V. (2013): Pleistocene taložine u hrvatskom dijelu podmorja Jadrana.– Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, 219 str., Zagreb.
- VLAHOVIĆ, I., TIŠLJAR, J., VELIĆ, I. & MATIČEC, D. (2005): Evolution of the Adriatic Carbonate Platform: Palaeogeography, main events and depositional dynamics.– *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 220, 333–360.

Što hrvatska geologija „duguje“ Muzeju, a što Muzej geologiji? What Croatian geology “owes” to the Museum, what the Museum “owes” to geology?

Katarina Krizmanić, Dražen Japundžić & Nediljka Prlj Šimić

Hrvatski prirodoslovni muzej, Demetrova 1, HR-10 000 Zagreb (katarina.krizmanic@hpm.hr)

Ključne riječi: Hrvatski prirodoslovni muzej, geologija, Hrvatska

Key words: Croatian Natural History Museum, geology, Croatia

Mali jubilej Hrvatskoga geološkoga kongresa odlučili smo iskoristiti za „svodenje računa“ između Hrvatskoga prirodoslovnog muzeja (u daljem tekstu Muzeja) i geologije te geologije i Muzeja u Hrvata. Cilj nam je, ne samo naglasiti pozitivno djelovanje Muzeja na začetak i razvoj geologije u Hrvatskoj, nego i istaknuti doprinos geološke struke u opstojnosti Muzeja kao institucije. Međusobnom suradnjom,

nadopunjavanjem, uzročno-posljedičnim djelovanjem, kao i poštovanjem vlastitih integriteta, godinama je stvarana i njezina tjesna uzajamna veza jedne baštinske institucije i jedne važne struke.

Povijesne činjenice govore da upravo u Muzeju, naporima tadašnjega ravnatelja Dragutina Gorjanovića-Krambergera, 1909. godine započinje s radom Geološko povjerenstvo za



1a



1c



2a

Slika 1. a, b, c Hrvatski prirodoslovni muzej.
Figure 1. a, b, c Croatian Natural History Museum.

Kraljevinu Hrvatsku i Slavoniju (iz kojeg je iznjedren današnji Hrvatski geološki institut). Nedugo zatim, 1911. godine, u Muzeju je pokrenuto i glasilo *Vijesti Geologiskog povjerenstva* (čiji je današnji slijednik časopis "Geologia Croatica"). Te *Vijesti* u razdoblju od 1941. do 1945. godine čak i u svome nazivu sadrže riječ Muzej: *Vjestnik Hrvatskog državnog geoložkog zavoda i Hrvatskog državnog geoložkog Muzeja*.

U prilog povezanosti Muzeja i geologije kao struke govori i podatak da su prvi sveučilišni profesori geologije bili su jedno i pristavi, odnosno kustosi u Muzeju, od kojih ćemo spomenuti samo neka imena – Gjuru Pilara, Dragutina Gorjanovića-Krambergera i Marijana Salopeka. Vrijedni geološko-paleontološki uzorci i značajni nalazi prikupljeni tijekom njihovih terenskih istraživanja redovito su pohranjivani u Muzeju i tako su formirane mnogobrojne zbirke, koje čine iznimno važan dio cjelokupnog fundusa Muzeja i na raspolaganju su stručnjacima iz cijelog svijeta. Primjeri iz tih zbirki dostupni su i za razgledavanje svim zainteresiranim

na povremenim muzejskim ekspozicijama i tematskim izložbama.

Muzej, dakle, ima neupitnu ulogu u razvoju geologije i prirodoslovja općenito te kao takav zauzima značajno mjesto u povijesti hrvatske znanosti.

Međutim, upravo ta, više nego stoljetna tradicija i bogato naslijeđe prirodoslovne građe obvezuje i Muzej prema geologiji kao struci, u smislu poboljšanja međuinsticujske suradnje, praćenja najnovijih stručnih i znanstvenih dostignuća i njihovih tumačenja putem različitih medija muzejske prezentacije. Muzejska uloga u popularizaciji geologije i sudjelovanje u obrazovnom procesu trebali bi u znatnoj mjeri doprinijeti većem interesu za geologiju i njezinu boljem pozicioniranju u društvu.

Konačno, trebali bismo zajedničkim naporima težiti k ponovnom uspostavljanju djelomice narušene ravnoteže između Muzeja, kao važne društvene i kulturne institucije, i geologije, kao temeljne znanstvene discipline.

Palinološka i mikropaleontološka zajednica sarmata iz bušotina zapadnog dijela Savske potoline

Palynological and micropalaeontological Sarmatian assemblages from wells in the western part of the Sava Depression

Krešimir Krizmanić & Morana Hernitz Kučenjak

INA Industrija nafte d.d., SD Istraživanje i proizvodnja nafte i plina, Sektor istraživanja, Služba laboratorijskih istraživanja, Lovinčićeva 4, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: sarmat, palinologija, dinociste, prazinoficeje, fikome zelenih algi, mikropaleontologija, foraminifere

Key words: Sarmatian, palynology, dinocysts, prasinophyte (chlorophyta) phycoma, micropalaeontology, foraminifera

Savska potolina je jedna od najznačajnijih sastavnica Panonskog bazenskog sustava, važnog i velikog dijela središnjeg Paratethysa koji je tijekom neogena zauzimao prostor između Alpi, Karpati i Dinarida.

Pred kraj srednjeg badena prekida se veza s Mediteranom, a tijekom sarmata i s Indopacifikom pa su u Savskoj potolini, u tom rubnom jugozapadnom dijelu Panonskog bazena, nastupile značajne promjene uvjeta sedimentacije. Iako je područje sjeverne Hrvatske i dalje bilo prekriveno morem iz kojega su se mjestimice kao otoci izdizala današnja gorja, neminovno je došlo do opličavanja i postupnog osladivanja. Tako se, mada većinom u brakičnoj sredini, sedimentacija nastavlja pa su naslage sarmata lokalno prisutne na cijelom području Savske potoline. No, njihova je rasprostranjenost i debljina znatno smanjena u odnosu na badenske naslage. Općenito se talože laporji koji se izmjenjuju sa sitnozrnastim pješčenjacima. Debljina sarmatskih nasлага je redovito mala i rijetko prelazi 50 m pa su stoga teže razlučivi na seizmičkim profilima i karotažnim dijagramima. Zbog male debljine i lokalnog rasprostiranja, sarmatske stijene često uopće nisu bile dokazane tijekom bušenja budući da se isplakom iznesene krhotine stijena iz bušotine najčešće uzorkuju tek svakih 10 m, a za biostratigrafska istraživanja se ne uzimaju uvek baš svi uzorci.

Ipak, u istražnim buštinama Hrastilnica-4 i Iva-2 Duboka, koje su nedavno dovršene na području Savske potoline, ustanovljene su naslage sarmata na temelju palinološke zajednice cisti dinofagelata i fikoma prazinoficeja te mikropaleontološke zajednice bentičkih foraminifera.

Za mikropaleontološka su istraživanja uzorci stijena pripremljeni metodom razmuljivanja. Krhotine stijena iz isplake su isprane kroz četiri sita (630 µm, 160 µm, 125 µm i 63 µm) i potom osušene u sušioniku.

Za palinološka su istraživanja uzorci stijena pripremljeni po uobičajenoj metodi palinološke maceracije koja se provodi u Službi laboratorijskih istraživanja. Uzorci stijena, težine od oko 100 grama, samelju se u drobilici i operu vodom prije postupka. Karbonatni dio stijene se otopi u 18%-tnoj HCl,

a silikatni u 48%-tnoj HF kiselini. Dobiveni organski ostatak se separira flotacijom pomoću $ZnCl_2$ (spec. tež. = 2.1 kg/l) i prosije kroz (najčešće) 15 mikronsko sito. Palinološki se preparati izrađuju pomoću glicerin-želea.

Hrastilnica-4 (Hra-4) je istražna bušotina u kojoj su sarmatske stijene prisutne u intervalu 2220-2210 m, a najvećim ih dijelom čine laporji, kalcitom bogati laporji te kalkarenacejski pješčenjaci.

Mikropaleontološka zajednica sadrži bentičke foraminifere relativno niskog stupnja očuvanosti i ostrakode. Prepoznate su slijedeće vrste i rodovi: *Elphidium cf. reginum* (d'ORBIGNY), *Elphidium cf. macellum* (FICHTEL & MOLL), *Elphidium* sp., *Nonion* sp. i *Ammonia* sp.

Palinološkim analizama macerata uzorka stijene (2210-2220 m) je utvrđen bogat organski ostatak u kojem prevladava amorfna tvar s oko 90% udjela. Lignohumininskih klasta kerogena je malo i predstavljeni su sitnim, potpuno oksidiranim fitoklastima. Liptinitnog kerogena je oko 10%, a sastoji se od malo peludi (većinom bisakate), ostataka zelenih algi i dinofagelata. Macerali su biodegradirani što otežava determinaciju. Od ostataka zelenih algi najbrojnije su prazinoficeje *Mecsekia* sp., *Cymatiosphaera* sp. i *Hidasia* sp. Kloroficeje su predstavljene algom *Botryococcus braunii* KÜTZING 1849. Ciste dinofagelata su rijetke, a uz nekoliko neodredivih primjeraka prepoznata je vrsta *Spiniferites bentori budejenoensis* SÜTŐ-SZENTAI 1986.

Cijela palinoasocijacija ukazuje na sarmatsku starost, a nalaz vrste *Spiniferites bentori budejenoensis* potvrđuje odredbu te pridružuje uzorak stijene sarmatskoj biozoni, temeljenoj na ostacima dinocisti i prazinoficeja, *Spiniferites bentori budejenoensis* – *Mecsekia incrassata* (SÜTŐ-SZENTAI, 1988; LUČIĆ et al., 2001).

Iva-2 Duboka (Iva-2D) je istražna bušotina u kojoj su sarmatski sedimenti u intervalu 2230-2190 m, a predstavljeni su izmjenom kalcitom bogatih laporanih i tankih proslojaka pješčenjaka (biokalkareniti i u manoj mjeri vapnenački i kalkarenacejski pješčenjaci).

Iz uzorka stijene s dubine 2220-2230 m obradenog momkrim postupkom u cilju odredbe **mikropaleontološke zajednice** izdvojene su bentičke foraminifere koje upućuju na sarmatsku starost naslaga: *Anomalinoides dividens* LUCKOWSKA, *Cibicidoides* sp., *Nonion* sp., *Elphidium* sp., te miliolide.

Palinološkim istraživanjem stijena unutar intervala 2230-2190 m je obuhvaćen samo jedan uzorak (2200-2210 m). Macerat je bogat organskim ostatkom. Amorfna tvar prevladava u palinofacijesu s oko 70% udjela. Lignohuminskih klasta kerogena je tek oko 10%. Liptinitnog kerogena je oko 20%, a sastoji se od malo peludi (većinom bisakate) i spora, ostataka zelenih algi i dinoflagelata. Od ostataka zelenih algi su najbrojniji predstavnici prazinoficeja od kojih su određene sljedeće vrste: *Mecsekia orientalis* SÜTÖ-SZENTAI 1986, *Mecsekia incrassata* SÜTÖ-SZENTAI 1986, *Mecsekia spinosa* HAJOS 1966, *Cymatiosphaera* sp., *Hidasia* sp. i *Tasmanites* sp. Razred Chlorophyceae je zastupljen predstavnicima kolonijalnih algi *Botryococcus braunii* KÜTZING 1849. Od dinocisti su najzastupljenije: *Spiniferites bentori budejenoensis* SÜTÖ-SZENTAI 1986, *Spiniferites ramosus* (EHRENBERG 1838) LOEBLICH & LOEBLICH 1966, *Spiniferites cf. bentori* (ROSSIGNOL 1964) WALL & DALE 1970, *Spiniferites* sp., *Polysphaeridium zoharyi* (ROSSIGNOL 1962) BUJAK et al. 1980, *Lingulodinium machaerophorum* (DEFLANDRE & COOKSON 1955) WALL 1967, *Operculodinium centrocarpum* (DEFLANDRE & COOKSON 1955) WALL 1967, *Hystrichokolpoma* sp. i *Selenopemphix* sp.

Cijela palinoasocijacija upućuje na sarmatsku starost stijena, poglavito dinociste *Polysphaeridium zoharyi* i *Lingulodinium machaerophorum* čija brojnost biostratigrafski svrstava uzorak u istoimenu zonu *Polysphaeridium zoharyi - Lingulodinium machaerophorum* (BAKRAČ, 2005; BAKRAČ et al., 2012), predloženu ekozonu za područje Paratethysa. Nalaz vrste *Spiniferites bentori budejenoensis* potkrepljuje tu odredbu i uz bogatu tafocenuzu prazinofita (*Mecsekia* spp., *Cymatiosphaera* spp. itd.) pridružuje stijene sarmatskoj biozoni *Spiniferites bentori budajenoensis – Mecsekia incrassata* (SÜTÖ-SZENTAI, 1988; LUČIĆ et al., 2001).

Paleookoliš u kojem su u vrijeme sarmata nastajali ovi sedimenti je bio marinski ali oslađen (sredina smanjenog saliniteta). Taloženje se odvijalo u proksimalnoj, pličoj, zaštićenoj i mirnoj stratificiranoj sredini bez značajnijeg donosa materijala s kopna.

Već spomenute značajne paleoekološke promjene i pretvaranje cijelog Paratethysa u uzemno more uzrokovalo je postupno osladivanje i opličavanje sedimentacijskog prostora i u Savskoj potolini. Polako nestaju tipični i isključivi marinski organizmi, a prostor počinju kolonizirati prilagodljivije vrste.

Zajednice bentičkih foraminifera iz ovih istraženih bušotina također ukazuju na opličavanje i osladivanje, a time i na generalni trend karakterističan za naslage sarmata (RÖGL, 1998, PAVELIĆ, 2001). Provodna vrsta *Anomalinoides dividens*, koja je marker za granicu između gornjeg badena i

sarmata (FILIPESCU, 2004; KOVÁČ et al., 2007) ukazuje na normalan do lagano smanjen salinitet (FILIPESCU, 2004). Predstavnici roda *Elphidium* žive u pličim dijelovima mora na području unutarnjeg šelfa i u lagunama (MURRAY, 2006). Bentički rod *Nonion* živi na dubinama od 0-180 m, a predstavnici roda *Ammonia* žive na dubinama 0-50 m te su tolerantni na promjene u salinitetu.

Došlo je do promjene i u palinoasocijaciji. Marinske i stenohaline dinoflagelate iz vremena badena postupno nestaju, a prostor zauzimaju eurihalini organizmi. U zajednici dinoflagelata i njihovih cisti prevlast preuzimaju *Polysphaeridium zoharyi*, *Lingulodinium machaerophorum*, *Spiniferites* spp., *Operculodinium* spp. i druge. Izolacija i promjena saliniteta se zapaža i po sve većem broju prazinoficeja i njihovih fikoma. Prazinoficeje su učestalije u stabilno stratificiranim taložnim sustavima pa tako u lagunarnim sredinama sa stratificiranim vodenim stupcem po salinitetu predstavljaju najbrojniji tip fitoplanktona. Prazinoficejske alge se izrazito adaptivne pa u promjenjenim uvjetima često dominiraju u okolišu. I zelena alga *Botryococcus braunii* je eurihalini organizam, a najčešće ukazuje na oslađene mirne okoliše bez značajnijeg donosa materijala s kopna.

Literatura:

- BAKRAČ, K. (2005): Palinološka karakterizacija naslaga srednjeg i gornjeg miocena jugozapadnog dijela panonskog bazena.– Sveučilište u Zagrebu, PMF, doktorska disertacija, 1–173, tab. 17, Zagreb.
- BAKRAČ, K., KOCH, G. & SREMAC, J. (2012): Middle and Late Miocene palynological biozonation of the south-western part of Central Paratethys (Croatia).– Geologia Croatica, 65/2, 207–222, 3 Figs., 2 Pls., Zagreb.
- FILIPESCU, S. (2004): *Anomalinoides dividens* bioevent at the Badenian/Sarmatian boundary – A response to paleogeographic and paleoenvironmental changes.– Studia Universitas Babeş-Bolyai, Geologia, XLIX, 2, 21–26.
- KOVÁČ, M., ANDREYEVA-GRIGOROVICH, A., BAJRKTAREVIĆ, Z., BRZOBOHATÝ, R., FILIPESCU, S., FODOR, L., HARZHAUSER, M., NAGYMAROSY, A., OSZCZYPKO, N., PAVELIĆ, D., RÖGL, F., SAFTIĆ, B., SLIVA, L. & STUDENCKA, B. (2007): Badenian evolution of the Central Paratethys Sea: paleogeography, climate and eustatic sea-level changes.– Geologia Carpathica, 58/6, 597–606.
- LUČIĆ, D., SAFTIĆ, B., KRIZMANIĆ, K., PRELOGOVIĆ, E., BRITVIĆ, V., MESIĆ, I. & TADEJ, J. (2001): The Neogene evolution and hydrocarbon potential of the Pannonian Basin in Croatia.– Marine and Petroleum Geology, 18, 133–147.
- MURRAY, J.W. (2006): Ecology and Applications of Benthic Foraminifera.– Cambridge University Press, Cambridge, 440 p.
- PAVELIĆ, D. (2001): Tectonostratigraphic model for the North Croatian and North Bosnian sector of the Miocene Pannonian Basin System.– Basin Research, 13, 359–376.
- RÖGL, F. (1998): Paleogeographic Considerations for Mediterranean and Paratethys Seaways (Oligocene and Miocene).– Annalen des Naturhistorischen Museums in Wien, 99 A, Wien, 279–310.
- SÜTÖ-SZENTAI, M. (1988): Microplankton Zones of Organic Skeleton in the Pannonian S. L. Stratum Complex and in the Upper Part of the Sarmatian Strata.– Acta Botanica Hungarica, 34 (3–4), 339–356, 4 Tab., Budapest.

Bronze Age pottery in NW Croatia – raw materials and technology

Brončanodobno lončarstvo u SZ Hrvatskoj – sirovine i tehnologija

**Andreja Kudelić¹, Marta Mileusnić², Adriana Grzunov², Karin Wriessnig³, Maria Mayrhofer³
& Franz Ottner³**

¹ Institut za arheologiju, Ulica Ljudevita Gaja 32, HR-10 000 Zagreb

² Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Pierottijeva ulica 6, HR-10 000 Zagreb, Hrvatska

³ Universität für Bodenkultur, Institut für angewandte Geologie, Peter Jordan-Strasse 70, A-1190 Beč, Austrija

Key words: ceramics, archaeometry, Bronze age, provenance of raw material, technology

Ključne riječi: keramika, arheometrija, brončano doba, podrijetlo sirovine, tehnologija

A Bronze Age pottery technology in the area of Turopolje and Podravina in northwest Croatia has been studied. The main goal of this study is to determine the availability and types of raw materials, as well as to reconstruct the technological processes (preparation of raw material and firing technique) of pottery making at archaeological sites: Kurilovec-Belinčića and Selnica in Turopolje and Podvratnec, Podgorica and Močvar in Podravina. These sites belong to the broader cultural horizon of the Urnfield culture (Virovitica cultural group dating from 15-12 century BC, (i.e. the end of the Middle Bronze Age and the beginning of the Late Bronze Age). For this reason samples of clayey materials, outcropping in the vicinity of the archaeological sites, were collected. Detailed mineralogical/petrographic, as well as chemical, analy-

ses were performed on samples of potential raw material, samples of experimental ceramics made from these materials, as well as on samples of pottery fragments. Results of the study showed that raw materials were collected in the vicinity of the settlements and that the grog is the most commonly used temper in the analysed samples. The vessels were built by combining different techniques (coiling, slab building and pinching) and were fired under the reduction and incomplete oxidation atmosphere at great span of temperatures. Possible archaeological implications, such as the extent of environmental influence on technological processes (availability of raw materials) and socio-economic factors (matter of choice), will be discussed as well.

Seismic facies analysis of Pliocene fluvial channels: approaches and results

Seizmička facijesna analiza pliocenskih fluvijalnih kanala: pristupi i rezultati

Jordan Kukavica¹, Jelena Tanasković¹ & Tatiana Olneva²

¹ NTC NIS-Naftagas d.o.o., Novi Sad, Serbia

² Gazpromneft NTC, Saint-Petersburg, Russia

Key words: seismic data, seismic facies analysis, oil, gas

Ključne riječi: seizmički podaci, seizmička facijesna analiza, nafta, plin

Introduction

During Pliocene time, following the infill of Lake Pannon, an alluvial plain was formed in the Pannonian Basin. Pliocene alluvial sediments are mostly composed of floodplain silts and clay, sand and thin layers of coal (UHRIN & SZTANO, 2007). Geological conditions of this area generally allow the acquisition of good quality seismic data. Nevertheless, the interval of seismic data comparable to the Pliocene sediments is characterized by lack of laterally stable seismic reflections and by existence of local anomalies such as “bright spot”. Seismic reflection associated with the Pontian – Pliocene stratigraphic boundary usually not clearly expressed. In the dynamics of seismic data, due to the lack of contrasting lithological boundaries there is strong interference. The study of Pliocene deposits has both the scientific and practical interest. On the one hand, the study of phased development of a long-lived paleochannel system will restore the geological history of the region during the Pliocene in detail. On the other hand, these deposits are promising exploration target for small gas fields that might prove to be cost-effective in this region (Pannonian Basin Province, Central Europe (USGS, 2006). Therefore, it is important to define the search criteria. Authors are of the opinion that seismic facies analysis is the most effective method for these tasks, the main source of information being the seismic data collected over the past 3 years. The purpose of this paper is demonstrate the possibility of seismic facies analysis to develop a better understanding of alluvial plain evolution in the study area and to define some criteria to use this method in search for the gas fields.

Methods of interpretation

The objective of seismic facies analysis is stratigraphic interpretation, specifically, defining the depositional environment, the lithology, and the geologic history. There are three different approaches that can be chosen today:

- The traditional approach involves amplitude analysis, attributes analysis (i.e. amplitude, frequency, continuity etc.) and configurations of reflection analysis (i.e. sigmoidal, hummocky etc.);

- The trace shape variations study. This approach based on the idea that variation of seismic trace shapes comes from the assumption that changes in lithology, rock properties and fluid content should affect seismic response in both amplitude and shape;

- Spectral decomposition and RGB technology approach (blending of seismic attributes).

Seismic facies analysis can be used in different stages of geological studies and for different scale: from regional to local. When studying local targets, the seismic facies analysis helps to describe different zones in the reservoir which are related to changes in porosity and permeability values.

One of the important moments, in the using of seismic facies analysis for restoring the geological history of the region, is the identification of geological events occurring simultaneously. Accurate identification of the studied stratigraphic horizon and its very precise interpretation are necessary for this purpose.

Carrying out seismic facies analysis in target interval, formed as the alluvial plain, presented a number of problems that are associated primarily with the correlation chronohorizons surfaces. Traditional approaches using horizons and proportional slices also proved ineffective because of the strong variability of the seismic data laterally as well as vertically. The authors have tested a variety of approaches. As a result, for the interpretation of the Pliocene sediments of the study region, and other such sequences, the author proposes to use the object-oriented approach.

Example

One of the features of the seismic image of Pliocene is that, in most cases, paleochannels are manifested in amplitude anomalies, i.e. their real filling is acoustically contrast relative to the surrounding environment. This allows the extraction of geobodies from the seismic volume using the transparency regime. But in this case, it is difficult to identify the whole system because amplitude value greatly varies. Authors offer his approach to interpretation: “object-plus”. In a first stage the object is interpreted only. It is not as easy as it seems at

first, because we are talking about meandering paleo-channels. The second stage is the interpretation of the object environment based on the conceptual model of the river valley. The first results of this approach showed how the original idea of architecture run-of-river system, were erroneous because it was based on data that includes non-synchronous geological events. There are three types of objects that appear in the seismic amplitude anomalies inside the interval of Pliocene sediments: linear objects, comparable to the channel system; small crescent-shaped objects, supposedly meanders of ancient channel and are filled with the marsh deposits; small objects of isometric form, supposedly localized wetlands (small marsh).

In relation to the first objects, paleo-synchronous surfaces demonstrate active development of meandering systems. The position of the channels has a complex spatial geometry and is highly variable. The results of active processes of lateral accretion can be traced on slices and sections. The sedimentation rate was high enough. In general, paleochannels may indicate some tectonic processes (JUHASZ et al., 2007). The presence of straight fragments of the channels and meandering fragments of the channels can be interpreted as a manifestation of different tectonic blocks with multi-directional vertical shifts. Seismic facies analysis results demonstrate that the anomalies of seismic data in the interval of the Pliocene deposits are not classical “bright spots” associated exclusively with gas fields.

Conclusions

The Pannonian Basin is attractive geological event for specialists. Basin has a long history of petroleum exploration, but its potential is far from exhausted. New seismic data allow us to estimate the level of our knowledge about this petroleum province, create new hypotheses and conceptual models.

Now, we have an understanding of the origin of amplitude anomalies and their features. Anomalies of seismic data in the interval of the Pliocene deposits are not classical “bright spots” associated exclusively with gas fields. Is the seismic facies analysis gives a good chance to reduce the risks associated with exploration for gas reservoirs in the Pliocene sediments of the Pannonian Basin.

References:

- JUHASZ, GY., POGACSAS, GY., MAGYAR, I. & VAKARCS, G. (2007): Tectonic versus climatic control on the evolution of fluvio-deltaic systems in a lake basin, Eastern Pannonian Basin.– *Sedimentary Geology*, 202, 72–95.
- UHRIN, A. & SZTANO, O. (2007): Reconstruction of Pliocene fluvial channels feeding Lake Pannon.– *Geologica Carpathica*, 3, 291–300.
- USGS (2006): Pannonian Basin Province, Central Europe (Province 4808).– *Petroleum Geology, Total Petroleum Systems and Petroleum Resource Assessment*. U.S. Geological Survey, Reston, Virginia.

Jurassic – Cretaceous stratigraphy of the Bohinj area (eastern Julian Alps, NW Slovenia) and its correlation with the Central Dinarides

Jurski – donjokredni stratigrafski slijed okoline Bohinja (Julijanske Alpe, SZ Slovenija) i njegove korelacije s Centralnim Dinaridima

Duje Kukoč^{1,2} & Špela Goričan²

¹ Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geološki odsjek, Horvatovac 102a, HR-10 000 Zagreb, Hrvatska (dkukoc@geol.pmf.hr)

² Paleontološki inštitut Ivana Rakovca, ZRC SAZU, Novi trg 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija (spela@zrc-sazu.si)

Key words: Jurassic, Cretaceous, Southern Alps, Dinarides

Ključne riječi: jura, kreda, Južne Alpe, Dinaridi

The eastern Southern Alps, including the Julian Alps in NW Slovenia, are a structurally complex area where the South Alpine and the Dinaric structures overlap. The Julian Alps preserve remnants of several paleotopographic units (basins and swells), of which the Bled Basin (COUSIN, 1981) had the most distal position on the Adriatic continental margin facing the Neotethys. This paleogeographic location is assumed because the flysch-type sedimentation in the Bled Basin started in the Early Cretaceous but significantly later, in the Campanian to Maastrichtian, in more proximal basins of the Julian Alps. Continental-margin successions of comparable stratigraphy/paleogeography occur in the Central Dinarides. These successions are structurally sandwiched between the External Dinarides and the Western Vardar ophiolites that were obducted onto the Adriatic margin during the Late Jurassic.

Latest Triassic to Early Cretaceous stratigraphic evolution of the Bled Basin was restored from several partial sections in vicinity of Bohinj in the Julian Alps. Three additional sections were studied in the Central Dinarides: Kalinovik in Bosnia and Herzegovina, and Kaludarska rijeka and Čehotina in Montenegro. These sections were previously investigated by CADET (1978) and RAMPNOUX (1974), respectively. Our stratigraphic research is primarily based on radiolarian dating.

During the Late Triassic and early Early Jurassic the Bled Basin was characterized by deposition of relatively thick-bedded limestones with chert of the Zatrnik formation. In the uppermost part of the formation calcarenites with abundant resedimented echinoderm fragments prevail. Pelagic limestones with chert were deposited during this period in the Central Dinarides as well and are well exposed in all three sections studied. At Kaludarska rijeka section these limestones contain resedimented ooids in addition to echinoderms.

In the Pliensbachian the coarse-grained Ribnica Breccia was deposited above the Zatrnik formation in the Bled Basin as a result of tectonic activity that affected the continental

margin in this period. Similar breccia is also found above pelagic limestone at Čehotina in Montenegro.

A subsidence pulse in the Bajocian was responsible for a stratigraphic gap in the Bled Basin. This gap is documented with uppermost Bajocian-lower Bathonian radiolarian cherts, which directly overlie the Ribnica Breccia. At Kaludarska rijeka the oldest radiolarian sample yielded late Aalenian age within a shale/chert interval. Higher in the Kaludarska rijeka section, radiolarian cherts were also dated as latest Bajocian-early Bathonian. Siliceous sedimentation prevailed in all sections from then onward. The uppermost part of the chert succession was dated only in the Bled Basin as early Tithonian.

Deposition of the pelagic Biancone limestone started in the Bled Basin in the late Tithonian and was followed by carbonate gravity-flow deposits. These Berriasian gravity-flow deposits, named the Bohinj Formation (KUKOČ et al., 2012), contain clasts of shallow-water origin as well as clasts of basalt. They prove the existence of a carbonate platform, named the Bohinj Carbonate Platform (KUKOČ et al., 2012), which formed on top of an ophiolite nappe stack following the obduction on the continental margin. This platform is not preserved today. Regional correlations suggest that the Bohinj Carbonate Platform may have existed from the early Kimmeridgian to the late Berriasian. Similar gravity-flow deposits, previously dated as Berriasian (CADET, 1978) and containing clasts of shallow-water carbonates and basalt were found at Kalinovik in Bosnia and Herzegovina directly above radiolarites. At Kaludarska rijeka, only pelagic limestone comparable to the Biancone limestone is exposed.

The Bohinj Formation is overlain by mixed carbonate-siliciclastic turbidites in which the proportion of siliciclastic component progressively increases higher in the succession. The Studor Formation in the uppermost part of the Bled Basin succession is composed predominantly of sandstones, whose composition indicates ophiolitic origin, but carbonate clasts are also common. The lower part of the formation is dated as late Berriasian-early Valanginian. Sandstones with

clasts of mafic and metamorphic rocks were found at the top-most part of the Kaludarska rijeka section.

Several Lower Cretaceous formations containing ophiolitic debris, comparable to the Studor Formation are known regionally, from the Northern Calcareous Alps (Rossfeld Formation), central Dinarides (Vranduk Formation) and Albanides (Vermoshi Flysch). Geographically the closest comparable unit is exposed on Mt. Ivanščica in NW Croatia where Hauterivian to Albian mixed calcareous-siliciclastic turbidites (Oštrel Formation) directly overlie the Biancone limestone (BABIĆ & ZUPANIĆ, 1978). Mt. Ivanščica occupies relatively internal position in the Dinarides because it is tectonically juxtaposed to the ophiolitic mélange of Mts. Medvednica and Kalnik.

Mixed carbonate-siliciclastic turbidites with progressively increasing proportion of siliciclastics are a time-transgressive unit of the entire orogen. Berriasian turbidites on top of the Kalinovik and Kaludarska rijeka sections in the Central Dinarides are also assignable to this unit. For detailed reconstruction of the Early Cretaceous foreland basin(s) a more systematic biostratigraphic research of this unit is needed.

The newly obtained data are in accordance with previously proposed geodynamic scenario, which included opening and an extensional phase within the Neotethys in the Triassic and possibly Early Jurassic, intraoceanic subduction

in the Middle Jurassic and progressive closure from the Late Jurassic through the Early Cretaceous. The data from the Bohinj area confirm that the Bled Basin, whose remnants are now preserved in the eastern Southern Alps, evolved in the Early Cretaceous as part of the Dinaric orogen.

References:

- BABIĆ, I.J. & ZUPANIĆ, J. (1978): Mlađi mezozoik Ivanšćice.– In: BABIĆ, I.J. & JELASKA, V. (eds.): Vodič ekskurzije 3. Skupa sedimentologa Jugoslavije. Hrvatsko Geološko Društvo, Zagreb, 11–23.
- CADET, J.-P. (1978): Essai sur l'évolution Alpine d'une paléomarge continentale: les confins de la Bosnie-Herzégovine et du Monténégro (Yougoslavie).– Mémoires de la Société Géologique de France (Nouvelle série), 133, 83 p.
- COUSIN, M. (1981): Les rapports Alpes-Dinarides. Les confins de l'Italie et de la Yougoslavie.– Société géologique du Nord, Publication n° 5, Vol. I: 1–521, Vol. II Annexe: 1–521, Villeneuve d'Ascq.
- KUKOČ, D., GORIČAN, Š. & KOŠIR, A. (2012): Lower Cretaceous carbonate gravity-flow deposits from the Bohinj area (NW Slovenia): evidence of a lost carbonate platform in the Internal Dinarides.– Bulletin de la Société Géologique de France, 183/4, 383–392.
- RAMPNOUX, J.-P. (1974): Contribution à l'étude géologique des Dinarides: un secteur de la Serbie méridionale et du Monténégro oriental (Yougoslavie).– Mémoires de la Société Géologique de France (Nouvelle série), 119, 99 p.

Mineraloška i geokemijska obilježja pliocenskih sedimenata s područja Vukomeričkih gorica

Mineralogical and geochemical characteristics of Pliocene sediments from the area of Vukomeričke Gorice

Tomislav Kurečić* & Anita Grizelj

Croatian Geological Survey, Sachsova 2, HR-10 000 Zagreb

(*corresponding author: tomislav.kurecic@hgi-cgs.hr)

Ključne riječi: pliocen, klastični sedimenti, mineralni sastav, geotektonski smještaj

Key words: Pliocene, clastic sediments, mineral composition, geotectonic setting

Cilj ovog istraživanja je prezentirati rezultate mineraloških i geokemijskih analiza pliocenskih sedimenata s područja Vukomeričkih gorica koje se nalaze u središnjem dijelu Republike Hrvatske, između rijeka Save i Kupe. Na istraživanom području dominiraju pliocenski klastični sedimenti koji prema Osnovnoj geološkoj karti SFRJ, List Sisak (PIKIJ, 1987) pripadaju Paludinskim naslagama. Prema bušotinskim podacima njihova debljina iznosi 400 do 600 metara (ŠIMUNIĆ, 1985).

Uzorci pjesaka i/ili siltova su prikupljeni na 12 lokaliteta iz pjeskokopa i aktivnih klizišta. Na 32 uzorka napravljene su analize teške i lake mineralne frakcije. Modalni sastav uzorka pjeska je određen pomoću polarizacijskog mikroskopa, analizom frakcije između 0,09 mm i 0,16 mm metodom trake na 300 zrna (MENGE & MAURER, 1992). Na 24 uzorka pjeska i 10 uzorka pelita napravljena je kemijska analiza glavnih elemenata i elemenata u tragovima kombinacijom metoda ICP-MS i ICP-ES. Analize su napravljene u ACMElab u Vancouveru, Canada.

Iz asocijacije teških minerala odredene su moguće izvořišne stijene, a iz asocijacije lakih minerala je definiran tip pjesaka i karakter provenijencije pješčanog detritusa (geotektonski okoliš izvořišnog područja). Kod analize sastava lake mineralne frakcije korištena je Dickinsonova metoda (DICKINSON, 1983), te su za određivanje podrijetla materijala korišteni QtFL i QtFL trokomponentni dijagrami.

Rezultati modalne analize pokazuju da većina pjeskovitih uzorka ima sličan mineralni sastav. Razlika između uzorka je u koncentraciji pojedinih mineralnih vrsta. U svim uzorcima je zapažen relativno visoki udio opakih minerala koji često varira oko 50 %. Prema udjelu granata u zajednici prozirnih teških minerala moguće je izdvojiti tri grupe. Prvoj skupini pripada najveći dio uzorka, a sadrži 30 do 60 % granata. U drugoj, malobrojnijoj skupini, udio granata je nizak, od 1 do 10 %. Treća skupina je zastupljena sa samo dva uzorka u kojima nije zabilježena pojava granata, a znatno je povišena koncentracija kromita i amfibola. Od ostalih minerala u sve tri skupine dominiraju staurolit, epidot, rutil, tur-

malin, amfibol i cirkon. S nižim udjelima (do 6 %) zastupljeni su kromit, titanit, kianit, zoisit, brukit/anatas i rijetko piroksen. Sastav zajednice teških minerala nije dao jednoznačan odgovor o vrsti izvořišnih stijena. Dominacija granata, staurolita i epidota ukazuje na metamorfno porijeklo jednog dijela sedimenata, a rutil, turmalin, amfiboli i cirkon na kisele do bazične magmatske stijene. Sastav pjesaka prema dijagramu kojeg su predložili PETTJOHN et al. (1987) odgovara sastavu litičnih arenita do sublitoarenita. Prema QtFL i QmFL dijagramima (DICKINSON, 1983) istraživani sedimenti pripadaju recikliranom orogenu. Većina uzorka se projicira u istom polju što ukazuje da potječu iz sličnih izvořišnih područja. Prema QtFL dijagramu može se zaključiti da se radi o zrelim, kvarcom bogatim sedimentima.

Za određivanje provenijencije nastanka analiziranih pjesaka i pelita na temelju kemijskog sastava izračunati su međusobni omjeri pojedinih glavnih elemenata i elemenata u tragovima. U uzorcima pelita omjer K_2O/Al_2O_3 iznosi 0,16 i ukazuje na prerađene starije pelitne sedimente. Niska vrijednost omjera Na_2O/K_2O koja varira između 0,08 i 0,34 upućuje na vezanost tih elemenata za minerale glina. Zrelost sedimenta utvrđenu analizom lake mineralne frakcije potvrđuje i visoki omjer oksida SiO_2/Al_2O_3 čija srednja vrijednost u uzorcima pelita iznosi 3,10. Izračunate srednje vrijednosti omjera La/Co , La/Sc , Th/Co i Th/Sc u uzorcima pjesaka i pelita su slične (uzorci pjesaka: La/Co – 2,04, La/Sc – 2,60, Th/Co – 0,87 i Th/Sc – 0,80; uzorci pelita: La/Co – 2,94, La/Sc – 2,30, Th/Co – 1,10 i Th/Sc – 0,90). Dobiveni rezultati odgovaraju rasponima vrijednosti za kisele izvořišne stijene (CULLERS, 2000). Za određivanje geotektonskog okoliša nastanka istraživanih pjeskovitih sedimenata korišteni su trokomponentni dijagrami La–Th–Sc i Th–Sc–Zr/10 (BHATIA & CROOK, 1986) u kojima se većina točaka analiziranih uzorka projicira u polje kontinentalnog otočnog luka. Slične rezultate za gornjomiocenske klastične sedimente iz hrvatskog dijela Panonskog bazena dobili su KOVACIĆ (2004) i GRIZELJ (2008). Stoga, dobiveni rezultati najvjerojatnije upućuju na kontinuiranu sedimentaciju u prostoru istog taložnog bazena koja se nakon ponta nastavila i u pliocenu.

Literatura:

- BHATIA, M.R. & CROOK, K.A.W. (1986): Trace element characteristics of greywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins.– *Contrib. Mineral. Petrol.*, 92, 181–193.
- CULLERS, R.L. (2000): The geochemistry of shales, siltstones and sandstones of Pennsylvanian-Permian age, Colorado, USA: Implications for provenance and metamorphic studies.– *Lithos*, 51, 181–203.
- DICKINSON, W.R., BEARD, L.S., BRAKENRIDGE, G.R., ERJAVEC, J.L., FERGUSON, R.C., INMAN, F.K., KNEPP, R.A., LINDBERG, F.A. & RYBERG, P.T. (1983): Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting.– *Geol. Soc. Am. Bull.*, 94, 222–235.
- GRIZELJ, A. (2008): Mineraloške i geokemijske značajke miocenskih pelitnih sedimenata jugozapadnog dijela Panonskog bazena.– Doktorska disertacija. Sveučilište u Zagrebu. Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, 192 str.
- KOVAČIĆ, M. (2004): Sedimentologija gornjomiocenskih naslaga jugozapadnog dijela Panonskog bazena.– Doktorska disertacija. Sveučilište u Zagrebu. Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, 216 str.
- MENGE, M.A. & MAURER, H.F.W. (1992): Heavy Minerals in Colour.– Chapman & Hall, 151 p., London.
- PETTIJOHN, F.J., POTTER, P.E. & SIEVER, R. (1987): Sand and sandstone.– Springer-Verlag, 553 p., Berlin.
- PIKIJA, M. (1987): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, Tumač za list Sisak L33–93.– Geološki zavod, Zagreb (1975–1986), Savezni geološki institut, Beograd, 56 p.
- ŠIMUNIĆ, AN. (1985): Korelacija geoloških odnosa na području Medvednice, NW dijela Savske potoline i N dijela Vukomeričkih gorica.– Fond stručne dokumentacije Hrvatskog geološkog instituta, 142/85., Zagreb.

Primjena LIDAR-a i fotogrametrije u kartiranju otiska stopala dinosaura

Application of LIDAR and photogrammetry for mapping of dinosaur tracksites

Borna Lužar-Oberiter¹, Branko Kordić² & Aleksandar Mezga¹

¹ Geološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb

² Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Kačiceva 26, 10 000 Zagreb

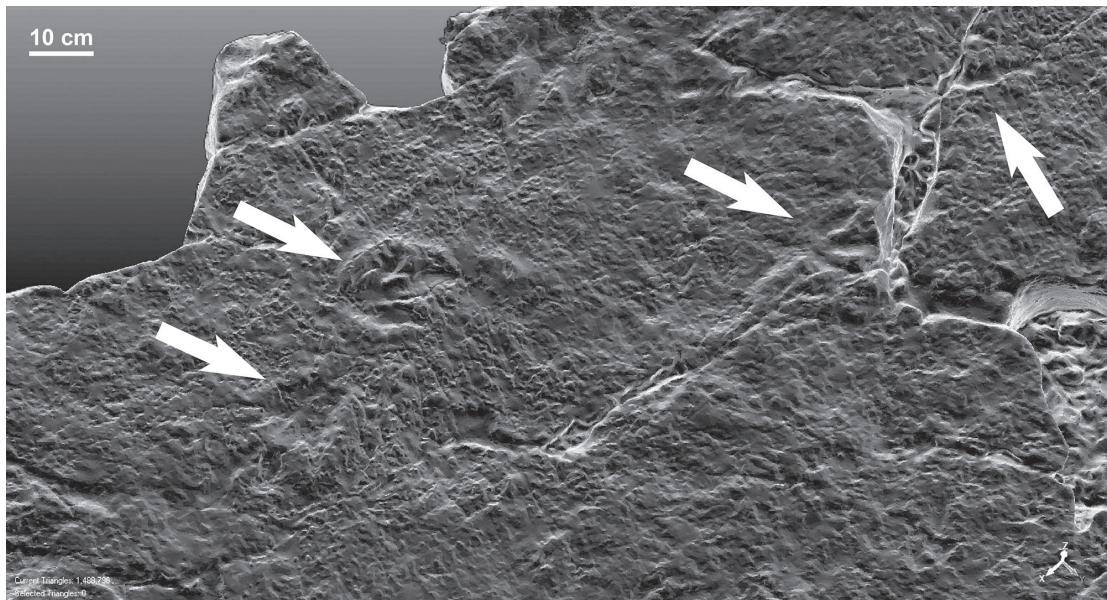
Ključne riječi: LIDAR, fotogrametrija, otisci stopala dinosaura, virtualni izdanak

Key words: LIDAR, photogrammetry, dinosaur tracks, virtual outcrop

Terenski rad predstavlja osnovu svakog geološkog istraživanja. U Hrvatskoj, kao i u svijetu, postoji duga tradicija terenskog prikupljanja geoloških podataka, kako za potrebe znanstvenog rada, tako i za mnogobrojne inženjerske i gospodarske svrhe. Iako je unutar geološke struke već odavno spoznata prednost digitalnih podataka i računalnog pristupa, te su razvoj i dostupnost tehnologija satelitskog pozicioniranja i naprednih računalnih aplikacija unaprijedili metode kojima geolozi barataju prostornim podacima, većina osnovnih alata za rad na terenu poput terenskog dnevnika, geološke karte, stupa, profila, skice ili fotografije su u svojoj osnovi ostali nepromijenjeni kroz posljednjih 200 godina. Posljednjih godina pristupi koji primjenjuju lasersko skeniranje, fotogrametriju, GIS i 3D modeliranje, te općenito računalnu integraciju raznovrsnih digitalnih geoloških podataka doživljavaju nagli razvoj. Moglo bi se reći da izraziti napredak i sve veća dostupnost suvremenih geodetskih uređaja za pri-

kupljanje prostornih podataka uvode svojevrsnu revoluciju u terenska geološka istraživanja.

Potreba za detaljnim trodimenzionalnim prostornim podacima važna je u mnogim geoznanostima. U današnje vrijeme metode prikupljanja prostornih podataka se kontinuirano razvijaju te su vremenom moderne metode postale bolje i poželjnije od konvencionalnih zbog izuzetno visoke razine točnosti, detalja i efikasnosti. Jedna od najsuvremenijih geodetskih metoda prikupljanja prostornih podataka je trodimenzionalno lasersko skeniranje čija je upotreba sve češća u geoznanostima. Laserska tehnologija je revolucionarna poput računalne tehnologije i komunikacija, te se danas primjenjuje u znanosti, tehnologiji, medicini, vojsci i industriji. Razvojem tehnologije LIDAR (*Light Detection and Ranging*) omogućen je razvoj instrumenata koji bezkontaktno određuju veliku količinu trodimenzionalnih prostornih podataka u relativno kratkom vremenskom periodu, s visokom razinom detalja. Velika količina



Slika 1. Detalj 3D modela izrađenog na temelju podataka laserskog skeniranja izdanka s troprstim otiscima stopala teropoda (strelice) u Lovrečici.
Figure 1. Detail of a 3D model generated from laser scanning data of an outcrop with theropod tracks (arrows) in Lovrečica.



Slika 2. Nalazište otisaka stopala dinosaura u Lovrečici u postupku skeniranja.

Figure 2. Laser scanning of a dinosaur tracksite in Lovrečica.

podataka dobivena 3D laserskim skenerima omogućava efektno modeliranje i vizualizaciju raznih vrsta objekta, od širokih površina terena, pojedinih izdanaka, pa sve do najsitnijih geoloških detalja. Iako je gustoća oblaka točaka vrlo velika, prostorna točnost pojedinačne točke iznosi nekoliko milimetara. S druge strane, fotogrametrija je već duži niz godina prisutna u geodeziji. Njezina primjena tek posljednjih godina dolazi sve više do izražaja, a ponajviše zbog tehnološkog razvijanja programa koji su sposobni korištenjem kompleksnih algoritama izvući maksimalnu količinu informacija iz snimaka. Kako bi se postigla veća točnost podaci dobiveni 3D laserskim skenerom se integriraju s podacima dobivenima fotogrametrijskom metodom. Potreba za integracijom ovih tehniki se stvorila zbog potrebe za većom rezolucijom, preciznosti, brzinom te boljim radnim uvjetima. Uvezši u obzir sve karakteristike metoda izmjere, obje imaju određene prednosti i ograničenja koje se međusobno nadopunjaju. Integracija fotogrametrije i laserskog skeniranja se pokazalo učinkovitom i točnom metoda za trodimenzionalno dokumentiranje prostornih podataka koji su zbog razine detalja zahtjevni za snimanje, a omogućuju dobivanje 3D modela visoke rezolucije. Da bi se došlo do tako dobrih rezultata osim ljudi zaduženih za pripremu terena, proces prikupljanja podataka i obradu snimljenih podataka, važno je koristiti instrumentarij s traženim tehničkim karakteristikama i odgovarajućim programskim paketom za obradu podataka. U skladu sa sve češćom primjenom naprednih geodetskih metoda i općenito digitalnih tehnologija u geološkom terenskom radu, nagli razvoj u posljednjih deset godina doživljava metoda detaljnog snimanja geoloških izdanaka u visokoj rezoluciji (RARITY et al., 2014). Danas se u znanstvenoj literaturi sve češće susreće termin "Virtual outcrop" koji opisuje set digitalnih podataka dobiven integracijom rezultata raznovrsnih digitalnih metoda (XU et al., 2000).

Klasične terenske metode prikupljanja geoloških podataka su jedno- do dvo-dimenzionalnog karaktera i same po sebi ne obuhvaćaju u potpunosti trodimenzionalni karakter geoloških tijela u prostoru. Rezultati takvih istraživanja su u znanstvenim radovima često samo shematski prikazani u obliku interpretacija primarnih terenskih opažanja, te su aspekti poput točnosti, preciznosti i statističke pogreške rijetko kada definirani, što ograničava njihovu upotrebu u kvantitativnim 3D modelima. Prednost terestričkog laserskog skeniranja je što omogućuje brzo snimanje izdanaka sa izrazitom točnošću (tipično $\pm 1\text{--}2$ cm), čime je prostorna lokacija znatno bolje i jednoznačnije definirana, te se prostorni međuodnosi između pojava mogu kvantitativno izmjeriti (npr. dimenzije i volumeni sedimentnih tijela, prostorni međuodnosi pukotina, dužina koraka dinosaure itd.). Pri tome se klasični pristupi geološkog opažanja ne zanemaruju, već se digitalno integriraju sa geodetskim mjeranjima unutar jedinstvenog georeferenciranog 3D modela. Kao neinvazivne metode dobivanja geometrijski preciznog 3D digitalnog modela, tehnike laserskog skeniranja ili fotogrametrije omogućuju paleontolozima istraživanje fosila i njihovih nalazišta na zaslonu PC-a. Fotorealistični modeli visoke rezolucije pružaju interaktivni pristup izdancima s fosilima, te mogu značajno doprinijeti očuvanju paleontološke baštine i edukaciji na samim nalazištima fosila.

Značaj fosilnih otisaka stopala dinosaura za znanstvenike se ogleda u njihovom potencijalu otkrivanja važnih informacija o taksonomiji, kinematici kretanja i ponašanju jedinke, ali i o sastavu, gustoći i rasprostranjenju iščezlih zajednica. Staze kretanja dinosaura pružaju podatke koji nisu dostupni iz istraživanja fosilnih kostiju i iznimno su značajan izvor podataka o paleobioraznolikosti tijekom razdoblja povijesti Zemlje u kojoj su nalazi fosilnih kostiju rijetki. Upotreba la-

ferskog skeniranja visoke razlučivosti omogućava terensko modeliranje fosilnih otisaka stopala dinosaure s velikom preciznošću (Sl. 1). To predstavlja značajan napredak u istraživanjima paleoihnologije kralježnjaka gdje su tradicionalne metode opterećene visokim stupnjem subjektivnosti i nedostatkom razlučivosti potrebnog za kvantitativnu interpretaciju otisaka stopala. 3D modeli pružaju dodatne morfometrijske informacije, te omogućavaju primjenu novih digitalnih analitičkih alata. Ove metode omogućuju razvoj morfometrije fosilnih otisaka stopala u proces koji kombinira 3D vizualizaciju i statističke metode odnosno miješanje kvalitativnog i kvantitativnog pristupa. Brojna nalazišta otisaka stopala dinosaure u Hrvatskoj (MEZGA, 2007) nedvojbeno pružaju iznimnu mogućnost primjene tehnologije laserskog skeniranja kako u znanstvenom tako i u edukativnom smislu, ali i u svrhu zaštite samih nalazišta. Na lokalitetima Lovrečica i Solaris učinjena su prva snimanja (Sl. 2).

U Hrvatskoj se zasad, osim u nekoliko primjera inženjerske geologije, primjena laserskog skeniranja u geološkim istraživanjima nalazi tek u povođima. Međutim, kako bi se izalo u susret suvremenim svjetskim trendovima vezanim uz primjenu laserskog skeniranja i digitalnog kartiranja, na

Sveučilištu u Zagrebu je pokrenuta inicijativa osnivanja radne skupine koja će povezivati stručnjake geološke i geodetske struke. Cilj radne skupine je praćenje razvoja laserskog skeniranja i digitalnog kartiranja, primjena navedenih tehnologija, ali i aktivno razvijanje novih pristupa i metoda, te pružanje ekspertne potpore istraživačima i djelatnicima u znanosti i industriji kod primjene tih metoda u geologiji i srodnim strukama.

Literatura:

- MEZGA, A. (2007): Dinosauri Jadransko-dinaridske karbonatne platforme.– *Vijesti Hrvatskoga geološkog društva*, 43/2, 28–41.
- RARITY, F., VAN LANEN, X.M.T., HODGETTS, D., GAWTHORPE, R.L., WILSON, P.I., FABUEL-PEREZ, I. & REDFERN, J. (2014): LiDAR-based digital outcrops for sedimentological analysis: workflows and techniques.– In: MARTINIUS, A.W., HOWELL, J.A. & GOOD, T.R. (eds.): *Sediment-Body Geometry and Heterogeneity: Analogue Studies for Modelling the Subsurface*. Geological Society, London, Spec. Publ., 153–183.
- XU, X., AIKEN, C.I.V., BHATTACHARYA, J.P., CORBEANU, R.M., NIELSEN, K.C., MCMECHAN, G.A. & ABDELSALAM, M.G. (2000): Creating virtual 3-D outcrop.– *The Leading Edge* 19, 197–202.

Kriteriji determinacije sarmatskih naslaga u odabranim istraživačkim buštinama Savske depresije

Criteria for determination of Sarmatian sediments in selected exploratory wells in Sava Depression

Ana Majstorović Bušić¹, Jasenka Sremac², Josipa Velić³ & Tomislav Malvić^{1,3}

¹ INA-Industrija nafte d.d., Sektor za geologiju i inženjeringu, Šubićeva 29, 10 000 Zagreb

² Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geološki odsjek, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb

³ Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

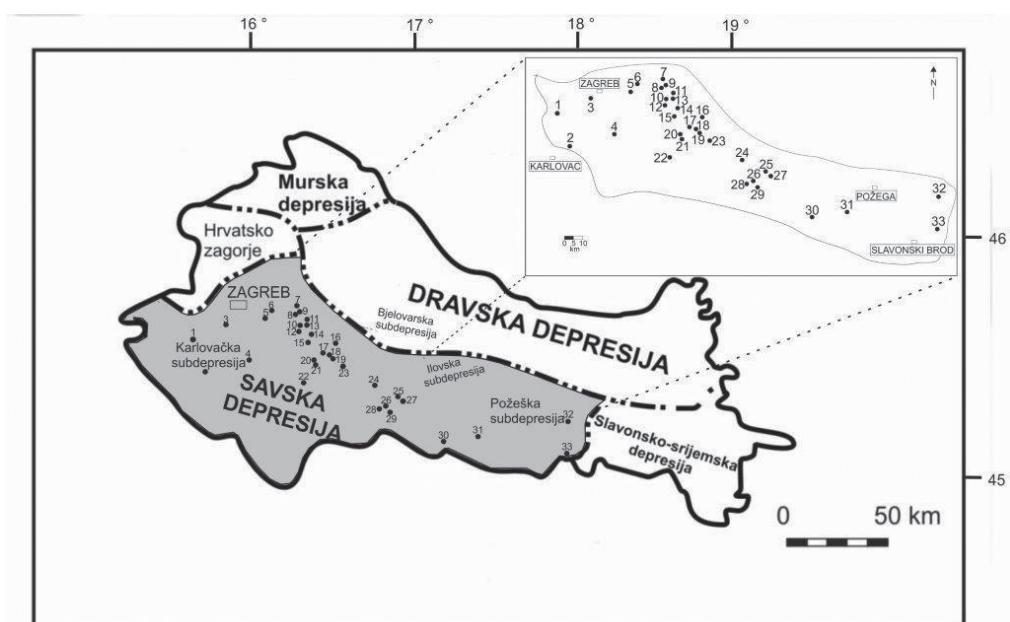
Ključne riječi: sarmat, istraživačke bušotine, Savska depresija

Key words: Sarmatian, exploratory wells, Sava Depression

Sarmat je kat tijekom kojeg je započela izolacija Paratethysa zbog prekida veze s Mediteranom i Indopacifikom. Dio je srednjeg miocena i trajao je u razdoblju od 13 do 11,5 mil. godina. Izolacija Paratethysa očituje se pojavom izrazito endemske faune i smanjenom broju stenohalinih vrsta (PAPP et al., 1974, PILLER et al., 2007, BAKRAČ et. al., 2012). Tijekom miocena područje Sjeverne Hrvatske paleogeografski pripada jugozapadnom rubu Središnjeg Paratethysa, a u geotektonskom smislu dio je Panonskog bazenskog sustava (RÖGL, 1998; PAVELIĆ, 2005; MALVIĆ, 2012). Panonski bazenski sustav je okružen Alpama, Karpatima i Dinaridima. Sastoji se od niza manjih bazena i depresija. U Hrvatskoj (hrvatski dio PBS-a, HPBS) su to Murska, Savska, Dravska i Slavonsko-srijemska depresija. Savska depresija je smještena uz sam jugozapadni rub Panonskog bazenskog sustava. U

radu je dan pregled taložnih okoliša i mogućnosti razlikovanja sarmata od krovinskih i podinskih naslaga.

Sarmatske taložine odlikuju se vrlo sličnim litologijama s nešto većim promjenama u priobalnim taložnim okolišima na relativno malom prostoru. U priobalnom okolišu osim sarmatskih nalazimo i pretaložene badenske fosile. Često u podini nalazimo konglomerate, a tamo i petrografski sastav ukazuje na jaki kopneni utjecaj i taloženje u plitkoj sredini. Nadalje, u lagunarnim okolišima ograničena veza s otvorenim morem očituje se u fosilnoj zajednici, a sedimenti su sitnozrnati. U okolišu dubljeg mora sedimentacija samoga sarmata, ali i podinskih naslaga gornjeg badena te krovinskih donjega panona je vrlo slična. Vidljiv je postupan prijelaz iz marinskog u bočati okoliš, te nema vidljive regresije u vršnom dijelu badenskih naslaga (VRSALJKO et al., 2006).



Slika 1. Smjestišta dubokih bušotina Savske depresije s jezgrama prepostavljene sarmatske starost.

Figure 1. Locations of deep wells in Sava depression with cores of assumed Sarmatian rocks.

Kada razmatramo bušotinske podatke primjećujemo kako je sarmat vrlo rijetko prepoznat i izdvojen kao zasebni kat unutar HPBS-a. Nadalje, u tom prostoru EK-marker Rs7 predstavlja regionalnu, približnu kronostratigrafsku, granicu između sarmata i donjeg panona, naravno kada je prepoznat unutar neprekinutog slijeda sedimenata prema karakterističnom obliku na krivulji specifične otpornosti (npr. VELIĆ, 2007; VRBANAC, 2002).

Glavni problem u odredbi sarmatske starosti iz bušotinskih podataka je mali broj dostupnih jezgara dokazane starosti i malobrojne paleontološke analize. Na Slici 1. prikazane su pregledane bušotine Savske depresije s dostupnim jezgrama oko EK-markera Rs-7 (**). Podaci većine bušotina su iz pedesetih i šezdesetih godina 20. stoljeća te neke popisane jezgre više nisu dostupne. U razmatranje su uzete i dvije novije bušotine, ovdje označene brojevima 15 i 17, u kojima je sarmat određen na temelju uzoraka iz isplake. Od odabranih jezgara napravljeni su izbrusci, no zbog glinovite osnove i izražene laminacije nije bilo moguće to napraviti u svim jezgrama. Sarmat je mikropaleontološki određen unutar litološki laminiranih, kalcitnih i pretežno glinovitih laporan. Na izbruscima su uočene ravne površine lamina, i u većem broju lamine neravnih površina što ukazuje na cijanobakterijske korice (stromatoliti). Također je opisan i gusti mikrit bez vidljive laminacije. Organska tvar je rapršena ili orijentirana usporedno s laminama. U napravljenim izbruscima fosili su rijetki i teško prepoznatljivi. Česti su presjeci ostrakoda tankih ljuštura, te rijetki presjeci neodredivih staklastih foraminifera i globule pirita. Opisani litofacijes, ali bez provodnih fosila, često je uočen iznad jezgara s dokazanim badenom. Analogijom se zaključilo kako su facijesno slični intervali opaženi kod istraživanja također sarmatske starosti.

Nadalje litološki su opisani konglomerati i biokalkarenati unutar kojih nalazimo pretaložene krhotine lithotamnija, planktonskih i bentičkih foraminifera, školjkaša te bodljikaša. To je vjerojatno badenska zajednica pretaložena u sarmatskim naslagama, a u u pojedinim uzorcima pronađeni su i izvorno sarmatski fosili. Pretaložavanje badenskih sedimenata dodatno otežava prepoznavanje sarmata, pogotovo jer se radi o litološki sličnim stijenama. Na temelju litofacijesnih i biofacijesnih karakteristika uočenih intervala, može se zaključiti

da su sarmatski sedimenti pregledanih uzoraka taloženi dijelom u mirnom zaštićenom plitkomorskom okolišu (laguna), gdje je bilo moguće i pretaložavanje starijih naslaga. U dubljem dijelu depresije u mirnije okoliše povremeno su donašane manje količine karbonatnog i siliciklastičnog detritusa iz priobalnih plićaka.

Literatura:

Objavljeni radovi:

- BAKRAČ, K., KOCH, G. & SREMAC, J. (2012): Middle and Late Miocene palynological biozonation of the south-western part of Central Paratethys (Croatia).— *Geologia Croatica*, 65/2, 207–222.
- MALVIĆ, T. (2012): Review of Miocene shallow marine and lacustrine depositional environments in Northern Croatia.— *Geological Quarterly*, 56/3, 493–504.
- PAPP, A., MARINESCU, F. & SENEŠ, J. (eds.): *Chronostratigraphie und Neostratotypen – Miozän der Zentralen Paratethys – Sarmatien*. VEDA, Slowakische Akademie der Wissenschaften, Bratislava, 1974, Bd. IV, 41–44.
- PAVELIĆ, D. (2005): Cyclicity in the evolution of the Neogene North Croatian Basin (Pannonian Basin System).— U: MABESOONE, J.M. & NEUMANN, V.H. (ur.): *Cyclic Development of Sedimentary Basins*. Dev. Sedim., Elsevier, 57, 273–283.
- PILLER W.E., HARZHAUSER, M. & MANDIC, O. (2007): Miocene Central Paratethys stratigraphy – current status and future directions.— *Stratigraphy*, 4/2, 69–170.
- RÖGL, F. (1998): Palaeographic consideration for Mediterranean and Paratethys Seaways (Oligocene to Miocene).— *Annales des Naturhistorischen Museum, Wien*, 99A, 279–310.
- VELIĆ, J. (2007): Geologija ležišta nafte i plina. (ur. Zorić, I.).— University of Zagreb, Zagreb, 342 str.
- VRBANAC, B. (2002): Contribution to the debate on stratigraphic classification system and the importance of Ek.markers in the Šava Depression.— *Nafta*, 53/1, 39–44.
- VRSALJKO, D., PAVELIĆ, D., MIKNIĆ, M., BRKIĆ, M., KOVACIĆ, M., HEĆIMOVIĆ, I., HAJEK-TADESSE, V., AVANIĆ, R. & KURTANJEK, N. (2006): Middle Miocene (Upper Badenian/Sarmatian) Palaeoecology and Evolution of the Environments in the Area of Medvednica Mt., (North Croatia).— *Geologia Croatica*, 59/1, 51–63.

Neobjavljeni radovi:

- ***Dossieri bušotina: Fond stručne dokumentacije, INA Industrija nafte d.d., Zagreb.

Benkovački prirodni kamen i njegova mikrofiziografska svojstva Benkovac natural stone and its microphysiographic properties

Ana Maričić, Anja Đukan & Dunja Aljinović

Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Ključne riječi: benkovački prirodni kamen, mikrofiziografska svojstva, litotipovi

Key words: benkovac natural stone, microphysiographic properties, lithotypes

Benkovački prirodni kamen je tanko slojeviti vapnenac koji se eksploatira u ležištima u širem području grada Benkovca. Koristi se kao dekorativni kamen za oblaganje zidova, ograda i pješačkih površina. Njegova glavna ležišna karakteristika je pojavljivanje u tankim slojevima, a debljine mogu biti od 1 do 45 cm. Pri eksploataciji pod djelovanjem udaraca kamen puca duž slojnih ploha te se odvajaju tanke ploče pri čemu debljina eksploatiranih ploča ovisi o debljini slojeva. Zbog izražene slojevitosti eksploatacija je jednostavna i ekonomski prihvatljiva.

Prema Osnovnoj geološkoj karti list Obrovac L 33-128 (IVANOVIĆ et al., 1973) i tumaču OGK (IVANOVIĆ et al., 1976) naslage u kojima se eksploatira *benkovački kamen* pripadaju mlađem eocenu (E_3). Navedeno područje, u geološkom smislu, odgovara neformalnoj litostratigrafskoj jedinici Benkovački kamen koja se nalazi unutar Prominskih naslaga sjeverne Dalmacije. Prema MRINJEK et al. (2005) neformalna litostratigrafska jedinica Benkovački kamen je oko 140 m debeo slijed naslaga pružanja sjeverozapad-jugostok. Izgrađena je od izmjene tankih slojeva i proslojaka kalkarenita sa slojevima kalksiltita i kalklitita. Na temelju detaljne litostratigrafske analize i teksturnih karakteristika određeno je i opisano 6 facijes i 3 subfacijes kalkarenita *benkovačkoga kamena*, a sedmi facijes pripada madstonu (MRINJEK et al., 2005). Slojevi karbonatnih pješčenjaka (kalkarenita) su pločasti i gotovo u pravilu odvojeni slojevima sitnozrnatih sedimenata (kalksiltita i kalklitita). Autori su odredili okoliš taloženja i taložni model jedinice. Zalihe *benkovačkoga kamena* nalaze se u zoni naslaga koje su se taložile u prijelaznoj marinskoj zoni između osnovice valova lijepa i olujna vremena s povremenim donosima materijala tijekom oluja. Prema autorima kalkareniti su taloženi za vrijeme oluja dok su kalksiltiti i kalklititi taloženi za razdoblje lijepog vremena.

Na temelju osnovnih mineraloško-petrografske strukturno-teksturne svojstava MARIČIĆ (2014) izdvaja i dokumentira tri različita litotipa: **zrnski, mikritni i laminirani litotip**.

Zrnski litotip se dominantno sastoji od karbonatnih intraklasta. Intraklasti su dobro zaobljeni i sortirani. Između intraklasta se nalazi krupnokristalasti sparikalcitni cement. U zrnskom litotipu se osim kalcita koji je dominantno zastu-

pljen uočavaju i kristali dolomita što ukazuje na proces dolomitizacije. Dolomit je uočen i XRD analizom prirodnoga sastava ovog litotipa s udjelom do 20 mas. %. Također su uočeni i pravilni kristali kalcita oblika romba koji ukazuju na proces dedolomitizacije. Prema tome uočeni su cementacija, dolomitizacija i dedolomitizacija kao diagenetski procesi. Prema XRD analizi u bitno manjoj količini (< 1 mas. %) u stijenama ovoga litotipa prisutan je siliciklastični detritus, sličnih dimenzija kao i karbonatni klasti, zastupljen česticama kvarca i tinjčastih minerala.

Mikritni litotip se dominantno sastoji od gustog karbonatnog mikrita. U mikritnom litotipu intraklasti su rijetki. Homogena struktura mikrita je rijetko prisutna dok se češće uočavaju nejasno izražene lamine drugaćijeg sastava. Gusta mikritna građa mjestimično izostaje pa su u mikritni litotip uvršteni slojevi koji imaju mikrosparitnu građu koja je vjerojatno posljedica rekristalizacije. Također su u dominantno mikritnoj osnovi prisutni znakovi prerade organizmima (bioturbacija). Djelovanje organizama očituje se kroz prisustvo nepravilnih ili mrljastih nakupina zrnskoga tipa s mikritom. Osim gustog karbonatnog mikritnog mulja u uzorcima ovog litotipa, prema XRD analizi, ima oko 1,5 mas. % siliciklastične detritične komponente zastupljene kvarcom i glinovitim mineralima (smektit, klorit-vermikulit te nešto kaolinita).

Laminirani litotip je najčešći i najbitniji varijetet *benkovačkoga prirodnoga kamena* na tržištu. Prepoznatljiv je po izmjeni tanjih ili debljih lamina koje se razlikuju po vrsti strukturnih sastojaka. Sastoje se od učestale laminirane izmjenje zrnskog i mikritnog litotipa koje čine genetsku cjelinu što je ujedno i njegova glavna strukturno-teksturna značajka. Lamine su debljine od 0,1 do 1 cm. Granica između litotipa može biti oštra i vrlo jasna, ali uočena je i granica na kojoj se vidi postupni prijelaz između dva litotipa odnosno normalna gradacija. Mikritni i zrnski litotip se razlikuju prema: boji, mineralnom sastavu, vrsti strukturnih sastojaka i teksturi, asvojstva laminiranog litotipa ovise o njihovom udjelu i položaju u slojevima.

Važno je naglasiti da je u ranijim radovima zrnski sediment (zrnski litotip) bio determiniran kao kalkarenit odnosno vapnenički pješčenjak dok je sitnozrnati sediment određen kao kalklitit s tankim laminama siltita (IVANOVIĆ et al., 1976; MRINJEK et al., 2005; PENCINGER &

MRINJEK, 2010; VLAHOVIĆ et al., 2012) čime je naglašeno njihovo klastično porijeklo. Zbog iznimno velike količine karbonatne komponente odnosno neznatno prisutne siliciklastične, detritične komponente kao i zbog sličnosti s pravim vapnenačkim talozima, u ovom je radu korištena terminologija koja više odgovara vagnencima. Porijeklo vapnenačkih klasta je vjerojatno intrabazensko te u tom smislu stijene predstavljaju intraklastične vagnence. Poštujući, međutim, dosadašnja istraživanja i nešto drugačije odredbe, stijene s dominantnim sadržajem karbonatnih klasata izdvojene su kao zrnski litotip vapnenaca, dok su one koje dominantno sadrže karbonatni mulj opisane kao mikritni litotip.

Literatura:

- IVANOVIĆ, A., SAKAČ, K., MARKOVIĆ, S., SOKAČ, B., ŠUŠNJAR, M., NIKLER, L. & ŠUŠNJARA, A. (1973): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. List Obrovac L 33-128.– Inst. geol. istraž. Zagreb (1962–1967), Savezni geol. zavod, Beograd.
- IVANOVIĆ, A., SAKAČ, K., SOKAČ, B., VRSALOVIĆ-CAREVIĆ, J. & ZUPANIĆ, J. (1976): Osnovna geološka karta SFRJ 1: 100.000. Tumač za list Obrovac L 33-128.– Inst. geol. istraž. Zagreb (1967), Savezni geol. zavod, Beograd, 61p.
- MARIĆIĆ, A. (2014): Utjecaj svojstava benkovačkoga prirodnog kamenja na njegovu postojanost.– Doktorski rad, Sveučilište u Zagrebu, 150 p.
- MRINJEK, E., PENCINGER, V., SREMAC, J. & LUKŠIĆ, B. (2005): The Benkovac stone Member of the Promina Formation: A late Eocene Succession of Storm-Dominated Shelf Deposits.– Geologija Croatica, 58/2, 163–184.
- PENCINGER, V. & MRINJEK E. (2010): Paleogenski boksići područja Obrovca i „Benkovački kamen“ Mejanice. 4. Hrvatski geološki kongres–Vodič ekskurzija, Šibenik. U: Horvat, M. (ur.): Ekskurzija A2 – Geološka ekskurzija kroz hrvatske Dinaride: geologija, hidrogelogija i mineralne sirovine, 122–128.
- VLAHOVIĆ I., MANDIĆ, O. MRINJEK, E., BERGANT, S., ČOSOVIĆ, V., LEEUW, A., ENOS, P., HRVATOVIĆ, H., MATIĆEC, D., MIKŠA, G., NEMEC, W., PAVELIĆ, D., PENCINGER, V., VELIĆ, I. & VRANJKOVIĆ, A. (2012): Marine to continental depositional systems of Outer Dinarides foreland and intra-montane basins (Eocene-Miocene, Croatia and Bosnia and Herzegovina).– Journal of Alpine Geology, 54, 405–470.

Measurements of δD and $\delta^{18}O$ in water samples using cavity ring down spectrometry: test area of DRINKADRIA project

Mjerenja omjera stabilnih izotopa δD i $\delta^{18}O$ u uzorcima vode metodom prstenaste spektrometrije: test područje DRINKADRIA projekta

Tamara Marković, Helena Ćućuzović & Jasmina Lukač Reberski

Croatian Geological Survey, Milana Sachsa 2, 10 000 Zagreb, Croatia

Key words: stable isotopes (δD and $\delta^{18}O$), cavity ring down spectrometry, Prud catchment area, DRINKADRIA project

Ključne riječi: stabilni izotopi (δD i $\delta^{18}O$), prstenasta spektrometrija, slivno područje Pruda, DRINKADRIA projekt

Measurements of the ratios of the stable isotopes (δD and $\delta^{18}O$) of water in hydrogeology are commonly used to identify the groundwater catchment area, mean residence time, geochemical processes, etc. (EPSTEIN & MAYEDA, 1953; CLARK & FRITZ, 1997). Measuring mass differences of molecular compounds (ratios) can be done by a variety of mass spectrometer designs. Cavity ring down spectrometry (CRDS) is one of the techniques used by Picarro L2130i spectrometer. The spectrometer was purchased thanks to the DRINKADRIA IPA Adriatic Cross Border project.

The Picarro L2130i instrument consists of: auto sampler, vaporizer, two vacuum pumps, computer and measurement unit (Fig.1).

Measurement methodology is based on fact that every small gas-phase molecule has a unique near-infrared absorption spectrum. At sub-atmospheric pressure, a series of narrow, well-resolved, sharp lines, each at a characteristic wavelength exists and these lines are well-spaced and their wavelength is well-known, so the concentration of any species can be determined by measuring the strength of this line, i.e. absorption. In cavity ring down spectroscopy (CRDS),

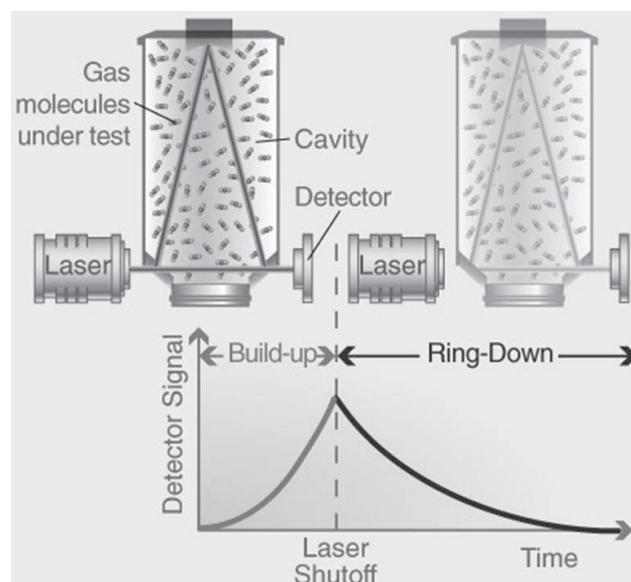


Figure 2. Schematic of Picarro CRDS analyzer showing how a ring down measurement is carried out (PICARRO, 2014).

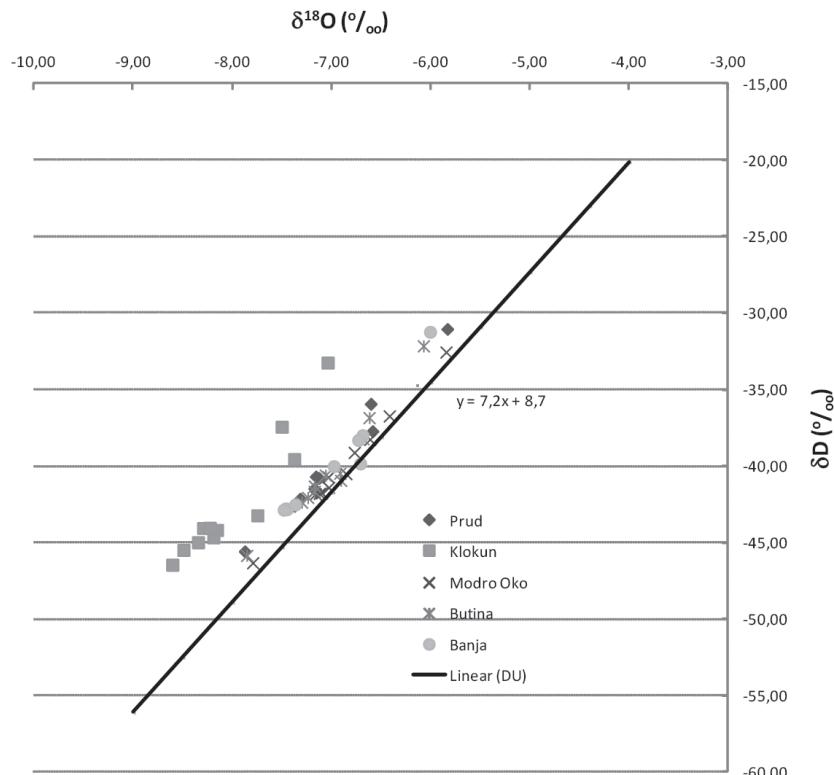
Slika 2. Shematski prikaz mjerena pomoću Picarro CRDS analizatora (PICARRO, 2014).



Figure 1. The Picarro L2130i instrument.

Slika 1. Instrument Piccaro L2130i.

the beam from a single-frequency laser diode enters a cavity defined by two or more high reflectivity mirrors (PICARRO, 2014). When the laser is on, the cavity quickly fills with circulating laser light (Fig. 2). A fast photo detector senses the small amount of light leaking through one of the mirrors to produce a signal that is directly proportional to the intensity in the cavity (Fig. 2). When the photo detector signal reaches a threshold level (in a few tens of microseconds), the continuous wave (CW) laser is abruptly turned off. The light already within the cavity continues to bounce between the mirrors (about 100,000 times), but because the mirrors have slightly less than 100% reflectivity (99.999%), the light intensity inside the cavity steadily leaks out and decays to zero in an exponential fashion (Fig. 2) (PICARRO, 2014). This decay, or "ring down", is measured in real-time by the photo detector, and the amount of time it takes for the ring down to happen is determined solely by the reflectivity of the mir-

**Figure 3.** Distribution of δD and $\delta^{18}\text{O}$ in sampled waters.**Slika 3.** Raspodjela δD i $\delta^{18}\text{O}$ u uzorcima vode.

rors (for an empty cavity)(Fig. 2) (PICARRO, 2014). This scheme of comparing the ring down time of the cavity without any absorbing gas, with the ring down time when a target gas is absorbing light is accomplished not by removing the gas from the cavity, but rather by using a laser whose wavelength can be tuned (PICARRO, 2014). By tuning the laser to different wavelengths where the gas absorbs light, and then to wavelengths where the gas does not absorb light, the “cavity only” ring down time can be compared to the ring down time when a target gas is contributing to the optical loss within the cavity (PICARRO, 2014). When the laser is tuned to several locations across the target gas’s spectral absorption line (and ring down measurements are conducted at all these points) and a mathematical fit to the shape of that absorption line is what is actually used to calculate the gas concentration.

Groundwater samples were collected from several springs: Prud, Modro Oko, Klokun, Butina and Banja. VREČA et al. (2006) calculated local meteoric water lines of individual monthly precipitation from the observation pe-

riod 2001–2003 for meteorological station Dubrovnik. From the measured ratios of stable oxygen and hydrogen isotopes in sampled waters, it is evident that the waters from the Prud, Modro Oko, Klokun, Butina and Banja springs are directly influenced by renewal from precipitation, since the values are evenly dispersed along the local meteoric water line (LMWL) – Dubrovnik (Fig.3).

References:

- CLARK, I.D. & FRITZ, P. (1997): Environmental Isotopes in Hydrogeology.– Lewis, New York, 311 p.
- EPSTEIN, S. & MAYEDA, T. (1953): Variation of ^{18}O content of waters from natural sources.– Geochim. Cosmochim. Acta, 4, 213–224.
- PICARRO (2014): <http://www.picarro.com/>
- VREČA, P., KRAJCAR BRONIĆ, I., HORVATINČIĆ, N. & BAREŠIĆ, J. (2006): Isotopic characteristics of precipitation in Slovenia and Croatia: Comparison of continental and maritima stations.– J. Hydrol., 330, 457–469.

Primjena karotažnih mjerjenja u praćenju utiskivanja CO₂ i stanja bušotina na projektima EOR-a

Application of wire-line logging for CO₂ injection monitoring and well integrity during EOR projects

Josipa Marković¹ & Zdravko Kosovec²

¹ Petrophysicist/Log Analyst, HOTWELL Handelsgesellschaft m.b.H, Ödenburger Strasse 6, 7013 Klingenbach, Austria

² Petrophysical Expert, INA-Exploration and Production Division, Šubićeva 29, 10 000 Zagreb, Croatia

Ključne riječi: EOR (poboljšan iscrpak nafte), praćenje CO₂, stanje bušotina

Key words: EOR (Enhanced Oil Recovery), CO₂ monitoring, well integrity

Poboljšani iscrpak nafte (*Enhanced Oil Recovery, EOR*) utiskivanjem CO₂ omogućava povećanje proizvodnje nafte. Od ukupne nafte u ležištu, 5 – 40 % se obično proizvede konvencionalnim primarnim metodama (HOLT et al., 1995). Dodatnih 10 – 20 % se proizvede sekundarnom metodom utiskivanja vode (npr. BONDOR, 1992). Kao jedna od terciarnih metoda proizvodnje koristi se utiskivanje CO₂, čime se postiže poboljšanje iscrpka za dodatnih 7 – 23 % (npr. MARTIN & TABER, 1992; MORITIS, 2003).

Koriste se različite vrste utiskivanja, a jedna od njih je izmjenično utiskivanje vode i CO₂. Istiskivanje nafte s CO₂ se zasniva na faznom ponašanju smjese CO₂ i sirove nafte koje je izravno ovisno o temperaturi rezervoara, tlaku i sastavu nafte. Tom primjenom od 50 do 67 % utisnutog CO₂ se vraća s proizvedenom naftom (BONDOR, 1992). Ostatak utisnutog CO₂ ostaje zarobljen u naftnom ležištu na različite načine, kao što su nepridobivo zasićenje ili otopina u nafti koja nije proizvedena, i u pornom prostoru koji nije povezan s putevima tečenja proizvodnih bušotina.

Nakon utiskivanja CO₂, postavlja se pitanje njegovog praćenja; što se točno dešava s utisnutim CO₂ i korištenom opremom. Dakle, praćenje je moguće ostvariti na makro razini, dakle cijelog polja putem seizmike, satelitskog praćenja (detektiranjem promjena vegetacije) i gravimetrije. No moguće je i praćenje na mikro razini, u bušotinama koje se koriste bilo za utiskivanje CO₂, bilo za proizvodnju.

Na toj mikro razini, dakle bušotinama, u svrhu praćenja i boljeg razumijevanja distribucije CO₂, potrebne aktivnosti možemo razdijeliti na:

1. Praćenje CO₂

- utisna faza (koliko utisnutog CO₂ ide u koje ležište)
- proizvodnja (da li je fronta CO₂ došla do proizvodne bušotine, kako se ponaša nafta u ležištu pod uticajem CO₂)

2 . Praćenje stanja bušotina – pošto otapanjem CO₂ u vodi nastaje izuzetno agresivan medij (H₂CO₃), potrebno je pratiti stanje bušotine (stanje ugrađene podzemne opreme i stanje cementa iza kolone) da ne bi došlo do nekontroliranog ispuštanja CO₂ u atmosferu i/ili okolne akvifere, potencijalno zasićene pitkom vodom.

Prikazane su karotažne tehnike kojima je moguće ostvariti te zadatke, i opisana metodologija za njihovo praćenje.

Tako se za praćenje utisa CO₂ koristi mjerjenje utisnog profila, gdje se korištenjem mjerača protoka izračunavaju brzine protoka fluida, te uz korištenje mjerena gustoće fluida, temperature i tlaka dobiva utisni profil koji prikazuje koliko je utisnutih volumnih udjela fluida ušlo u pojedine dijelove ležišta.

U proizvodnim bušotinama u svrhu detekcije CO₂ vrše se mjerjenja PNN-a (*Pulsed Neutron Neutron*) metodom ponovljenih mjerjenja s vremenskim odmakom, u različitim fazama utiskivanja. Osjetljivost sonde na prisustvo plina (CO₂) omogućava detektiranje njegovog prisustva u pribušotinskoj zoni.

U slučaju čistih pješčenjačkih slojeva to je moguće separacijom krivulja plitkog i dubokog zahvata neutronske karotaže. U slučaju vapnenaca, to često nije moguće, zbog toga jer vapnenci često pokazuju velike promjene u šupljikavosti, a zone bez šupljikavosti reagiraju slično kao i zone zasićene s CO₂. Zato se ovdje koristi krivulja neutronske šupljikavosti (Ratpor) mjerena i izračunata nakon utiskivanja, koja se normalizira s krivuljom neutronske šupljikavosti izmijerenom prije početka utiskivanja. Usporednom tih krivulja (separacijom) se detektira plin.

Naknadna mjerjenja pokazuju da li je došlo do promjene sadržaja fluida u ležištu (promjena vrijednosti očitanja sa nailaskom CO₂). Promjena fluida i njihovi kontakti mogu se računati kvalitativno i kvantitativno (npr. MARKOVIĆ 2006). U svrhu praćenja stanja bušotina, aktivnosti se mogu podijeliti u dvije skupine. Prva od njih je praćenje integriteta

kolone zaštitnih cijevi. Da bi bilo moguće kontrolirati stanje kolone s unutarnje i vanjske strane, mjeri se mehaničkim kaliperom s unutarnje strane kolone u kombinaciji s mjerenjem preostale količine metala magnetskim instrumentom ukupne količine metala stijenke kolone (npr. MARKOVIĆ, 2014). Druga aktivnost je mjerenje kvalitete cementne veze iza kolone kroz vrijeme, te njegove eventualne degradacije. U tu svrhu se mogu koristiti neke od metoda za procjenu kvalitete cementne veze (npr. GAURINA-MEĐIMUREC, 2010).

Literatura:

BONDOR (1992): Applications of carbon dioxide in enhanced oil recovery.– Energy Conversion and Management, 33/5, 579–586.

- GAURINA-MEĐIMUREC, N. (2010): The influence of CO₂ on well cement.– Rudarsko-geološko-naftni zbornik, 22, 19–25.
- HOLT et al. (1995): Underground storage of CO₂ in aquifers and oil reservoirs.– Energy Conversion and Management, 36/6–9, 535–538.
- MARKOVIC, Z. (2006): PNN Interpretation with new interpretation techniques and software. Klingenbach, PNN Conference 2006.
- MARKOVIC, Z. (2014): WIPP3D Well Integrity Post Processing and Interpretation. Klingenbach, PNN & Well Logging Conference 2014, AT.
- MARTIN & TABER, (1992): Carbon dioxide flooding.– Journal of Petroleum Technology, 44/4, 396–400.
- METZ, B. et al. (2005): IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage, Cambridge University Press 40 West 20th Street, New York, NY 10011–4211, USA.
- MORITIS (2003): CO₂ sequestration adds new dimension to oil, gas production.– Oil and Gas Journal, 101/9, 71–83.

Lithofacies, biostratigraphy and discontinuity surfaces recorded in deposits across the Pliensbachian–Toarcian transition (Lower Jurassic) in southern Lika and Velebit Mt. (Croatia)

Litofacijesi, biostratigrafija i površine prekida taloženja u naslagama na prijelazu plinzbah–toarcij (donja jura) na područjima južne Like i Velebita (Hrvatska)

Maja Martinuš & Damir Bucković

Department of Geology, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb, Croatia

Key words: Upper Pliensbachian, Lower Toarcian, lithofacies, discontinuity surfaces, *Socotraina serpentina*, Lika

Ključne riječi: gornji plinzbah, donji toarcij, litofacijes, površine prekida taloženja, *Socotraina serpentina*, Lika

The Pliensbachian–Toarcian transition and Early Toarcian are marked by major paleoenvironmental changes, which correspond to biotic crisis recorded in deep and shallow marine Tethyan environments, as well as in continental environments (MAILLIOT et al., 2009 and references therein). This study was carried out on two Lower Jurassic sections in southern Lika and Velebit Mt. in order to reconstruct the environmental changes occurred in a time interval spanning the Late Pliensbachian and the Early Toarcian.

Carbonate deposits encompassing the youngest Lithiotid limestones and the oldest intensely bioturbated mud-rich limestones also known as “spotted limestones” have been studied for analyses of litho- and biofacies, biostratigraphy, and discontinuity surfaces. Two sections crop out in the areas of Southern Lika (Štikada quarry; St section, 40 m thick) and Velebit Mt. (Mali Alan pass; MA section, 46 m thick). The assemblage of benthic foraminifera indicates a latest Pliensbachian–earliest Toarcian age of the studied sections (cf. VELIĆ, 2007). Most important species are *Pseudocyclammina liasica* found throughout both sections and *Socotraina serpentina* with FAD 3.5 m below first beds of typical “spotted limestones”. Careful correlation with the data published in SABATINO et al. (2013) confirmed the established age.

The recorded succession consists of several lithofacies units: (1) occasionally burrowed micritic limestones rich in benthic foraminifera, (2) dark grey micritic limestones with lithiotid shells and worn skeletal grains, (3) thin clayey–marly beds in alternation with argillaceous limestones with intensely burrowed horizons and pelagic influence, (4) micritic limestones with lithiotid shells, worn bioclasts and marine omission surfaces, (5) thin clayey–marly beds alternating with unfossiliferous argillaceous limestones, and (6) burrowed micritic limestones with worn bioclasts (typical “spotted limestones”). First unit is recorded only in Štikada quarry (coeval part at Mali Alan is covered) and fifth unit is present only in Štikada quarry.

(1) The unit is built of thinly- and medium thickly-bedded occasionally burrowed micritic limestones (mudstone, wackestone and floatstone) rich in small (miliolids, glomospiras, valvulinids; *Agerina martana*, *Siphovalvulina variabilis*, *S. colomi*, *Nodosaria* sp., *Sieberina* sp.) and larger (*Amijiella amiji*, *Paleomayncina termieri*, *Planisepta compressa*, *Everticyclammina praevirguliana*, *P. liasica*) benthic foraminifera, with common bivalve, brachiopod and echinoderm fragments, and rare fragments of alga *Palaeodasycladus mediterraneus*. Lithiotid shells are present in lower part of this 11 m thick unit. It contains several intensely burrowed surfaces, which coupled with dark grey peloids and mostly worn skeletal grains indicate deposition in low to moderate water energy subtidal open carbonate platform environments rarely shallowing to the shallow subtidal and intertidal zone (cf. FLÜGEL, 2004).

(2) The 13 m thick unit is built of medium and thickly bedded micritic limestones with common lithiotid shells in MA section, and thinly to medium thickly bedded bioclastic wackestone with abraded and worn skeletal grains of echinoderms and bivalves (lithiotid shells are present only in the lower part of the unit) in Štikada quarry. Foraminifera are represented by the same species found in the underlying unit, but are less numerous. This unit records the last occurrence of alga *P. mediterraneus*. Depositional environment of low water energy protected carbonate platform interior is proposed for the Mali Alan area. However, worn skeletal grains, common small hyaline foraminifera and *A. martana*, common dark brown peloids, pronouncedly dark grey colour of the limestones, occasional burrowing, one bed surface with small erosional channels, and occasional intraclasts on bed contacts indicate deposition within low to moderate water energy deeper subtidal environments with occasional storm influence. Upper boundary of this unit in the Štikada quarry is marked by a brecciated surface with angular cm-sized intraclasts in micrite matrix with worn bioclasts and small subangular to rounded brown to orange intraclasts.

(3) Third unit clearly differs from the underlying units: in the Štikada quarry it is 9 m thick and built of alternation of thin-laminated clayey-marly beds and pronouncedly dark grey laminated medium thickly bedded argillaceous limestones. Benthic foraminifera are almost completely absent. Filaments, rare ostracods and pelagic crinoids are found in the lower part of the unit, while bioclasts of bivalves, brachiopods, echinoderms, and pelagic crinoids are common in the upper part. Clayey-marly beds and argillaceous limestones are organized in sequences in which the limestone beds are thickening and the clayey-marly beds thinning upwards. Uppermost part of the unit is devoid of clayey-marly beds. Instead, it contains several intensely burrowed and bored surfaces pointing to several periods of non-deposition or low sediment accumulation rate. Upper unit part at Štikada correlates well with similar burrowed and to a lesser extent bored surfaces at Mali Alan. Lower part of the third MA unit is covered. Depositional environment of deeper, low water energy open platform interior with pelagic influence is proposed for Mali Alan, while alternation of laminated clayey-marly beds and argillaceous and bioclastic limestones, intense burrowing, worn bioclasts and intraclasts, pelagic fossils, small slump structures indicate mid-ramp environment for Štikada section (FLÜGEL, 2004).

(4) The unit is built of micritic bioclastic limestones with lithiotid shells abundant in the whole MA unit and in the lower part of the St unit. Lithiotid limestones are very poor in other fossils. Upper parts of both units are characterized by resedimented peloidal-intra-bioclastic packstone-grainstone with worn bioclasts, fragments of echinoderms and pelagic crinoids, common small agerinas and hyaline foraminifera (generally with species similar to second unit), with addition of FAD of *Socotraina serpentina*, which was firstly described from the late Early Jurassic carbonates of Yemen and United Arab Emirates (BANNER et al., 1997). The upper boundary of this unit is placed at pronounced burrowed and bored surface (marine hardground) in Štikada section, which can be correlated with similar, but less intensely burrowed surface at Mali Alan. For Mali Alan depositional environment low to moderate water energy open platform interior with pelagic influence is proposed, while litho- and biofacies, and several brecciated fractured beds at Štikada point to deposition on the middle part of the carbonate ramp.

(5 & 6) At Mali Alan fourth unit is overlain by burrowed peloidal microbioclastic wackestone with worn bioclasts (typical “spotted limestones”), while in the Štikada quarry fourth unit is in sharp contact with a 1.4 m thick unit of thin clayey-marly beds alternating with partly recrystallized laminated argillaceous mudstones with very rare filaments, which pass upwards into typical “spotted limestones” with peloids, filaments, echinoderms, and small foraminifera. Clayey-marly beds and argillaceous mudstones sharply overlaying marine hardground imply deeper marine carbonate ramp environments for Štikada comparing to Mali Alan, with periods of sea-floor exposure and condensed sediment accumulation before estab-

lishment of conditions favourable for the life of suspension and mud-eaters.

Vertical upward change of litho- and biofacies points to general deepening of the depositional environment and possibly partial drowning of the studied part of the carbonate platform caused by synsedimentary tectonics, the relative sea-level rise during the early Toarcian and slowed carbonate production due to the biotic crisis. Interpretation of the middle carbonate ramp as depositional environment for Štikada section is also supported by common marine omission surfaces, which are typical for ramps (cf. HILLGÄRTNER, 1998; CHRIST et al., 2012). Thin interval of sedimentary record with discontinuity surfaces in the upper part of third unit recorded and correlated in both studied sections coincides with the position of the Pliensbachian–Toarcian boundary as proposed by SABATINO et al. (2013) and possibly indicates a hiatus around this boundary. The first record of foraminiferal species *Socotraina serpentina* and exact stratigraphic position of its first occurrence enabled correlation of the two studied sections. The results of this detailed litho- and biofacies study of carbonate deposits in the area of southern Lika and Velebit provided more detailed insight into the paleoenvironmental changes that occurred within the studied part of the carbonate platform during the Late Pliensbachian–Early Toarcian transition.

References:

- BANNER, F.T., WHITTAKER, J.E. & BOUDAGHER-FADEL, M.K. (1997): *Socotraina*, a new hauraniid genus from the Upper Lias of the Middle East (Foraminifera, Textulariina).— Rev Micropaléontol, 40, 115–123.
- CHRIST, N., IMMENHAUSER, A., AMOUR, F., MUTTI, M., TOMÁS, S., AGAR, S.M., ALLWAYS, R. & KABIRI, L. (2012): Characterization and interpretation of discontinuity surfaces in a Jurassic ramp setting (High Atlas, Morocco).— Sedimentology, 59, 249–290.
- FLÜGEL, E. (2004): Microfacies of carbonate rocks, analysis, interpretation and application.— Springer, Berlin Heidelberg, New York, 976 p.
- HILLGÄRTNER, H. (1998): Discontinuity surfaces on a shallow-marine carbonate platform (Berriasian, Valanginian, France and Switzerland).— J. Sediment. Res., 68, 1093–1108.
- MAILLIOT, S., MATTIOLI, E., BARTOLINI, A., BAUDIN, F., PIT-TET, B. & GUEX, J. (2009): Late Pliensbachian–Early Toarcian (Early Jurassic) environmental changes in an epicontinental basin of NW Europe (Causses area, central France): A micropaleontological and geochemical approach.— Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol., 273, 346–364.
- SABATINO, N., VLAHOVIĆ, I., JENKYNS, H., SCOPELLITI, G., NERI, R., VELIĆ, I. & PRTOLJAN, B. (2013): Carbon-isotope record and palaeoenvironmental changes during the early Toarcian Oceanic Anoxic Event in shallow-marine carbonates of the Adriatic Carbonate Platform in Croatia.— Geol Mag, 150, 1085–1102.
- VELIĆ, I. (2007): Stratigraphy and palaeobiogeography of Mesozoic benthic foraminifera of the Karst Dinarides (SE Europe).— Geol. Croat., 60, 1–113.

The mud mounds in Promina Beds, area of Lišane Ostrovičke (northern Dalmatia)

Muljni humci u Prominskim naslagama Lišana Ostrovičkih (sjeverna Dalmacija)

Ivana Maruščak¹, Vlasta Čosović², Goran Mikša³ & Ervin Mrnjek²

¹ Muzej Brodskog Posavlja, Starčevićeva 40, HR – 35 000 Slavonski Brod, Croatia (ivana.maruscak@gmail.com)

² Department of Geology, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102A, HR – 10 000 Zagreb, Croatia

³ Department of Geology and Geochemistry INA – Industrija naftne Plc, Lovinčićeva bb, HR – 10 002 Zagreb, Croatia

Key words: mud mounds, Promina beds, foreland basin, Eocene, “piggy-back” basin, blind thrust anticlines

Ključne riječi: muljni humci, Promina naslage, predgorski bazen, eocen, “piggy-back” bazen, slijepi reversni rasjed

The Promina Beds in northern Dalmatia are ~ 2000 m thick, syn-tectonic calciclastic succession of Eocene-Oligocene neritic to terrestrial deposits originated within evolving orogenic wedge-top (“piggy-back”) basin (MRINJEK et al., 2011). In the Middle Eocene the development of this basin is recognized by formation of a series of SW-vergent blind-thrust growth folds, which were uplifted higher enough to avoid drowning and where bauxites, occasionally, were accumulated. In the late Eocene, the tectonic deformation enhanced the growth of blind-thrust anticlines within wedge-top basin, dividing the basin into several semi-isolated high-relief marine sub-basins (synclinal troughs). The one of them is Ostrovica sub-basin, a SE-trending synclinal trough formed in outer part of the Promina Beds belt and which were filled with sediments from its two opposing synclinal limbs (VLAHOVIĆ et al., 2012).

The Ostrovica sub-basin is represented by Ostrovica unit, about 600 m thick succession attributed to the Middle to Late Eocene age, exposed over a vast area between the village of Lišane and Skradin town. The unit is underlain by Flysch deposits and it is uncomfortably overlain by Bribir Unit. The Ostrovica succession is characterized by monotonous alternation of 5 – 40 cm thick biocalcareous and marly biocalcareous that show great lateral distribution. This monotony is only interrupted in the area of Lišane Ostrovačke village, where convex-up lenses of limestones are interbedded with calciclastic beds and interpreted as bioclastic mud mounds.

The clastic sediments commonly underwent the highest degree of bioturbation and therefore appear as „structureless“ (massive). The hummocky and planar parallel-stratification can be seen only sporadically. Quartz and clay grains are present up to 25 vol. %, except in the upper part of succession where their presence is negligible. The fragments of bivalves, gastropods, corals, bryozoans, echinoids, plant fragments and fragments or whole tests of large and small benthic forami-

nifera are very common. Planktonic foraminifera are more abundant in the middle part of the formation and their proportion decreases upward.

The plentiful fossils content and structural characteristics (although rarely visible) suggest deposition in the offshore-transitional or/and offshore zones affected by discrete storm events, relatively high sediment supply and continuous basin subsidence, with probably frequent minor changes in relative sea-level during the highstand normal regressions. The general shallowing upwards trend of the succession is indicated by decreasing rate of planktonic foraminifera.

Bioclastic mud mounds are 0.5 – 3 m thick and up to 110 m wide, slightly convex-up structures (lenses), spherical to elliptical in plan view. They are composed of nodular and/or well bedded wackestone and floatstone with various bioclasts including solitary corals (*Placosmiliopsis*, *Cycloseris*, *Nicæotrochus*, etc.), rare oyster bivalves, scaphopods, rare gastropods, isolated echinoid plates and spines (*Eupatagus* and some regular echinoids), bryozoans, coralline algae and foraminifera (among which are *Asterigerina* sp., *Operculina* sp., *Nummulites perforatus*, *Orbitostreus* sp., *Haddonia* sp.). Coralline algae largely encrust the clasts and form small rhodoliths. The mounds are arranged in clusters which form characteristic hummocky-like morphology of the area Lišane Ostrovačke.

The mud mounds were local carbonate factories „installed“ in the photic zone (JAMES & BOURQUE, 1992) on the medial part and the flanks of low topographic ridges (incipient out-of sequence thrust and/or incipient back-thrust) located inside synclinal trough. Forced or normal regression on these structures enabled mud mounds formations while, on the other hand, transgression due the crustal load of orogen thrust-sheets possibly interrupted mud mounds growth.

References:

- JAMES, N.P. & BOURQUE, P-A. (1992): Reefs and mounds.– In: WALKER, R.G. & JAMES, N.P. (eds): Facies Models: Response to Sea Level Change. Geological Association of Canada, 323–345.
- MRINJEK, E., PENCINGER, V., NEMEC, W., VLAHOVIĆ, I. & MATIČEC, D. (2011): The effects of blind-thrust folding on foreland sedimentation: examples from the Eocene – Oligocene Dinaric foreland basin of Croatia.– Abstracts, 28th IAS Meeting, Zaragoza, Spain, 443.
- VLAHOVIĆ, I., MANDIĆ, O., MRINJEK, E., BERGANT, S., ČOSOVIĆ, V., DE LEEUW, A., ENOS, P., HRVATOVIC, H., MATIČEC, D., MIKŠA, G., NEMEC, W., PAVELIĆ, D., PENCINGER, V., VELIĆ, I. & VRANJKOVIĆ, A. (2012): Marine to continental depositional systems of Outer Dinarides foreland and intra-montane basins (Eocene-Miocene, Croatia and Bosnia and Herzegovina).– In: Journal of Alpine Geology, 54, 29th IAS Meeting of Sedimentology – Schladming, Austria 2012. Field trip guide, 405-470.

Mohovo – novo *in situ* nalazište vunastog mamuta (*Mammuthus primigenius* BLUMENBACH) u Hrvatskoj

Mohovo – new *in situ* woolly mammoth (*Mammuthus primigenius* BLUMENBACH) site in Croatia

Jadranka Mauch Lenardić¹ & Dražen Japundžić²

¹ Zavod za paleontologiju i geologiju kvartara Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti, Ante Kovačića 5, HR-10 000 Zagreb

² Hrvatski prirodoslovni muzej, Demetrova 1, HR-10 000 Zagreb

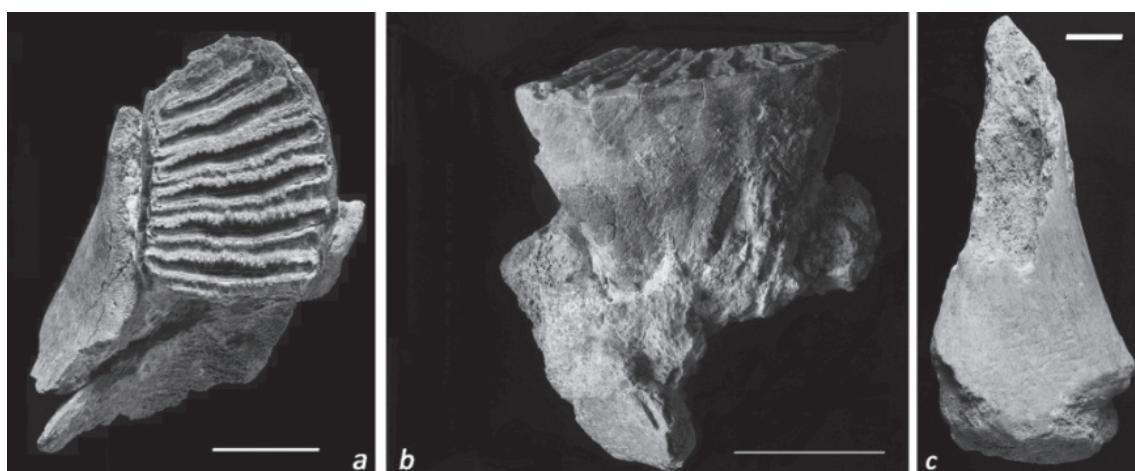
Ključne riječi: vunasti mamut, vunasti nosorog, *Mammuthus primigenius*, *Coelodonta antiquitatis*, les, Mohovo, istočna Slavonija, Hrvatska

Key words: woolly mammoth, woolly rhinoceros, *Mammuthus primigenius*, *Coelodonta antiquitatis*, loess, Mohovo, eastern Slavonia, Croatia

U istočnoj Slavoniji u mjestu Mohovo kod Iloka 2012. godine u voćnjaku obitelji Popović prilikom kopanja septicke jame pronađeno je nekoliko fragmentiranih kostiju vunastog mamuta (*Mammuthus primigenius* BLUMENBACH, 1799; Sl. 1 a, b, c) i jedna treća falanga (phalanx III) srednjeg prsta (digit III; vjerojatno prednje noge) nosoroga. Materijal je prepariran i konzerviran na Hrvatskom prirodoslovnom muzeju.

U profilu lesnih naslaga, na dubini od oko 130–150 cm, pronađeni su spomenuti fosilni ostaci. Radi budućih sedimentoloških analiza uzeti su uzorci sedimenata iz slojeva iznad, ispod i oko samih nalaza. Detaljnija istraživanja sedimenata također će utvrditi prisustvo/odsustvo fosilnih ostataka drugih životinja, naročito mikrosavaca te puževa. U tijeku su i radiometrijske analize (^{14}C) koje se provode u svrhu datiranja starosti uzorka kosti mamuta na Institutu Ruđer Bošković u Zagrebu.

Iz sedimentnog profila izvađeni su sljedeći skeletni elementi vunastog mamuta: jedan fragment prednjeg dijela mandibule bez zuba, jedan fragment lijeve mandibule s jednim zubom (prvi ili drugi stalni lijevi kutnjak: M_1 ili M_2 sin.; Sl. 1 a, b), zatim oštećeni distalni dio desne tibije (goljenična kost; Sl. 1 c) te osam vrlo sitnih ulomaka kljove i kostiju. Fragmenti kljove potvrđeni su na temelju karakteristične mrežaste strukture uočljive na površinskom dijelu (presjeku) nalaza. Sitnim fragmentima kostiju nije mogla biti određena anatomska pripadnost. Prema obliku i zakrivljenosti krune kutnjaka zaključeno je da se radi o donjem lijevom zubu, a prema mjerama nije moguće sa sigurnošću tvrditi da li se radi o prvom ili drugom stalnom kutnjaku. Zub je jako istrošen žvakanjem, a prema morfološkim karakteristikama to je tipični kutnjak vunastog mamuta (Sl. 1 a, b). Ako je fosilni ostatak prvi stalni kutnjak, starost životinje u trenutku



Slika 1. Fosilni nalazi vunastog mamuta (*Mammuthus primigenius*) iz Mohova: **a** – fragment lijeve polovice donje čeljusti sa zubom (M_1 ili M_2 sin.); žvačna površina; **b** – *idem*, lingvalna strana; **c** – distalni dio desne tibije (anteriorno). Mjerila: 5 cm. Foto: Mauch Lenardić (ZPGK-HAZU).

Figure 1. Woolly mammoth (*Mammuthus primigenius*) fossil remains from the Mohovo site: **a** – fragment of the left mandible with molar (M_1 or M_2 sin.); occlusal surface; **b** – *idem*, lingual view; **c** – distal part of right tibia (anterior view). Scale bars: 5 cm. Photo: Mauch Lenardić (IQPG-CASA).

uginuća bila je između 15 i 20 godina (HAYNES, 2002), odnosno radi se o subadultnoj jedinkи. No, ako je nalaz drugi stalni kutnjak, onda je životinja bila stara oko 37–40 godina, ili nešto manje.

Na distalnom fragmentu desne tibije epifiza je sraštena s dijafizom. Usapoređujući ovaj nalaz s cjelovitom distalnom zglobnom površinom desne tibije izvadene iz Drave kod Đurđevca, koja se čuva na Zavodu za paleontologiju i geologiju kvartara Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti (ZPGK-HAZU/bez inv. broja), gdje su fosilni ostaci bili determinirani, vidljivo je da je nalaz iz Mohova manji te da je zglobna ploha oštećena. Prema podatcima iz literature sraštanje distalnog zgloba kod afričkih slonova događa se kod ženki u starosti od približno 19 godina (18–20, prema: HAYNES, 2002), a kod mužjaka približno u starosti od oko 32 godine. Uz pretpostavku da su gore opisani Zub i goljenična kost pripadali istoj individui, može se zaključiti da je životinja u trenutku uginuća bila stara između 20 i 35–40 godina. S obzirom da je veličina distalne zglobne plohe tibije manja u usporedbi s cjelovitim nalazom iz Drave, najvjerojatnije su fosilni ostaci pripadali mamutu starom oko 20 godina, ili nešto starijoj ženki mamuta. Za točnije zaključke bilo bi potrebno pronaći zdjelične kosti, kod kojih je moguća određba spola životinje.

Treća falanga bila je pronađena zajedno s ostacima vunastog mamuta, i najvjerojatnije je pripadala vunastom nosorogu (*Coelodonta antiquitatis* / BLUMENBACH, 1807/; de-

terminacija: dr. D. Brajković, ZPGK-HAZU), životinja koja je istovremenik vunastog mamuta i zajedno s njim bila je jedan od članova tzv. pleistocenske megaafaune. Oni su predstavnici životinja koje su živjele na stepskim/travnatim prostorijama tijekom gornjeg pleistocena na području Euroazije.

Većina nalaza vunastih mamuta u Hrvatskoj potječe iz naplavina naših velikih rijeka: Save, Drave i Dunava (MAUCH LENARDIĆ, 2012). Do sada su tek na nekoliko mjeseta pronađeni njihovi *in situ* (autohton) ostatci. To su na primjer: Donji Meljani kod Slatine, Pčelić kod Suhopolja, Borovo Selo kod Vukovara, Zmajevac (sjeveroistočno od Belog Manastira). Nalazište Mohovo novo je nalazište autohtonih ostataka vunastih mamuta u Hrvatskoj.

Literatura:

- HAYNES, G. (2002): *Mammoths, Mastodonts & Elephants, Biology, Behavior, and the Fossil Record*. – Cambridge University Press, 413 str.
- MAUCH LENARDIĆ, J. (2012): Miocene to Late Pleistocene proboscideans of Croatia. – *Quaternary International*, 276–277, 120–128.

Istraživanja prikazana u ovom radu djelomično su financirana sredstvima Hrvatske zaklade za znanosti kroz projekt "Standardisation and applied investigation of Quaternary sediments in Croatia" (SAPIQ, voditeljice dr. sc. Lidije Galović /Hrvatski geološki institut/).

Newly discovered dinosaur tracksite on the Islet of Vrsar (Brijuni Archipelago)

Novootkriveno nalazište otiska stopala dinosaura na otočiću Vrsar (Brijunsko otočje)

Aleksandar Mezga, Jan Hinkelmann, Zlatan Bajraktarević & Blanka Cvetko Tešović

Department of Geology, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102a, Zagreb

Key words: Dinosaur tracks, Theropods, Lower Cretaceous, Brijuni Archipelago, Istria

Ključne riječi: otisci stopala dinosaura, teropodi, starija kreda, Brijunsko otočje, Istra

Brijuni Archipelago is one of the richest localities with dinosaur footprints on the former Adriatic-Dinaridic Carbonate Platform. Four sites with well-preserved dinosaur footprints have been found on the island of Veli Brijuni so far. These tracksites are located on Pogledalo, Ploče, Plješivac and Trstike promontories (VELIĆ & TIŠLJAR, 1987; DALLA VECCHIA et al., 2002; MEZGA & BAJRAKTAREVIĆ, 2004). The Pogledalo site is Late Barremian in age, while the Ploče, Plješivac and Trstike sites belong to the Late Albion period. The Late Barremian ichnocoenosis contains tracks of large theropods in intertidal sediment. Footprints of small to medium sized theropods, medium sized ornithopods and small ornithopods are present in the Late Albion ichnocoenosis.

A new locality with dinosaur footprints has been discovered recently. The site is situated on the islet of Vrsar, southwest of the Veli Brijun island. The islet is formed of subhorizontal limestone layers deposited in the shallow waters of the carbonate platform. According to previous research (POLŠAK et al., 1970) the age of the sediment is Aptian. The scarce microfossil assemblage found in the samples does not testify nor disprove it. The tracksite is situated on the west coast of the islet; the footprint bearing horizon is divided into the narrow northern and wider southern part (Fig. 1). The majority of the southern part of the tracksite is under seawater for most



Figure 1. Panoramic view of the southern part of Vrsar site.
Slika 1. Panoramski pogled na južni dio nalazišta na Vrsaru.



Figure 2. Tridactyl footprint of the theropod from the Vrsar site.

Slika 2. Tridaktični otisk stopala teropoda s nalazišta Vrsar.

of the time which strongly influences footprint preservation. It is exposed to research only during the lowest tide.

All of the footprints found on the tracksite display tridactyl morphology, with long and slender digit impressions typical of theropod dinosaurs (Fig. 2). There is albeit a couple of footprints with short and blunt digits what could indicate an ornithopod origin. The northern part of the tracksite covers an area of 5.8 x 2.4 meters. 19 footprints were discovered arranged in four trackways with the longest 3.38 m in length. The orientation of the trackways is random. Average footprint length is 17.5 cm and width 12 cm, which points to a theropod of app. 3 m in length. The measured stride lengths indicate speeds of 5.4 – 7.5 km/h. The southern part of the tracksite covers a wider area (20 x 8.5 m). There are over fifty tridactyl footprints arranged in numerous trackways. The footprints are of the same size and morphology as on the northern part of the tracksite but their preservation state is rather poor. Numerous trackways

are oriented in the same direction and closely spaced which could indicate gregarious behavior of these theropods. Strides and speeds are about the same as on the northern part of the tracksite.

References:

- DALLA VECCHIA, F.M., VLAHOVIĆ, I., POSOCO, L., TARLAO, A. & TENTOR, M. (2002): Late Barremian and Late Albian (early Cretaceous) dinosaur tracksites in the Main Brioni/Brijun Island (SW Istria, Croatia).– Natura Nascosta, 25, 1–36.
- MEZGA, A. & BAJRAKTAREVIĆ, Z. (2004): Cretaceous dinosaur and turtle tracks on the island of Veli Brijun, Istria, Croatia.– Geologica Carpathica, 55/5, 355–370.
- POLŠAK, A. (1970): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, Tumač za list Pula K33-112 [Basic Geological Map of SFRY 1 : 100.000, Geology of the Pula sheet – in Croatian].– Geološki zavod, Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd, 38 p.
- VELIĆ, I. & TIŠLJAR, J. (1987): Biostratigrafske i sedimentološke značajke donje krede otoka Veli Brijun i usporedba s odgovarajućim naslagama jugozapadne Istre [Biostratigraphic and sedimentologic characteristics of the Lower Cretaceous deposits in SW Istria].– Geološki vjesnik, 40, 149–168.

New dinosaur trackway in the Late Jurassic of Kirmenjak Quarry (Istria)

Nova staza kretanja dinosaura u mladoj juri kamenoloma Kirmenjak (Istra)

Aleksandar Mezga, Filip Šantak & Blanka Cvetko Tešović

Department of Geology, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb

Key words: Dinosaur tracks, Sauropods, Late Jurassic, Kirmenjak Quarry, Istria

Ključne riječi: otisci stopala dinosaura, sauropodi, mlađa jura, kamenolom Kirmenjak, Istra

The Kirmenjak quarry is already well known as a locality with the largest dinosaur footprint site in the area of the former Adriatic-Dinaric Carbonate platform (MEZGA et al., 2003; 2007). It is also the earliest evidence of the presence of dinosaur on it, since the age of the footprints is dated as Late Tithonian. The Kirmenjak ichnocoenosis consist exclusively of sauropod footprints.

A new footprint site was found inside the Kirmenjak quarry a few years ago during preliminary investigations of the southern part of the quarry. The new locality (Kirmenjak II) is situated on the verge of the southern part of the quarry, about one kilometer from the first site (Kirmenjak I). There isn't such footprint abundance as in the Kirmenjak I site, but the footprint sizes indicate a slightly larger animal.

The sediments at the Kirmenjak II site belong to the lithostratigraphic unit *Kirmenjak stylolitised micrite* (VELIĆ & TIŠLJAR, 1988). Several shallowing-upward cycles have been observed at the outcrop with thickness ranging between



Figure 2. Manus and pes prints of sauropod from Kirmenjak II site.
Slika 2. Par otisaka prednjeg i stražnjeg stopala sauropoda s nalazišta Kirmenjak II.



Figure 1. Sauropod trackway from the Kirmenjak II site.

Slika 1. Staza kretanja sauropodnog dinosaura na nalazištu Kirmenjak II.

0.5 and 1.5 m. Cycles start with mudstones and end with peloidal grainstones. Mudstones are massive and intensely stylolitised, and usually followed by fenestral mudstones. They contain numerous fenestrae of irregular shape formed by desiccation and dissolution and usually with geopetal infilling. The end members of the cycles are peloidal packstone-grainstones which are characterized by irregular fenestrae filled with sparite and common intervals with intraclasts. The depositional environment was intertidal to supratidal as indicated by modifications during subaerial exposure.

Twelve footprints of circular shape with no clear digit or claw impressions were found on the site. The footprint preservation is rather poor, similar to the Kirmenjak I site. Most footprints reveal clearly pronounced expulsion rim as well as 'ragged' bottom, a feature that is most likely due to bonding of unconsolidated mud to the animal foot. All of the footprints belong to sauropod dinosaurs. Pes prints are circular to elliptical in shape while manus prints are more elliptical and of smaller dimensions. There are two manus and ten pes prints. All of the footprints are preserved as imprints (epichnia or negative epirelief). The average length of the pes prints

is 60 cm and width 50 cm, which are higher values than those at the site Kirmenjak I. Calculated hip height is 300 cm in average, which would correspond to a sauropod of 15-20 meters in length. The arrangement and morphology of the footprints indicate that they belong to the same trackway which is directed towards the south-west. The trackway is of narrow-gauge type where the internal trackway width often has a negative value. The length of the strides indicates slow movement of the individual. Calculated movement speed varies in the range of 0.4–0.7 m/s.

References:

- MEZGA, A., BAJRAKTAREVIĆ, Z., CVETKO TEŠOVIĆ, B. & GUŠIĆ, I. (2003): Dinosaur tracks as an evidence for terrestriality in the Late Jurassic sediments of Istria, Croatia.— In: VLAHOVIĆ, I. (ed.): 22nd IAS Meeting of Sedimentology, Opatija 2003, Abstracts Book, 126.
- MEZGA, A., CVETKO TEŠOVIĆ, B. & BAJRAKTAREVIĆ, Z. (2007): First Record of the Dinosaurs in the Late Jurassic of the Adriatic-Dinaridic Carbonate Platform (Croatia).— *Palaios*, 22/2, 188–199.
- VELIĆ, I. & TIŠLJAR, J. (1988): Litostratigrafske jedinice u dogeru i malmu zapadne Istre (zapadna Hrvatska, Jugoslavija).— *Geološki vjesnik*, 41, 25–49.

Pleistocensko nalazište „jama Vrtare male“ kod Dramlja (Crikvenica), Hrvatska

The Pleistocene site “Vrtare Male pit” near Dramalj (Crikvenica), Croatia

Kazimir Miculinić¹, Dražen Japundžić² & Tea Rosić³

¹ Hrvatsko biospeleološko društvo, Demetrova 1, HR–10 000 Zagreb

² Hrvatski prirodoslovni muzej, Demetrova 1, HR–10 000 Zagreb, (drazen.japundzic@hpm.hr)

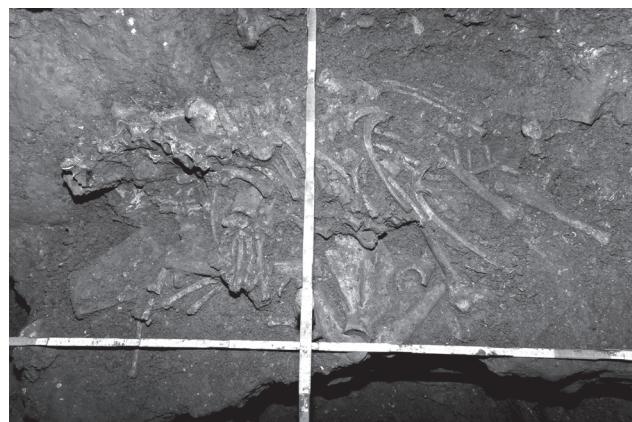
³ Muzej grada Crikvenice, Petra Preradovića 1, HR–51 260 Crikvenica

Ključne riječi: gornjokredni vapnenci, špiljski sediment, pleistocen, fosilna fauna, Dramalj, Hrvatska

Key-words: Upper Cretaceous limestones, cave sediments, Pleistocene, fossil fauna, Dramalj, Croatia

Nedaleko Crikvenice, južno od centra Dramlja i stotinjak metara sjeverno od morske obale, nalazi se jama Vrtare male. Dubina jame iznosi 40-tak metara od kojih je poslijednjih 10 metara potopljeno vodom stratificiranog saliniteta. Smještena je u neposrednoj blizini transgresivno-erozijske granice između krednih i paleogenskih nasalaga. Dosadašnja istraživanja ukazuju da se cijeli speleološki objekat nalazi u gornjokrednim naslagama turon-konijacke starosti koje čine bijeli do žućkasti, debelouslojeni vapnenci, pretežito tipa madstona s proslojcima rudistnih vapnenaca, te da blizina transgresivne granice nije utjecala na formiranje, položaj i speleogenezu jame. Istraženost morfologije jame, špiljskog sedimenta te površinskih kvartarnih sedimenata upućuje na pretpostavku da je jama u prošlosti imala znatno veći jamski ulaz te da je tijekom pleistocena funkcionalna kao prirodna zamka u koju je kroz tisuće godina „upadao“ velik broj životinja (Slika 1). Upravo toj činjenici možemo zahvaliti obilnu akumulaciju ostataka brojne i raznolike fosilne faune očuvane u špiljskom sedimentu jame.

Tijekom paleontoloških istraživanja, koja se provode od 2007. godine, iz sedimenata jame „Vrtare male“ ekstrahirano



Slika 2. Kosti špiljskog lava u pleistocenskom sedimentu jame Vrtare male.

Figure 2. Cave lion bones enclosed in the Pleistocene sediments of Vrtare Male pit.



Slika 1. Uzlaz u jamu Vrtare male.

Figure 1. Entrance in Vrtare Male pit.

je i obrađeno više stotina skeletnih elemenata koji se odnose na pleistocensku faunu. Prikupljena građa čuva se u Muzeju grada Crikvenice (Paleontološka zbirka „Vrtare male“). U obrađenom materijalu ustanovljene su brojne životinjske vrste, među kojima se ističu nalazi slona, nosoroga, te drugih biljojeda, kao i nalazi velikih zvijeri: lavova, medvjeda, hijena i vukova. Najbrojniji su i najbolje očuvani ostaci špiljskih lavova koji ukazuju na prisutnost bar 4 jedinke. Prikupljene su dvije dobro očuvane lubanje te veliki broj postkranijalnih kostiju fosilnih lavova. Jedna jedinka vrlo je dobro očuvana s kostima u anatomskom položaju, a nedostaje joj dio tijela iza prsnog koša (Sl. 2). Morfometrijske karakteristike lubanja i postkranijalnih elemenata pokazale su da dvije muške, odrasle jedinke predstavljaju jedne od najvećih špiljskih lavova ikada pronađenih. Na temelju dentalnih karakteristika lavova i medvjeda pretpostavlja se srednjopleistocenska starost nalaza. U tijeku su analize datiranja starosti uzoraka kostiju (Laser ablation U-series analysis) koje se provode na Australskom sveučilištu (Research School of Earth Sciences, Canberra) s ciljem dobivanja precizne stratigrafske rezolucije paleontološke građe prikupljene iz jame „Vrtare male“.

Značaj strukturne bušotine T-300 u Zagrebu

Significance of structural borehole T-300 in Zagreb

Željko Miklin¹, Tomislav Novosel¹, Renato Buljan¹ & Petra Kosorić²

¹ Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10 000 Zagreb

² Geotehnički studio d.o.o., Nikole Pavića 11, 10 000 Zagreb

Ključne riječi: Strukturalna bušotina, geološki model

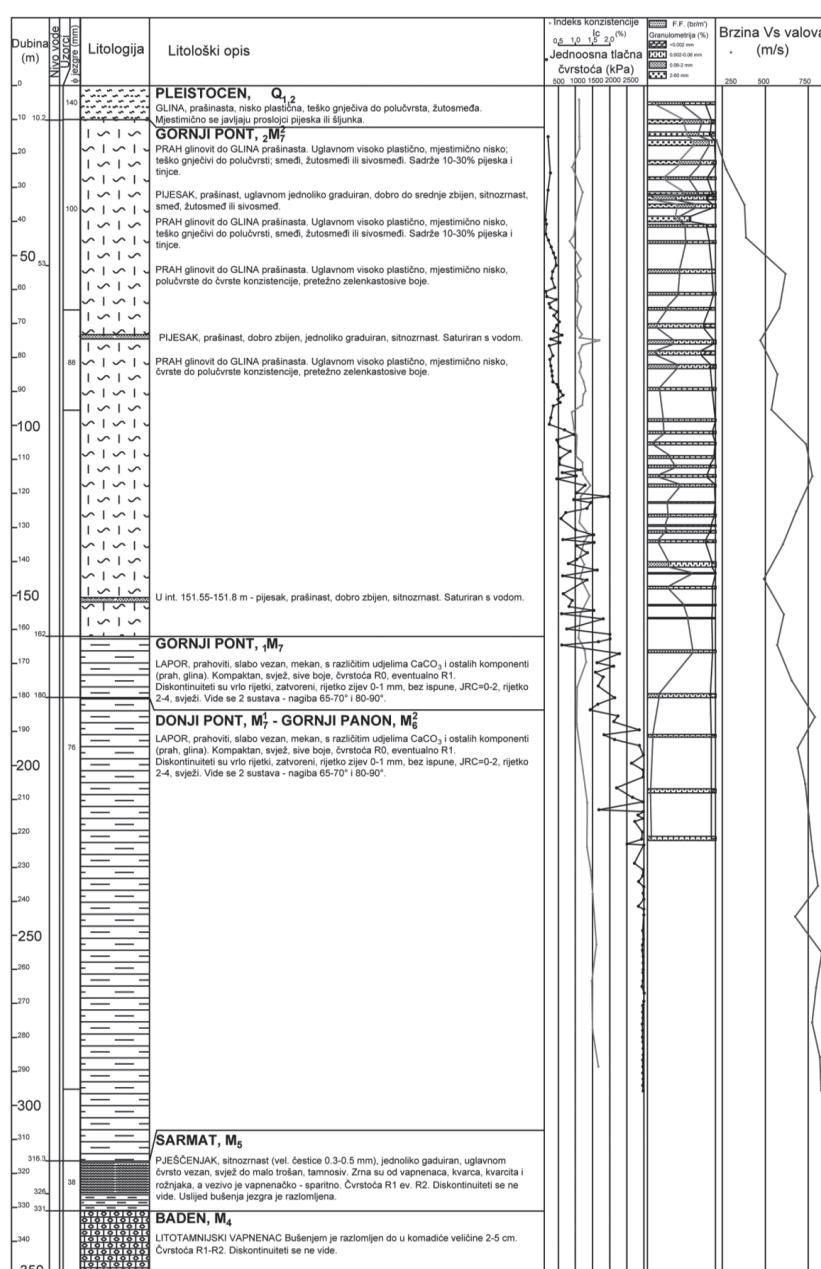
Key words: Structural borehole, geological model

Planiranje urbanističkog razvoja velikih gradova zahtjevan je posao. U tom smislu i Grad Zagreb kontinuirano izdvaja sredstva za prikupljanje novih i dopuna postojećih geoloških, geotehničkih i seizmičkih podloga. Kao poseban problem izdvojena je podsljemenska urbanizirana zona. Naučnjena je detaljna inženjerskogeološka karta (DIGK) i odgovarajući modeli prema kojima je područje kategorizirano, što omogućuje efikasnije upravljanje i planiranje.

Iako je građa terena na površini dobro poznata, do sada nije provedeno istraživanje dubokim buštinama koje bi jasno odredile slijed i debljinu naslaga po dubini. Potreba za ovakvim istraživanjima javlja se uslijed očekivane izgradnje na sve većim dubinama, kao i činjenice da se Zagreb nalazi u utjecajnoj zoni seizmičkog potencijala Medvednica magnitude 6.5 prema Richteru. Zbog toga se postaje značaj o geološkim i geotehničkim karakteristikama područja trebaju proširiti i dublje u podzemlje. Upravo duboke bušotine daju takve podatke.

Prva od dubokih bušotina izvedena je pod nazivom T – 300, a locirana je u prostoru rezervoara Trsje. Bušotina je locirana tako da počinje u najmlađim naslagama. Predviđena dubina bušenja bila je 300,00 m, ali je zbog većih debljina naslaga od očekivanih produbljena do 350-00 m.

Geološki/inženjerskogeološki radovi obuhvaćali su praćenje bušenja, terenska ispitivanja jezgre (džepni penetrometar, krilna sonda), petrografska-sedimentološku determinaciju jezgre te utvrđivanje stratigrafske pripadnosti probušenih naslaga. Probušene naslage odijeljene su na



Slika 1. Profil bušotine T-300.

Figure 1. T-300 borehole log.

šest litostatigrafskih članova. Naslage pleistocena (0,70 – 10,20 m) karakterizira izmjena gline, praha, pjeska i šljunka. Slijede naslage gornjeg ponta (10,20 – 180,00 m) predstavljene glinovito-pjeskovitim laporima i glinama koji u mlađem dijelu prelaze u slabo vezane do nevezane glinovite pjeske i prahove. U donjem dijelu (53,00 – 180,00 m) pretežno su se taložili pjeskoviti latori s proslojcima pjeska. Donjopontsko-gornjopontske naslage (180,00 – 316,00 m) čine latori, gline i tanki proslojci pjesaka. Naslage sarmata (316,00 m – 331,00 m) predstavljene su pješčenjacima. Bušotina je završena u naslagama badena (331,00 – 350,00 m) zastupljenim litotamnijskim fosilifernim bioklastičnim vapnencima.

Na uzorcima naslaga iz bušotine rađena su i ispitivanja u geomehaničkom laboratoriju i to: određivanje vlažnosti, određivanje gustoće sitnozrnog tla, određivanje granulometrijskog sastava, određivanje Atterbergovih granica, izravni posmik te jednoosna tlačna čvrstoća na uzorcima tla i stijena. Dobiveni rezultati korelirani su s rezultatima terenskih ispitivanja jezgre.

Također su radena i geofizička mjerena u bušotini i to downhole metodom. Mjerene su prosječne i intervalne brzine elastičnih valova u geološkim formacijama. Iz tih istraživanja dobivene su brzine V_p i V_s valova do dubine od 295,20 m.

Bušotina T - 300 dubine 350,00 m, obuhvatila je naslage od klastičnih pleistocenskih do karbonatnih naslaga badena. Probušenim članovima pridružene su opće, mehaničke i geofizičke karakteristike. Rezultati bušenja i ostalih ispitivanja omogućili su izradu modela centralnog dijela Medvednice. Dobiveni podaci bit će osnova za planiranje dalnjih istraživanja. Razultati laboratorijskih ispitivanja i geofizičkih mjerena moći će se koristiti pri planiranju izgradnje i projektiranju dubljih podzemnih građevina u ovom području, a i šire.

Literatura:

- MIKLIN, Ž. & NOVOSEL, T. (2013): Strateška (strukturna) bušotina T-300, nastavak bušenja strateške bušotine T-300 (produbljivanje), Hrvatski geološki institut, 27/13, Zagreb (neobjavljeno).

Sanacija tvrđave „Minčeta“ Rehabilitation of the fortress “Minčeta”

Željko Miklin¹, Stjepan Strelec², Kristijan Grabar³ & Tomislav Novosel¹

¹ Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10 000 Zagreb

² Geotehnički fakultet, Sveučilišta u Zagrebu, 42 000 Varaždin

³ SPP d.o.o. Trstenjakova 3, 42 000 Varaždin

Ključne riječi: inženjerskogeološko kartiranje, georadarsko profiliranje, geoelektrična tomografija, višekanalna analiza površinskih valova, „Downhole“

Key words: Engineering Geological Mapping, Ground Penetrating Radar, Electrical Resistivity Tomography, Multi-Channel Analysis of Surface Waves, “Downhole”

Kula Minčeta dovršena je 1464. godine i simbol je neosvojivosti Dubrovnika, izgrađena je na vapnencima gornje krede. Izdvojena je litostratigrafska jedinice kronostratigrafskog raspona, od cenomana do matrihta. Ove karbonatne naslage karakterizira izmjena, peloidno - skeletnih i rudistno – gas-tropodnih vapnenaca, tipa madston i pekston s sporadičnim ulošcima dolomita i breča. Dobro su do debelo uslojeni (0.5–1.0 m i > 1.0 m), a boja im je siva do svjetlosiva, do gotovo bijela. Sadrže bogatu mikrofossilnu zajednicu bentosnih foraminifera srednjega i mlađega cenomana. Vapnenci su gromadastoga habitusa, a u izmjeni ima i proslojaka intraformacijskih karbonatnih breča. Na istočnom dijelu kule „Minčeta“ je rasjed pružanja sjever – jug. Na sjecištima tog rasjeda i usjeka ulice „Iza Grada“ koji je iskopan nakon izgradnje tvrđave, vidljive su mikro bore, zaliheganje slojeva i pukotina, te rasjedna rastrošena zona. Dio rasjedne zone na zidu usjeka je zaštićen (plombiran), a i sam kontakt nije vidljiv. U tektonski poremećenim zonama duž tektonskih prslina i pukotina nastalih uslijed dijagenetskih procesa, stijene su pretežito potpuno litificirane, mjestimično se zbog jačeg okršavanja mogu očekivati i kaverne. Ove su naslage u rasjednom kontaktu s predhodnim, a rasjedni kontakt je dijagonalni na smjer ukopane ulice (Iza Grada).

Istražni radovi bazirali su se na inženjerskogeološkom kartiranju temelja tvrđave i zidina, a sva oštećenja su geodetski zabilježena i prikazana na karti mjerila M 1:250. Nevidljiva oštećenja u temeljima i u zidu i njihovo prostiranje otkrili smo geofizičkim metodama. Od metoda koristili smo georadarsko GPR profiliranje, od geoelektričnih istraživanja koristili smo se geoelektričnom tomografijom (ERT – electrical resistivity tomography), a od seizmičkih istraživanja koristili smo višekanalnu analizu površinskih valova (MASW), a specijalno za ovu priliku prilagodili smo “downhole” seizmičko mjerjenje na pokusu obloženog usjeka (STRELEC, 2013).

Inženjerskogeološko kartiranje

Osnovnu značajku stijenske mase dobili smo mjerjenjem parametara diskontinuiteta u stijeni. Mjerena stijenske mase

u kombinaciji sa geofizičkim mjeranjima dostatna su za kvalitetno projektiranje sanacije objekta. Mjerena su tri osnovna seta diskontinuiteta, a na nekim mjestima mogli smo mjeriti još jedan ili najviše dva seta kao ostale diskontinuitete. Na otvorenim izdancima izmjerene su tlačne čvrstoće Schmidtovim čekićem po preporuci internacionalnog društva za mehaniku stijena (ISMR, 1978), mjerjen je RQD indeks, razmak diskontinuiteta, zjev, hravavost i rastrošenost stijenki, ispunja diskontinuiteta i to su bili ulazni podaci za klasifikaciju stijenskih masa.

Georadarsko GPR profiliranje

Po samom vrhu sjevernog i sjeveroistočnog zida kule Minčeta u Wennerovom mjernom rasporedu postavile su se elektrode u ravnoj liniji profila, na način da je zabodeno svih 24 elektroda. Mjeri se jakost struje između strujnih elektroda pa se iz razlike potencijala između potencijalnih elektroda, pomoću konstante geometrijskih odnosa elektroda (za Wenner PRF – $K=2\pi CC/3$), određuje prividna otpornost. Interpretacijom se određuju debljine i specifični električni otpor pojedinih geoelektričnih sredina. Interpretirani rezultati prikazuju se kao grafički prikaz profila otpornosti sa dubinom.

Geoelektrična tomografija (ERT – electrical resistivity tomography)

Upotrebljena je geoelektrična tomografija u dvodimenzionalnom (2D) prostoru. Metoda daje dobre rezultate u krškim terenima, prema NOVOSELU et al. (1980), klasificirana je karbonatna stijena. I ovdje je primjenjen Wennerov raspored elektroda, nominalna dubina istraživanja jednaka je polovici maksimalne udaljenosti elektroda.

Seizmička istraživanja – Višekanalna analiza površinskih valova (MASW)

Korištena je višekanalna analiza površinskih valova MASW – Multi-Channel Analysis of Surface Waves. Seizmički valovi se u beskonačnom, homogenom i izotropnom mediju šire

kao P i S prostorni valovi. S približavanjem granici polubeskonačnog prostora ti se valovi transformiraju u površinske valove. Za generiranje seizmičkih valova na površini korišten je vertikalni izvor - pad utega (drop-weight), koji generiraju površinske Rayleighove (R) valove koji u najvećoj mjeri preuzimaju seizmičku energiju izvora. Složeni oblik Rayleighovih valova sastoji se od longitudinalnog i transverzalnog gibanja s međusobnim pomakom u fazi. Materijalna čestica prelazi eliptičku putanju kojoj je velika poluos vertikalna kada je val blizu površine. R valovi često se nazivaju i valjanje tla (ground roll).

„Downhole“ seizmičko mjerjenje na pokosu obloženog usjeka

Ovu metodu prilagodili smo tako da smo pokos zidina (zapravo obloženi usjek) tretirali kao bušotinu, a geofon smo pomicali od ruba pokosa do dna usjeka. Za mjerjenje down-hole geofon mora kliziti uz stjenku bušotine - pokosa. Kako bi prilagodili aparaturu za mjerjenje načinjene su „sanjke“ koje su klizile po kosini, dodatno su bile opterećene vrećama pijeska kako bi se postiglo što bolje prijanjanje uz stjenku pokosa. Prednost ove metode je u mogućnosti dobivanja intervalnih brzina u relativno tankim proslojcima u odnosu na refrakcijsku seizmiku. Druga prednost je što može bilježiti inverzni raspored seizmičkih brzina sa dubinom ($V_1 > V_2$). Programiranjem intervala ispitivanja mogu se direktno utvrditi tzv. „slijepе zone“ i posredno se može provjeriti rezultate refrakcijskih istraživanja.

Zaključak

Iskopom usjeka za potrebe izgradnje ulice Iza Grada, došlo je do preraspodjele prirodnih napona u stijenskoj masi koji su prouzročili pomake na geološki najslabijem elementu, prisutnom rasjedu u sklopu utvrđene sinklinale. Predisponirani stijenski diskontinuiti uz vremensko trošenje, radom vode rezultiralo je proširenjem pukotina. Ostvareni pomaci dovoljnih su iznosa da prouzroče oštećenja na građevini

tvrđave. Graditelji ulice uvidjeli su posljedice, te su problem rješavali izgradnjom razupora.

Na temelju prikupljenih podataka može se zaključiti da globalna stabilnost temelja kule Minčeta može biti upitna u slučaju djelovanja potresa. Potrebno je provjeriti stabilnost temeljene stijene za slučaj potresa, uz moguću pojavu klizne plohe koja se pruža od ruba ceste do unutrašnjeg hodnika u najdonjoj etaži tvrđave. Upitno je da li su ovi razupori dovoljni za preuzimanje sila od bočnog potiska stijenske mase ispod temelja tvrđave u slučaju potresa.

Preporučuje se injektiranje rasjedne zone kako bi se zaštitala građevina tvrđave od daljnje degradacije. Za sanaciju preporučuje se višeredno injektiranje u „cik-cak“ rasporedu. Položaj injekcijske zavjese trebao bi biti okomit na smjer rasjeda (uz sam zid kule) dubine barem 1 m ispod kote Ulice Iza Grada (+22,00). Injektiranje provesti vertikalno sa platoa +35,44 uz same zidove tvrđave, i to bušotinama u tri reda, te inklinacijama od 75° prema središtu objekta. Predložena sanacijska mjera odnosi se prvenstveno na sprječavanje daljnje degradacije stijenske mase zbog utjecaja atmosferilija. Problematika stabilnosti i sigurnosti stijenske mase pri djelovanju potresa nije predmet ovog rada.

Literatura:

- ISRM (1978): Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses. Commission on standardization of laboratory and field tests.– International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences and Geomechanics Abstracts, vol. 15, Pergamon Press Ltd., London, 319–368.
- NOVOSEL, T., TUŠAR, Z., MULABDIĆ M., GARASIĆ, M. & KORAŽOJA, S. (1980): Ocjena stabilnosti kosina u zasjecima (usjecima) građenih od karbonatnih stijena.– Saopćenja 5. simpozija Jugoslavenskog društva za mehaniku stijena i podzemne rade, Split, Knjiga 1, 185–192.
- STRELEC, S., MIKLIN, Ž., GRABAR, K., ŠPIRANEC, M. & PAŽUR, I. (2013): Izvješće o provedenim geotehničkim i geofizičkim istraživanjima temeljnog tla tvrđave „Minčeta“ u Dubrovniku. 8 priloga, 19 slika, 7 tablica.– SPP d.o.o. Trstenjakova 3. Varaždin, 29 str., (neobjavljen).

2400-year multi-proxy reconstruction of environmental change: the Blue Lake (Modro jezero, Imotski) sediment record

Rekonstrukcija promjena u okolišu tijekom posljednjih 2400 godina: Zapis sedimenata Modrog jezera kod Imotskog

Slobodan Miko¹, Nikolina Ilijanić¹, Anja Jarić², Tomislav Brenko², Ozren Hasan¹,
Martina Šparica Miko¹, Helena Čučuzović¹ & Andrej Stroj¹

¹ Croatian Geological Survey, Sachova 2, 10 000 Zagreb, Croatia

² Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Croatia

Key words: karst lake, sediment record, paleoenvironmental reconstruction, drought periods

Ključne riječi: krško jezero, sedimentni zapis, paleookolišna rekonstrukcija, sušni periodi

Blue Lake (Modro jezero) near Imotski has a long history of variations between drought and high water level periods. The recent drought period provided access to the lake bottom and possibility of drilling an 8 meter long core. Modro jezero is a karst lake formed as a collapse doline. The lake was formed, together with a neighboring Crveno jezero, at the edge of a late Miocene lake. Located in Dalmatia (southern Croatia), it is surrounded by the town Imotski. The wider area is inhabited since Neolithic. The lake bottom is located at 242 m a.s.l., and is 195 x 75 m wide. The highest recorded water

level was at 345 m a.s.l. Through the 20th century the lake has dried out 7 times. The drought period, which started in summer 2011, provided the access to the lake bottom, and therefore a possibility for a drilling campaign, performed in January 2012. A 8,2 meter long undisturbed sediment core was extracted from a Lake bottom. The core bottom was dated to be 2400 years old. After the field work, laboratory work was conducted. Following methods were performed: color analysis (L^* *, a^* *, b^*), magnetic susceptibility (MS), dating with AMS ^{14}C , microphisiography, grain size and nitrogen

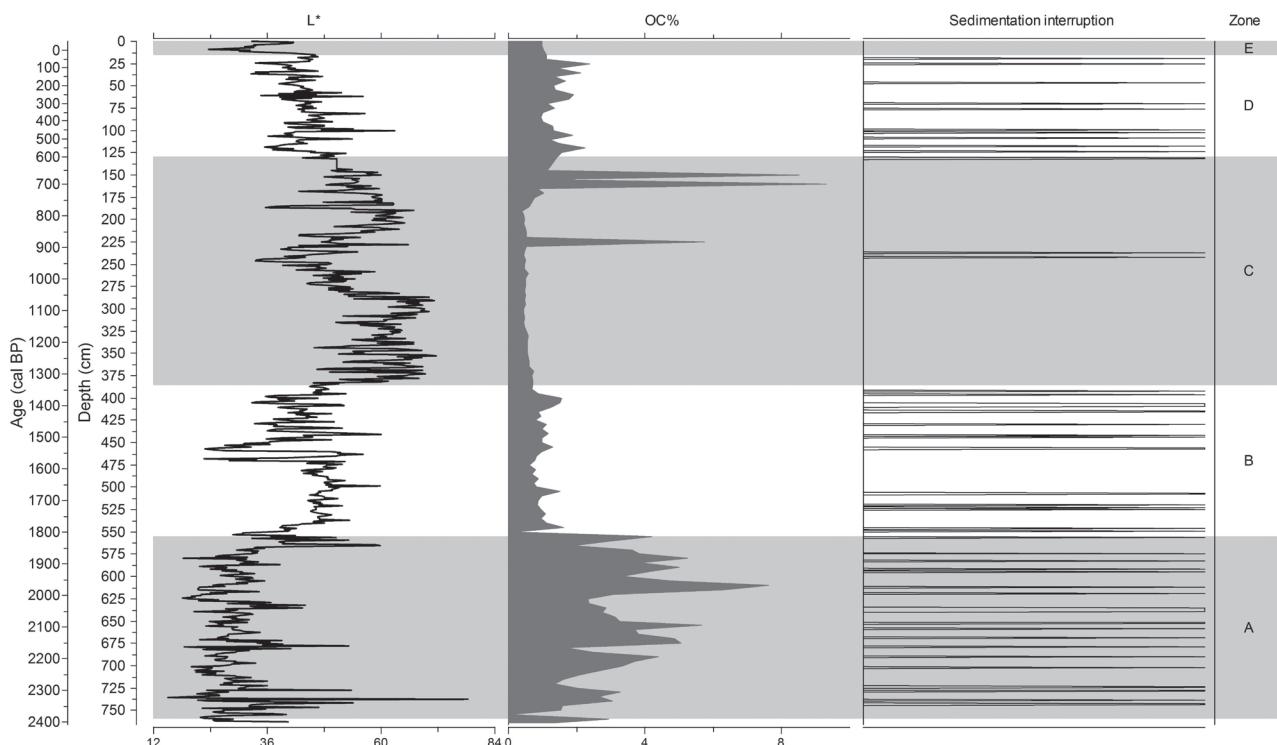


Figure 1. Distributions of L^* -parameter (color black-white), organic carbon (OC), sedimentation interruptions (droughts), and lithological zones in the Blue lake sediment core.

Slika 1. Distribucija parametra boje L^* (crno-bijelo), organskog ugljika (OC), prekida u sedimentaciji (suša) i litološke zone u jezgri sedimenata Modrog jezera.

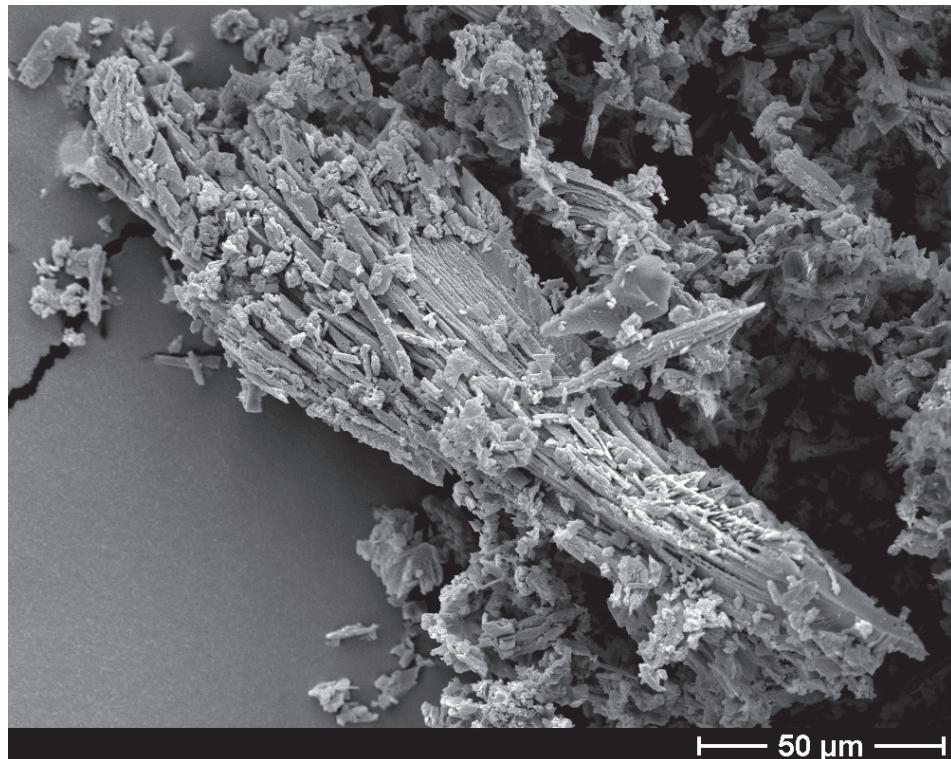


Figure 2. SEM micrograph of Vivianite crystals from the Blue lake sediments (depth 582-583 cm).

Slika 2. SEM snimka kristala vivijanita iz sedimenata Modrog jezera (dubina 582-583 cm).

and organic carbon analysis. All mentioned analyses were conducted in order to construct a detailed paleolimnological reconstruction. It was possible to connect the parameter L^* and organic carbon with the drought periods. By combining aforementioned parameters with discontinuances in sedimentation, it was possible to reconstruct environmental changes. The core covers the whole Subatlantic period (Fig. 1) it starts with a shallow-water sequence interrupted by several deep water phases and indicates evolution from a wetland prior to 1800 cal BP (lithological zone A). A deeper, carbonate producing lake forms from 1800 to 1300 cal BP (zone B) with frequent drought periods. A deep lake with no visible terminations of sedimentation lasts for the next 600 years (zone C). During the Little Ice Age and modern period (zones D and E) the frequency of drying out of the lake increased but their duration was much shorter without signifi-

cant organic carbon accumulation. This period is accompanied by elevated influx of terrigenous material into the carbonate producing lake. The appearance of the mineral vivianite (Fig. 2) in the wetland sediment sequence indicates a reducing environment. Several faults, which are in correlation to earthquakes in the time of sedimentation, were detected within the core indicating tectonic activity of the wide area of southern Dalmatia. The lake deposits, which cover the time-span from ca 2400 cal BP to the present, show that the hydrological balance dominated by groundwater flow. The Blue lake with its unique position within a karst aquifer and high sedimentation rate will allow the construction of a simplistic climate-hydrology model in which variations in groundwater generation within the lake are recorded in sediments at a three year resolution.

Submerged Landscapes along the Coast of Croatia: Marine and Lacustrine Sediment Records of Environmental Change (LoLADRIA project)

Potopljeni priobalni krajolici Hrvatske: zapis promjena u okolišu morskih i jezerskih sedimenata (projekt LoLADRIA)

Slobodan Miko¹, Nikolina Ilijanić¹, Ozren Hasan¹, George Papatheodorou², Koraljka Bakrač¹, Ivan Razum³, Valentina Hajek-Tadesse¹, Dimitris Christodoulou², Martina Šparica Miko¹, Helena Čućuzović¹, Saša Mesić¹, Dea Brunović¹ & Margarita Iatrou²

¹ Croatian Geological Survey, Sachova 2, 10 000 Zagreb, Croatia

² Laboratory of Marine Geology & Physical Oceanography, Department of Geology, University of Patras, 26 504 Rio, Patras, Greece

³ Croatian Natural History Museum, Demetrova 1, 10 000 Zagreb, Croatia

Key words: coastal karst, lake and marine sediment record, Holocene, paleoenvironment, sea-level changes, human impact

Ključne riječi: obalni krš, jezerski i marinski sedimentni zapis, holocen, paleookoliš, promjene morske razine, ljudski utjecaj

The LoLADRIA project represents a multidisciplinary effort to recover, for the first time, long paleoenvironmental and paleoclimate records from existing coastal karst lakes and submerged karstic lakes of the eastern Adriatic shelf in Croatia. At glacial low sea levels large areas of the continental shelf were exposed, making them available to early humans. The project will attempt to reconstruct the specific karst lake landscapes and their surroundings in view of environmental and climate change and human migration from the Last Glacial Maximum (LGM) through the Holocene. Lakes and submerged karst depressions (lagoons) along the coastal region of Croatia are repositories of sediments which accumulated at various rates continuously during late Pleistocene and the Holocene, offering a rich and detailed archive of an environmental history. While terrestrial sequences in the Croatian coastal karst regions are often incomplete due to erosion and nondeposition, lake and marine sediments offer complete and well-dated archives spanning throughout most of the Holocene. The LoLADRIA project is using cores (5-10 m long) collected from 17 sites (5 lacustrine and 12 marine) along eastern Adriatic coast. These sediments allowed multaproxy reconstructions of the Holocene millennial- and centennial-scale environmental changes. A landscape reconstruction based on high resolution geophysical methods allowed insight to the preserved changes in marine sediments and submerged lake landscapes, in Lošinjski kanal, Novigradsko more, Karinsko more and Pirovački zaljev. The thickness of paleo-lake sediments varies from up to 2 m in Karinsko more to more 10 m in Lošinjski kanal. Details of environmental change are extracted for the by integrating mineralogy, lithostratigraphy,

biostratigraphy (pollen, foraminifers, ostracodes), tephrostratigraphy and chemical stratigraphy with a well defined 14C AMS radiocarbon chronologies. The study sites and the chronological spanning of the Holocene sediment sequences, gathered during the past five years, are presented to stress major environmental changes recorded during the Holocene. Intensive terrigenous fluxes are recorded in some cores by mineralogy, grain size distribution and major and minor element geochemistry, as well as pollen assemblages up to the period of ca. 7000 cal BP, indicating links with the Mediterranean sapropel (S1) sediment layers formation. The late Holocene from ca. 4500 cal BP onwards is characterized by changes in sediment composition which seem to be in agreement with the beginning of the Neoglacial in the Central Mediterranean observed in lake and marine cores from Italy. Pollen data indicate possible human impact (e.g. deforestation, cultivation of *Cerealia*, *Olea*) not recorded by mineralogy and geochemistry. Erosion triggered by deforestation during the past millennia is documented in cores from the Zrmanja River catchment by major and minor element geochemistry. Both lake and marine cores provide unique evidence of global Pb pollution during the past two millennia. Various sedimentological, geochemical and biological markers in coastal lakes allow the reconstruction of sea level rise rate and timing, as well as flooding of coastal karst depressions where it was possible to date transitions from lake and marsh into marine environments. The dating of sediments from lakes and marine lagoons so far reviled the existence of tephra ranging from Neapolitan Yellow Tuff(NYT) to Agnano Monte Spino (AMS) and Avellino tephra.

Bilobed trails from the Late Jurassic limestones of Kirmenjak Quarry, Istria

Dvorežnjasti tragovi u gornjojurškim vapnencima kamenoloma Kirmenjak (Istra)?

Goran Mikša¹ & Aleksandar Mezga²

¹ INA - Industrija nafte Plc, E&P Research Laboratory Department, Lovinčićeva 4, 10 000 Zagreb

² Department of Geology, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb

Key words: Arthropod trace fossils, *Brontopodus* ichnofacies, Kirmenjak Unit, Late Jurassic, Istria

Ključne riječi: tragovi fosilnih člankonožaca, *Brontopodus* ichnofacies, Kirmenjak jedinica, mlađa jura, Istra

Upper Jurassic (Tithonian) deposits of Kirmenjak quarry in western Istria belong to the beginning of the second Istrian depositional megasequence (VELIĆ & TIŠLJAR, 1988). They are part of *Kirmenjak Unit*, a lower part of the informal Poreč Formation (VLAHOVIĆ, 1999) composed of massive and highly stylolitic mudstones, occasionally interbedded with peloidal packstones and grainstones.

Kirmenjak quarry is recently well known for its well-preserved traces of sauropod dinosaurs which also represent the largest and the oldest dinosaur tracksite in Croatia, belonging to the specific *Brontopodus* ichnofacies (MEZGA et al., 2007).

A new type of trace fossil has been discovered among the rich sauropod footprint assemblage (Fig. 1). Because of low consistency of substrate at the time of deposition (soupground to softground), fine details of trace fossil structures are preserved only exceptionally. At the first glance these marks may easily be explained as grooves formed by tails of dinosaurs pulled along the surface of the sediment, but some of them are found in different direction in relation to dinosaur trackways or at the bedding planes with no dinosaur traces present. A total of nine completely visible trails are found on the bedding plane with dinosaur footprints.



Figure 1. Bilobed trails from Kirmenjak Quarry.

Slika 1. Dvorežnjasti tragovi (staze) u kamenolomu Kirmenjak.



Figure 2. Detail from the best preserved trail from Kirmenjak Quarry.

Slika 2. Detalj s najbolje očuvane staze u kamenolomu Kirmenjak.

On the outcrop, these ichnostructures are clearly visible as deep, often more than eight meter long trails. Rarely, trails show the behavior similar to branching (Fig. 2) what can be explained as repeatedly probing or multiple use of the same channel by tracemaker. This feature refers to the ability of the trace-maker to burrow below the sediment surface and indicate the formation of traces originally as full relief. In some places where the sediment kept more solid consistency, bilobed Cruziana-type structure of tracks is clearly visible (Fig. 2). Trail direction is almost the straight or gently wavy lines, preserved as positive epirelief on the upper bedding planes of Kirmenjak mudstones (Fig. 1). Displacements of trails are visible on the places where the tracemaker emerge from sediment and enter again to slightly shifted route but continued in the same directions.

The tracemaker is assumed to be a relatively large arthropod of an undeterminable group, moving on the bottom

along the coastline in the approximately same direction as sauropods. Another less possible tracemakers includes burrowing echinoids or fishes.

References:

- MEZGA, A., CVETKO TEŠOVIĆ, B. & BAJRAKTAREVIĆ, Z. (2007): First Record of the dinosaurs in the Late Jurassic of the Adriatic-Dinaridic Carbonate Platform (Croatia).— *Palaios*, 22/2, 188–199.
- VELIĆ, I. & TIŠLJAR, J. (1988): Litostratigrafske jedinice u dogeru i malmu zapadne Istre (zapadna Hrvatska, Jugoslavija).— *Geološki vjesnik*, 41, 25–49.
- VLAHOVIĆ, I. (1999): Karbonatni facijesi plitkovodnih taložnih sus-tava od kimeridža do gornjeg alba u zapadnoj Istri.— Unpublished PhD dissertation, University of Zagreb, Zagreb, 327 p.

Pottery production in prehistoric cultures of Croatian and Austrian Danube regions

Lončarstvo u prapovijesnim kulturama na području hrvatskog i austrijskog Podunavlja

Marta Mileusnić¹, Karin Wriessnig², Andreja Kudelić³, Ina Miloglav⁴, Adriana Grzunov¹, Franz Ottner², Maria Mayrhofer², Goran Durn¹ & Sibila Borojević-Šoštarić¹

¹ Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Pierottijeva ulica 6, HR-10 000 Zagreb, Hrvatska

² Universität für Bodenkultur, Institut für angewandte Geologie, Peter Jordan-Strasse 70, A-1190 Beč, Austrija

³ Institut za arheologiju, Ulica Ljudevita Gaja 32, HR-10 000 Zagreb

⁴ Filozofski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Ulica Ivana Lučića 3, HR-10 000 Zagreb

Key words: ceramics, archaeometry, Danube region, provenance of raw material, technology

Ključne riječi: keramika, arheometrija, Podunavlje, podrijetlo materijala, tehnologija

The results of the ongoing bilateral interdisciplinary project "Pottery production in prehistoric cultures, especially Hallstatt culture, of Croatian and Austrian Danube regions" will be presented. The subject of this biannual research project is ceramic material from different prehistoric cultures that existed in the south-east Alpine region and part of the Croatian Danube region. Ceramics, as other handmade artefacts, reveal a social context of man in the past – his behaviour and activities as well as the social, economic and political arrangement. The main goals of the project are: (1) to determine the availability, as well as mineral and chemical characteristics, of raw materials; and (2) to reconstruct technological processes (selection raw material, preparation of clay paste, modelling techniques; firing methods, styles of decoration) of pottery production. Some of the major centres, in terms of prehistoric settlements and cultures, were situated along the Danube and its tributaries. Danube was one of the most important trade links on the European continent. The purpose of the project is to determine to what extent Danube can be seen as a unique area in prehistoric times, by examining: (1) whether the exchange of material goods included the exchange of technology (at the level of cultural horizon or at the level of smaller communities), or it is always related to the production centre, and (2) to which extent technological processes were conditioned by landscape (availability of raw materials), economic or social factors (matter of choice).

In the frame of the project, analysed material includes artefacts from Early Neolithic to the Roman period, as well as possible raw materials, from five archaeological sites of the Austrian and Croatian Danube region. The most famous site is Hallstatt, represented by late Bronze and early Iron Age culture. It is the type site of the Hallstatt culture, the predominant Central European culture from the 8th to 6th centuries

BC (European Early Iron Age), developing out of the Urnfield culture of the 12th century BC (Late Bronze Age) and followed in much of Central Europe by the La Tène culture. Two other important sites are tell Damića gradina in Stari Mikanovci and tell Tržnica in the centre of Vinkovci. A tell is a hill created by many generations of people living and rebuilding on the same spot. Over time, the level rises, forming a mound. This multi-layered tell sites represent a very good examples of continuity of settling from the Early Neolithic period. Tell Damića gradina was inhabited continuously during 6000 years and Vinkovci, as they are settled even today, represents one of the oldest continuously inhabited places in Europe with about 8500 years of continuous settlement. The last two sites, situated in northwestern Croatia (Kurilovec-Belinšćica in Turopolje and Selnica Podvratnec, Podgorica and Močvar in Podravina), belong to the broader cultural horizon of the Urnfield culture.

In order to achieve the appointed objectives, interdisciplinary approach and the cooperation of scientists from two completely different areas, natural sciences (geology) and the humanities (archaeology) is necessary. Archaeological part of the team has been responsible for collecting ceramic material, describing the context, making experimental ceramics and resolving archaeological problems, based on the results of the geological team. Part of the team whose specialty is geology has been responsible for reconnaissance of the availability of raw materials in the vicinity of investigated sites, as well as interpretation of chemical and mineralogical data order to determine the provenance of raw material and the technology. Archaeometric analysis of pottery fragments was essential step in the reconstruction of the technological process and their results indicate provenance of raw materials, a recipe for the clay mixture and the firing regime.

Preliminary investigations of changes in pottery technology through prehistory on the tell site Damića gradina (Slavonia, Croatia)

Preliminarna istraživanja promjena u lončarskoj tehnologiji kroz prapovijest na lokalitetu tel Damića gradina (Slavonija, Hrvatska)

Ina Miloglav¹, Marta Mileusnić², Adriana Grzunov², Karin Wriessnig³,
Maria Mayrhofer³ & Franz Ottner³

¹ Filozofski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Ulica Ivana Lučića 3, HR-10 000 Zagreb

² Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Pierottijeva ulica 6, HR-10 000 Zagreb, Hrvatska

³ Universität für Bodenkultur, Institut für angewandte Geologie, Peter Jordan-Strasse 70, A-1190 Beč, Austrija

Key words: archaeometry, ceramics, pottery, technology

Ključne riječi: arheometrija, keramika, lončarstvo, tehnologija

Analysis of ceramics artefacts may disclose a social, economic and political context of the specific area and period being studied. The subject of this study is ceramic material, found in Stari Mikanovci, which belonged to different prehistoric cultures that lived and rebuilt on the same spot forming a mound (tell Damića gradina). This multi-layered tell site represents a very good example of settling continuity from the Neolithic to the beginning of the Roman period. It was occupied during Sopot, Baden, Vučedol, Vinkovci and Bosut culture, and ends with fortified settlement in the last phase of the middle La Tène period (second half of the first century). The main goal of the study is reconstruction of technological processes of pottery production in different cultures

that lived in the same place during approx. 6000 years and used the same raw material. Technology of pottery production considers: (1) preparation of clay paste (mixing of clay with different temper material); (2) modelling techniques; (3) firing methods; and (4) styles of decoration. The purpose of investigation is to define to which extent technological processes were conditioned by economic, social or traditional factor, i.e. to which extent they were matter of choice. Different archaeometric analyses (mineralogical, petrographic and chemical) of pottery fragments were essential step in the reconstruction of the technological process and their results indicate recipes for the clay mixture and the firing regime.

The effectiveness of 5D interpolation processing on irregular seismic surveys

Efikasnost 5D interpolacije na seizmičkim projektima nepravilne geometrije

Snežana Milošević¹, Violeta Nižić Jorović¹ & Eduard Koshkarov²

¹ NTC NIS-Naftagas d.o.o. Novi Sad Serbia

² JSC Gazpromneft NTC Saint-Petersburg Russia

Key words: 5D, interpolation, seismic data, processing, oil, gas

Ključne riječi: 5D, interpolacija, obrada seizmičkih podataka, nafta, plin

Introduction

In seismic data processing, one goal is to recover missing traces when the data is sparsely and incompletely sampled. Interpolation and data regularization play an important role in optimizing land seismic datasets for imaging. Without them, the irregular sampling and gaps commonly found in land data geometry generate migration artifacts that make the resulting images noisy. 5D interpolation of seismic data is becoming an important tool in seismic processing since seismic data are seldom acquired with a sampling that is optimal for processing. Sirakovo Survey is suffered from many irregularities in geometry. In this case 5D interpolation with additional step, Anti-Leakage Fourier transfer, helped us to improve the resolution of seismic images.

Seismic survey Sirakovo

Sirakovo Survey is located in the Drmljanska depression, Serbia. The area is of irregular shape because of old and active opencast mines Kostolac, Cirikovac and Drmno. Tailings and coal ashes are also presented in the area. In the figure 1 is presented the investigated area Sirakovo.

Method of 5D interpolation

We mapped the input data to the 5D Fourier domain using irregular Discrete Fourier Transform. This process required an additional step, Anti-Leakage Fourier Transfer to estimate Fourier coefficients (XU et al. 2010). Obtaining the Fourier coefficients of irregularly sampled data is not straightforward.

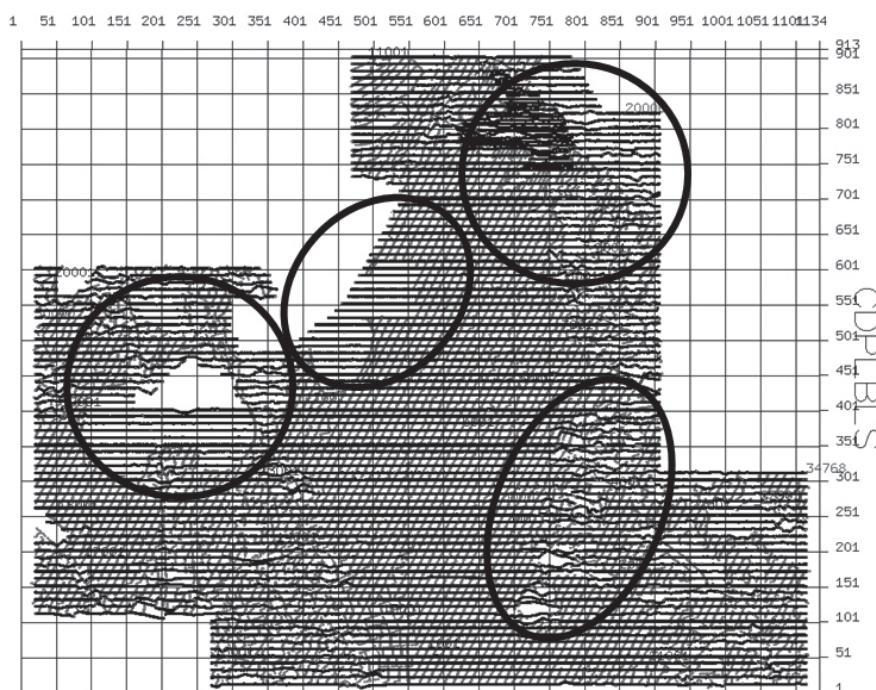
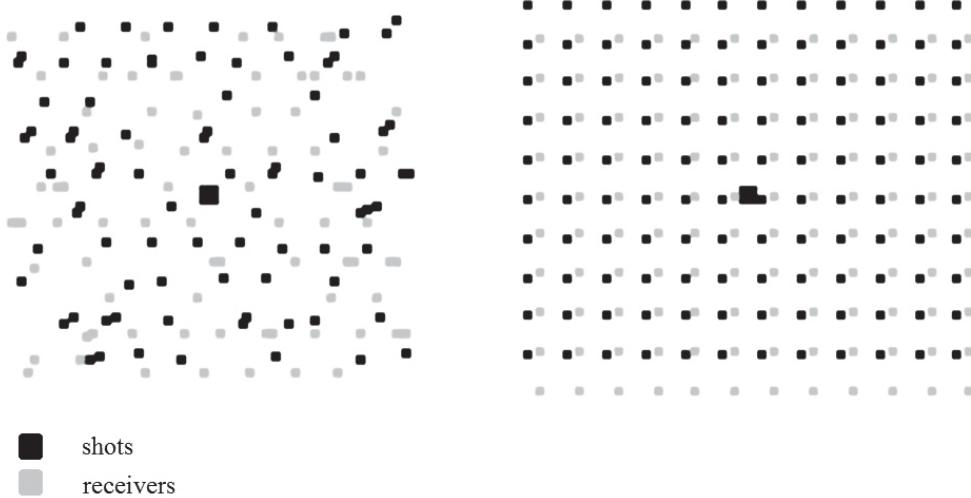


Figure 1. The investigated area Sirakovo.

Slika 1. Istraženo područje Sirakovo.

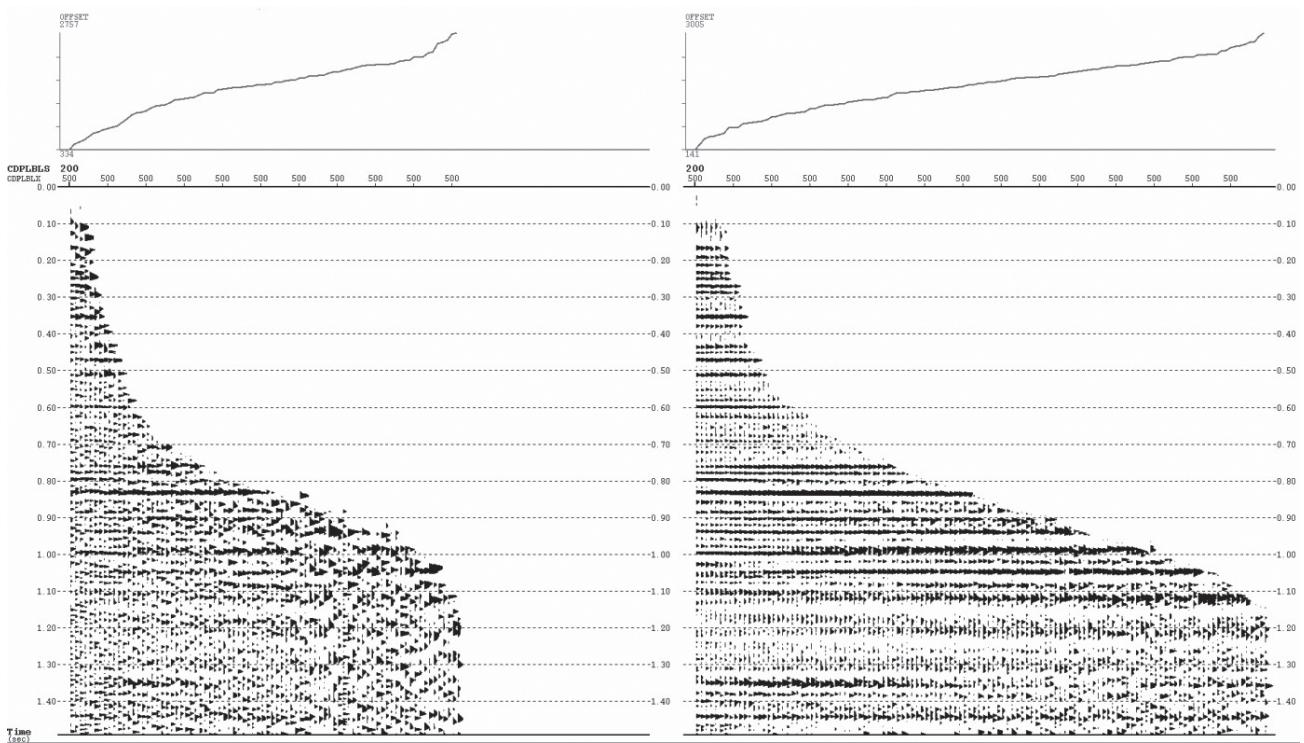
**Figure 2.** Positions of shots and receivers before and after 5D interpolation for one CDP.**Slika 2.** Položaji točaka vibriranja i prijemnika prije i poslije 5D interpolacije za jedan CDP.

There is a leakage from larger amplitude Fourier coefficients to the weaker ones which needs to be addressed. Also, the input must have the representative offsets in inline and cross-line direction in order to obtain meaningful coefficients. Input super gathers must be large enough to include the desired offsets for reconstruction but not too large to cause too much mixing of the distant data points. We created super gathers from grid 5x5 in inline and crossline direction. On the base

of established coefficients it was possible to reconstruct output. In the figure 2 is presented positions of shots and receivers before and after 5D interpolation for one CDP.

In the figure 3 is presented CDP gather before and after the 5D interpolation.

It is obviously that positions of shots and receivers are regular as well as offsets after 5D interpolation. The resolution of seismic images is improved.

**Figure 3.** CDP gather before and after the 5D interpolation.**Slika 3.** CDP skup trasa prije i poslije 5D interpolacije.

Conclusions

In this paper, we have discussed an efficient five dimensional interpolator based on Fourier reconstruction. By interpolating in the full seismic data space, amplitudes can realistically be predicted even in the presence of large acquisition gaps. The 5D interpolation methods provide an opportunity the resolution of seismic images. Multidimensional reconstruction methods have become an integral component of seismic

data processing workflows. In addition, under extraordinary conditions, reconstruction could serve to decrease acquisition costs.

References:

- XU, S. at al. (2010): Anti-leakage Fourier transform for seismic data regularization in higher dimensions.– Geophysics, vol. 75, no. 6, pp. WB113-WB120.

Metasedimentne stijene s jugoistočnih padina Medvednice (Zagorje-Mid-Transdanubija zona, Hrvatska), zaključci iz istraživanja kloritoidnih škriljavaca

Metasedimentary rocks from southeastern slopes of Mt. Medvednica, (Zagorje-Mid-Transdanubian zone, Croatia), conclusions from investigation of chloritoid schists

Ivan Mišur¹, Mirko Belak¹, Dražen Balen² & Urs Klötzli³

¹ Croatian Geological Survey, Milana Sachsa 2, HR-10 000 Zagreb, Croatia (imisur@hgi-cgs.hr)

² University of Zagreb, Faculty of Science, Department of Geology, Horvatovac 95, HR-10 000 Zagreb, Croatia

³ University of Vienna, Department of Geological Sciences, Althanstrasse 14, 1090 Vienna, Austria

Ključne riječi: kloritoidni škriljavac, cirkon, Medvednica, metapeliti

Key words: chloritoid schist, zircon, Mt. Medvednica, metapelites

The investigation of chloritoid schist is a part of the ongoing research of metasedimentary rocks from Mt. Medvednica. Mt. Medvednica is a part of the Zagorje-Mid-Transdanubian zone, which has transitional features of main Alpine and Dinaric tectonostratigraphic units. Zagorje-Mid-Transdanubian zone is marked by the Balaton fault on the north and on the southeast by the Zagreb-Zemplin fault zone, which is also considered to be the northwest border of the Dinarides. The Zagorje-Mid-Transdanubian zone also separates the Alcapa and Tisia, two major basement blocks of the Pannonian Basin (TOMLJENOVIC, 2000).

Samples were collected from Stari potok creek (SE slopes of Mt. Medvednica) and a geological column was drawn. Samples are categorized as chloritoid-chlorite-quartz-muscovite schist, chlorite-muscovite-quartz schist, chlorite-muscovite-quartz-chloritoid schist and intercalations of marble. Accessory minerals in chloritoid schist are tourmaline, zircon, apatite, monazite, xenotime and rutile. The chloritoid schist found in the upper part of the column was analyzed in more detail.

X-ray diffraction (XRD), X-ray fluorescence (XRF), laser ablation multicollector inductively coupled plasma mass spectrometry (LA-MC-ICP-MS), scanning electron microscopy (SEM), electron microprobe and microstructural investigations were used to determine the chemical composition, microstructural features and morphology of zircons of chloritoid schist. PERPLE_X software package was used for the pressure-temperature calculations (CONNOLLY, 2005).

Two deformational events (syn- and post-metamorphic) were recognized. The primary foliation is a result of the syn-metamorphic event and the second deformational event is recognized in the form of flaser structure, where the mineral grains in cleavages are translated, fractured and rotated.

Chlorite-chloritoid thermometry (VIDAL et al., 1999) and intersection of phengite, chlorite and chloritoid isopleths

in the MnNCKFMASHTO pseudosection suggests relict high-pressure metamorphism at approx. 13-14 kbar and 410-440°C and equilibration of chlorite and white mica inside greenschist facies P-T conditions at approx. 8 kbar and 350-400°C. Thermometry of chlorite and chloritoid gave unexpectedly high temperatures over 500°C which are subject of further research.

The chemical analyses of chloritoid schist show high concentrations of SiO₂ (74.79% wt), K₂O (2.5 % wt), Al₂O₃ (13.22 % wt), and low values of MgO (0.99 % wt) and CaO (0.08 % wt). The REE distribution normalized to chondrite shows higher LREE to HREE concentrations (La/Yb)_N=5.68, (La/Sm)_N=3.05, (Gd/Yb)_N=1.21), while the Eu anomaly has a low value (Eu/Eu*=0.7). These results indicate that acid rocks could be a possible protolith.

Whole rock composition of La–Th–Sc and Th–Sc–Zr/10 suggests that possible depositional environment could be continental arc (BHATIA & CROOK, 1986).

Zircon typology suggests that there could be at least two sources of zircon grains. One source is possibly magmatic with rounded detrital zircons and another source could be of volcanic origin with typically idiomorphic zircon grains (UPPIN, 1980).

Argillaceous sandstones, probably derived from acid magmatic rocks, are very likely the source rocks of the chloritoid schist. Such material, with possible contribution of volcanic material, intercalated with carbonates was probably deposited in the continental arc environment. Carbonate intercalations could indicate deposition in a marine environment.

References:

- BHATIA, M.R. & CROOK, K.A.W. (1986): Trace element characteristics of greywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins.– Contrib. Mineral. Petrol., 92, 181–193.

- CONNOLLY, J.A.D. (2005): Computation of phase equilibria by linear programming: A tool for geodynamic modeling and its application to subduction zone decarbonation.– *Earth and Planet. Sci. Letters*, 236, 524–541.
- PUPIN, J.P. (1980): Zircon and Granite Petrology.– *Contrib. Mineral. Petrol.*, 73, 207–220.
- TOMLJENOVIC, B. (2000): Zagorje Mid-Transdanubian Zone.– *Vijesti Hrvatskog geološkog društva*, 37/2, 27–29, Zagreb.
- VIDAL, O., GOFFE, B., BOUSQUET, R. & PARRA, T., (1999): Calibration and testing of an empirical chloritoid-chlorite Mg-Fe exchange thermometer and thermodynamic data for daphnite.– *J. of Metamorph. Geol.*, 17, 25–39.

Late Eocene to Late Miocene tectono-magmatic events within the Internal Dinarides revealed by the study of brittle tectonics and magmatism in the Kopaonik Mts. (Southern Serbia)

Gornjoeocenski do gornjomiocenski tektono-magmatski događaji u Internim Dinaridima na osnovu studije veze tektonike i magmatizma na Kopaoniku (južna Srbija)

Ana Mladenović, Branislav Trivić & Vladica Cvetković

Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, Beograd, Srbija

Key words: Kopaonik Mts., Internal Dinarides, Southern Serbia, Paleostress, Cenozoic magmatism

Ključne riječi: Kopaonik, Interni Dinaridi, južna Srbija, paleostres, kenozojski magmatizam

Introduction

The Dinarides represent the deformed margin of the Adria, and are structurally in the lower plate position in respect to the Carpatho-Balkanides, which in the studied area correspond to the Europe derived Dacia Mega-Unit (SCHMID et al., 2008). The Dinarides and the Carpatho-Balkanides together form a double-vergent orogen system, which is formed as the result of the Mesozoic subduction of the Neotethys Ocean, and subsequent collisional and post-collisional phases. These younger phases were responsible for the thrusting of the Dinaric orogenic wedge, post-collisional magmatism and formation of metamorphic core-complexes and sedimentary basins (CVETKOVIĆ et al., 2004; SCHMID et al., 2008; SCHEFER et al., 2011).

The main aim of this study is to constrain tectonic factors which controlled magmatism in the wider area of the Kopaonik Mts., situated in the central part of the aforementioned double-vergent orogen. This was done by the study of fault kinematics and linking of these data with data about known magmatic episodes, including all relevant petrogenetic information, from the absolute and relative age to geo-dynamically significant petrochemical signatures of the occurring igneous rocks. Based on this link, we propose two tectono-magmatic events which were active in this area from latest Eocene to Late Miocene.

An overview of the present igneous rocks

In the wider area of the Kopaonik Mts., three igneous complexes were distinguished. The largest of them is Kopaonik volcano-plutonic province, which alone covers an area of about 600 km². Southern and southwestern of this province, two relatively smaller volcanic complexes are situated: the volcano-plutonic complex of Golija and volcanic complex of Rogozna.

The Kopaonik volcano-plutonic province is generally composed of two larger intrusives – Željin and Southern Kopa-

onik and four smaller intrusions, which are surrounded by large sheets of acid to intermediate volcanic and volcanoclastic rocks. This province also includes Polumir granitoid, situated ~15 km westward from the Željin intrusive and four so far known occurrences of basalts in the southernmost part of the province. The U/Pb zircon crystallization ages indicate that Željin and Southern Kopaonik masses consolidated between 31.77 and 30.70 Ma, while the Polumir granitoid is considerably younger, and ranges in age from 18.06 – 17.74 Ma (SCHEFER et al., 2011). This age difference is accompanied by contrasting rock compositions – the Oligocene intrusives are represented by I-type biotite- to hornblende-biotite metaluminous granitoids, while the Polumir mass is peraluminous S-type two-mica granite. The fission-track modelling (SCHEFER et al., 2011) indicate that after the initial emplacement, the I-type Oligocene granitoids were fast cooled to temperatures slightly above the 300 °C, before they were exhumed due to the formation of the Kopaonik core-complex, and roughly simultaneously with the emplacement of the Polumir granite. Four occurrences of basaltic rocks represent the youngest volcanic activity in the wider Kopaonik area (K/Ar ages of 12.9 – 10.1 Ma; CVETKOVIĆ et al., 2004). They are regarded as having derived from medium to strongly evolved high-K calc-alkaline magmas.

However, although the age difference between the Željin (~31.5 Ma) and the Southern Kopaonik (30.94 – 30.70 Ma) masses are very small, there are important petrological differences which indicate that these rocks might have formed during distinct magmatic episodes. These age and compositional differences can be traced in the accompanying volcanic rocks. The dacite/andesites correspond to the Željin granodiorite – tonalite intrusion, while the quartz-latites can be regarded as counter parts of the Southern Kopaonik quartz monzodiorite intrusion.

The Golija complex consists of small and scattered shallow intrusive bodies that in composition correspond to quartzmonzonite to granodiorite, which are surrounded by concentrical-

ly distributed quartz-latite lava flows and dome like extrusions. Both intrusive and volcanic rocks are high-K calc-alcaline and metaluminous in character. Although the reported U/Pb zircon ages (SCHEFER et al., 2011) range from 20.58 – 20.17, rocks belonging to this complex are regarded as have been formed during the same episode as the Southern Kopaonik mass.

The volcanic succession of the Rogozna complex mimics that of the Kopaonik province – it formed in two different phases. The first probably occurred before 30 Ma, when dacitic to andesitic rocks originated, while the younger one lasted from 29 – 24 Ma (BOROJEVIĆ-ŠOŠTARIĆ et al., 2012), and it produced huge piles of quartz-latite to rhyodacite lava flow and dome facies and widespread sheets of pyroclastic rocks.

Results and discussion

Based on the statistical analysis of the measured fault sets and on the calculation of the reduced stress tensors, five tensor groups belonging to four brittle deformational phases are distinguished in the Kopaonik area. The oldest brittle tectonic phase is characterized by E-W compression acted in transpressional tectonic regime, and is Late Eocene in age. The Late Eocene to Late Oligocene brittle tectonic phase is represented by NNW-SSE compression, while the Late Oligocene to Early Miocene one is dominated by E-W extension. Brittle tectonic phase 4a is represented by NW-SE (orogen-parallel) extension, while the phase 4b is characterized by strike-slip regime, where compression is oriented NE-SW.

Based on the correlation of data about brittle tectonic phases and igneous processes, we recognize two more or less continuous tectono-magmatic events. By tectono-magmatic event, we mean a group of successive and distinct tectonic phases that together impose important control on specific magmatic processes. The older comprises three brittle tectonic phases D1–D3, which are, according to this interpretation, genetically linked to voluminous Early Oligocene–Early Miocene magmatism. The younger event includes two D4 sub-phases (D4a and D4b), which are linked to Middle Miocene S-type granitoid and Middle/Late Miocene basaltic magmatism, respectively.

The Late Eocene – Early Miocene tectono-magmatic event was generally characterized by transpressional tectonics that provided conditions for formation of basaltic underplating and subsequent lower crustal melting and generation of I-type

magmas. Due to predominant compression in the first half of this event, these magmas could not reach the upper crustal levels. Later on, limited extensional pulses that occurred before the end of this event opened pathways for newly formed mantle melts to reach shallower crustal levels and mix with the evolving I-type magmas. The above geodynamic scenario correlates well with the interpretation that involves slab delamination with subsequent slab roll-back processes. Slab delamination can be a likely provider of pathways for heat flux and generation of mantle magmas. However, none or only limited extension in this stage locked these magmas in the lower crust and enabled only their slow uplift to the upper crustal levels. Advancing stages of slab delamination involving slab roll-back processes (at ~30 Ma according to our model) could have possibly induced more extensional-like tectonic regime that became more significant with time.

The second event is Middle – Late Miocene in age. It was, first, associated with clear extensional conditions that caused advancing of basaltic melts to mid-crustal levels. This, in turn, induced the elevation of geotherms, melting of shallow crust and S-type granite formation. This event terminated with transpression, due to increased onset of the Adria derived compression, that produced small volumes of basaltic melts which products can be traced on the southern slopes of the Kopaonik Mts.

References

- BOROJEVIĆ-ŠOŠTARIĆ, S., CVETKOVIĆ, V., NEUBAUER, F., PALINKAŠ, L., BERNROIDER, M. & GENSER, J. (2012): Oligocene shoshonitic rocks of the Rogozna Mts. (Central Balkan Peninsula): Evidence of petrogenetic links to the formation of Pb-Zn-Ag ore deposits.– *Lithos*, 148, 176–195.
- CVETKOVIĆ, V., PRELEVIĆ, D., DOWNES, H., JOVANOVIĆ, M., VASELLI, O. & PÉCSKAY, Z. (2004): Origin and geodynamic significance of Tertiary postcollisional basaltic magmatism in Serbia (central Balkan Peninsula).– *Lithos*, 73/3–4, 161–186.
- SCHEFER, S., CVETKOVIĆ, V., FÜGENSCHUH, B., KOUNOV, A., OVTCHAROVA, M., SCHALTEGGER, U. & SCHMID, S. (2011): Cenozoic granitoids in the Dinarides of southern Serbia: age of intrusion, isotope geochemistry, exhumation history and significance for the geodynamic evolution of the Balkan Peninsula.– *International Journal of Earth Sciences*, 100, 1181–1206.
- SCHMID, S., BERNOULLI, D., FÜGENSCHUH, B., MATENCO, L., SCHEFER, S., SCHUSTER, R., TISCHLER, M. & US-TASZEWSKI, K. (2008): The Alpine – Carpathian – Dinaride orogenic system: correlation and evolution of tectonic units.– *Swiss Journal of Geosciences*, 101, 139–183.

Rudistne litosome unutar plitkovodnih gornjokrednih vapnenaca u području južne Istre

Rudist lithosomes in the Upper Cretaceous shallow-water limestones of southern Istria

Alan Moro¹, Daniela Ruberti², Alceo Tarlao³ & Giorgio Tunis⁴

¹ Department of Geology, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102A, 10 000 Zagreb, Croatia (amoro@geol.pmf.hr)

² Seconda Università degli Studi di Napoli, Dipartimento di Ingegneria Civile, Design, Edilizia e Ambiente, Via Roma, 29,81031 Aversa (CE), Italia (Daniela.Ruberti@unina2.it)

³ Gruppo Speleologico Monfalconese, via Valentinis, 134, I - 34074 Monfalcone, Italia.

⁴ Dipartimento di Matematica e Geoscienze, Università di Trieste, via Weiss, 2, I-34127 Trieste, Italia (tunisig@alice.it)

Ključne riječi: gornja kreda, rudisti, plitkomorski okoliš, Istra

Key words: Upper Cretaceous, rudists, shallow-water environments, Istria

Gornjokredne rudistne litosome istaložene unutar plitkovodnih okoliša u području južne Istre (Skokovac, Kažela i Premantura) obilježene su različitim lateralnim i vertikalnim litofacijskim znacajkama rudistnih zajednica. Litofacijsi istraživanih profila obilježeni su raznim litotipovima vapnenca s mulnjom do sparitnom potporom, a sadrže plitkomorskulu foraminifersku zajednicu s aglutiniranim i porculanastim stjenkama. Rudisti su zastupljeni s radiolitidnim vrstama koje su obitavale u podplimskom okolišu unutar različitih tipova zajednica, u rasponu od nekoliko desetaka do nekoliko stotina jedinki.

Otvorenost izdanaka omogućuje dvo- i trodimenzionalni pristup rekonstrukciji građe rudistnih litosoma i facijesa. Rudistne zajednice sastoje se od gusto pakiranih jedinki u položaju rasta koje lateralno prelaze u floutstone s polegnutim i bioerozijom fragmentiranim ljušturama.

Taložni okoliš rudistnih facijesa predstavlja prijelaz iz plitkog podplimskog okoliša do relativno otvorenog okoliša prema zaštićenom, gdje promjena litofacijskih znacajki rudistnih zajednica ovisi o međusobnom odnosu bioprodukcije i sedimentacije.

Metode mjerena značajki diskontinuiteta i modeliranje diskretne mreže pukotina za procjenu in-situ raspodjele veličine blokova u stijenskim masama

Methods of measuring discontinuities properties and modeling discrete fracture network for assessment of in-situ block size distribution in rock masses

Dražen Navratil

Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: stijenska masa, diskretna mreža pukotina, in-situ raspodjela veličine blokova

Key words: rock mass, discrete fracture network, in-situ block size distribution

Stijenska masa predstavlja kompleksnu prirodnu sredinu koja se najčešće sastoji od blokova intaktnog stijenskog materijala i diskontinuiteta (slojne plohe, pukotine i folijacija) koji ih međusobno odvajaju, a koji omogućuju određenu interakciju između blokova unutar stijenske mase. Stijenska masa zbog toga u pravilu nije kontinuirana već diskontinuirana sredina unutar koje postoji velik broj planarnih i djelomično planarnih diskontinuiteta, koji variraju u svojim prostornim orientacijama, razmacima i učestalošću, postojanošću kao i značajkama njihovih površina.

Da bi se razumio i kvantificirao utjecaj diskontinuiteta na ponašanje stijenske mase, potrebno je detaljno snimiti i kvantitativno opisati relevantne značajke diskontinuiteta koji tvore kompleksnu trodimenzionalnu građu mehaničkih prekida u stijenskoj masi, što se naziva mreža diskontinuiteta ili struktura stijene.

Uz standardne metode mjerena značajki diskontinuiteta u današnje je vrijeme razvijeno više sustava i metoda za beskontaktno mjerjenje diskontinuiteta na otvorenim čelima i u tunelima. Općenito ih možemo podijeliti na metode snimanja 3D laserskim skenerom i fotogrametrijske metode. Beskontaktna metoda mjerena za koju je razvijen programski paket i oprema pod nazivom ShapeMetriX3D (3G SOFTWARE & MEASUREMENT GmbH; 2007) bazira se na snimanju stereoparova i tehnologiji 3D vizualizacije (eng. computer vision algoritam). ShapeMetriX3D predstavlja inovativan sustav za mjerjenje i procjenu površina pomoću 3D digitalnih fotografija snimljenih bez stativa (iz ruke). Posebno se to odnosi na površine – diskontinuitete u stijenama, odnosno njihovu geološku / geotehničku procjenu. ShapeMetriX3D nije osmišljen kao fotogrametrijski računalni program, nego kao sustav za rješavanje problematike iz inženjerske geologije, geoteknike i geometrije općenito.

U novije vrijeme mreža diskontinuiteta definira se pomoću geološkog modela diskretna mreža pukotina (eng. discrete fracture network – DFN). Takav model se kreira da bi korisnicima na kvantitativnoj osnovi specificirao orientaciju, veličinu, intenzitet, prostornu varijabilnost i korelaciju pukotina u odnosu na geološke faktore (npr. debljinu slojevitosti, omjer kom-

petentnih i nekompetentnih slojeva, udaljenost od rasjeda itd.) izvan područja modelirane deformacijske zone. Uzimajući u obzir samo geološko stajalište kod izrade modela diskretnе mreže pukotina potrebno je provesti litološka, strukturno-tektonska i inženjerskogeološka istraživanja.

Geometrija diskretnе mreže pukotina i njihovo mehaničko ponašanje igraju ključnu ulogu u određivanju stabilnosti i deformacija za potrebe donošenja inženjerskih odluka prilikom zahvata u stijenskim masama, kao što su podzemne prostorije, tuneli, kosine i temelji brana. Diskretna mreža pukotina predstavlja populaciju pojedinih pukotina koje djeluju zajedno kao jedan hidrološki i / ili mehanički sustav, stoga DFN ima ogroman utjecaj na tok fluida (voda, nafta); strukturni integritet rudnika, kamenoloma i tunela, te eksploraciju u pukotinskim rezervoarima.

FracMan (DERSHOWITZ et al., 1993) predstavlja jedan od naj sofisticiranijih program za analizu i modeliranje heterogenih i raspucanih stijenskih masa. Ovaj program generira trodimenzionalni model mreže pukotina radi dobivanja realnijeg opisa uzorka, odnosno prostornog rasporeda rasjeda, pukotina i stratigrafskih kontakata u raspucanim stijenskim masama. FracMan također pruža mogućnost lociranja pukotina deterministički, stohastički ili uvjetovano nekim terenskim mjeranjima.

Glavni koraci u DFN analizi:

- analiza geometrije pukotina radi definiranja funkcija gustoće vjerojatnosti (eng. probability density function - PDF) učestalosti, veličine, orijentacije i svih ostalih značajki pukotina (hidrauličke i mehaničke značajke);
- utvrđivanje značajnijih pukotina, pukotinskih zona i rasjeda koji su definirani u modelu deterministički;
- generiranje stohastičke mreže pukotina u tri dimenzije pomoću Monte Carlo simulacija koristeći utvrđene funkcije gustoća vjerojatnosti geometrijskih značajki pukotina.

Utvrđivanje raspodjele veličine blokova u stijenskoj masi predstavlja jedan od primjera primjene trodimenzionalnog modela mreže pukotina. Općenito raspodjela veličine blo-

kova ima važnu ulogu kod projektiranja u stijenskoj masi i stoga procjena in-situ raspodjele veličine blokova (eng. in-situ block size distribution – IBSD) provodi se kod istraživanja potrebnih za rudnike, kamenolome i usjeke / zasjeke linearnih infrastrukturnih objekata. Na temelju definiranja in-situ raspodjele veličine blokova moguće je pouzdano predviđati odminiranu raspodjelu veličine blokova (eng. blasted block size distribution – BBSD), što predstavlja jedan od aspekata optimizacije eksploatacije u ekonomskom smislu.

Literatura:

- DERSHOWITZ, W.S., LEE, G., GEIER, J., HITCHCOCK, S. & LA POINTE, P. (1993): FracMan user documentation.– Golder Associates Inc., Seattle WA.
- 3G SOFTWARE & MEASUREMENT GmbH (2007): ShapeMetriX 3D – 3D imaging for measuring and assessing rock and terrain surface.– User Manual for Version 2, Graz.

Limestone as the common denominator of natural and cultural heritage along the karstified part of the Adriatic coast – Project RoofOfRock

Vapnenac kao zajednički nazvinik prirodne i kulturne baštine krškog pojasa Jadrana – projekt RoofOfRock

Matevž Novak¹, Miloš Bavec¹, Urša Šolc¹, Jernej Jež¹, Bogdan Jurkovšek¹, Tea Kolar-Jurkovšek¹, Duška Rokavec¹, Matija Krivic¹, Mitja Guštin², Franco Cucchi³, Stefano Furlani³, Stefano Devoto³, Sara Biolchi³, Karmen Peterrelj⁴, Tea Zubin⁵, Tvrtnko Korbar⁶, Ladislav Fuček⁶, Uroš Barudžija⁷
& Goran Glamuzina⁸

¹ Geological Survey of Slovenia, Dimičeva ul. 14, 1000 Ljubljana (matevz.novak@geo-zs.si)

² University of Primorska, Science and Research Center of Koper, Institut for mediteranean heritage, Garibaldijeva 1, 6000 Koper (mitja.gustin@zrs.upr.si)

³ Department of Mathematics and Geosciences of University of Trieste, Via Weiss 2, 34148 Trieste (cucchi@units.it)

⁴ Škocjan caves Park, Škocjan 2, 6215 Divača (karmen.peternelj@psj.gov.si)

⁵ IDA– Istrian Development Agency Ltd., Mletačka 12/IV, 52 100 Pula (tea.zubin@ida.hr)

⁶ Croatian Geological Survey, Sachsova 2, P.O. Box 268, HR-10 000 Zagreb (tvrtnko.korbar@hgi-cgs.hr)

⁷ Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb, Pierottijeva 6, p.p. 390, HR-10 000 Zagreb (uros.barudzija@rgn.hr)

⁸ HERAG, PI. Development agency of West Herzegovina County, Bosnia and Herzegovina, Blidinska 1, 88 240 Posušje (glam_goran@yahoo.com)

Key words: limestone, karst, geoheritage, Adriatic

Ključne riječi: vapnenac, krš, geološka baština, Jadran

The RoofOfRock Project is being implemented under 2nd call for ordinary projects of Adriatic IPA CBC Programme 2007, joining 10 partners from four countries: Slovenia, Italy, Croatia and Bosnia and Herzegovina. It focuses on interdisciplinary research of occurrence, use and preservation of platy limestone as the linking element of the Adriatic karstic coastal region where it has been used for centuries as roof tiling, for construction of dry walls, shepherd cottages (kažuni) and similar objects of cultural heritage. The RoofOfRock intention is to establish joint platform for platy limestone sustainable use, preservation and promotion, to create the relevant guidelines and to upgrade both individual and joint capacities in preserving such common natural and cultural heritage along the karstic coast of the Adriatic Sea (www.roofofrock.eu). Croatian Geological Survey has been hired by the Croatian project partners: ZADRA, RERA SD, DUNEA and IDA, to carry out a geological research in the huge Croatian part of the project area.

The basis for the detailed geological characterization of platy limestone over the entire project area between Trieste and Dubrovnik was the overview of all most important types of limestone used in architecture, list of the most important limestone quarries and cross-border harmonized overview geological map of building limestone at a scale of 1:250,000 with estimated exploitation potential. The most important geological activity was the detailed geological mapping of platy limestones. The result is a map of occurrence of platy limestones at a scale of 1:50,000 and definition and classifi-

cation of platy limestones according to their sedimentological, stratigraphical and paleontological characteristics. Estimation of their quality, quantity and exploitation potential was prepared as well (KORBAR et al., this volume). In the geological scope of activity 25 selected showcase objects were studied in the project area. For each a detailed geological documentation of all types of limestones used for various architectural elements was made. Emphasis was put on platy limestones, for which source areas were studied. The results of research on showcase objects will be presented on a web application and mobile app, where it will be possible to acquire on site detailed data on limestone types used for different architectural elements, occurrence of these limestones in nature and quarries, as well as their exploitation possibilities.

Geological research of platy limestones as well as selection of showcase objects was carried out in close cooperation with part of the project team dealing with cultural heritage conservation and architecture. Besides being an important element of cultural heritage in the project area, platy limestones are also important as natural heritage, with often diverse fossil fauna and in particular rare, but well-preserved vertebrate fossils. All of these aspects are the basis for development of common legal and technical guidelines for preservation, sustainable use and re-use of platy limestones as a building material.

Findings indicate that along the Adriatic karstic coast highly diverse platy limestone types were used as roof tiles

and other architectural elements. They differ in genesis, lithological characteristics and appearance in different stratigraphic horizons as well as in quality and possibility for extraction of limestone plates of different sizes and thicknesses. As a consequence of varying quality and quantity as well as their spatial occurrence platy limestones were used in different ways in specific limited areas within the whole project area. In some areas, such as the Classical Karst (Kras) in Slovenia, specific types of limestones which do not qualify as platy by strict geological definition, were also used for roofing. These were initially massive homogenous limestones, which could be split into plates due to the presence of thin, tectonic fissures/discontinuities.

References:

- KORBAR, T., JEŽ, J., GLAMUZINA, G., FUČEK, L., JURKOVŠEK, B., MATIČEC, D., BARUDŽIJA, U., KRIVIC, M. & KURTANJEK, N. (2015): Pločasti vapnenci jadranskog pojasa Dinarskoga krša (*Platy limestones in the Adriatic belt of the Dinaric karst region*). – In: HORVAT, M. & WACHA, L. (eds.): 5. Croatian Geological Congress – Osijek 2015, Abstracts Book, 132–133.
<http://www.roofofrock.eu/>

Experience in application of the conceptual models of the field developed by the company Gazprom Neft

Iskustva u primjeni konceptualnih modela ležišta razvijenih od strane tvrtke Gazprom Neft

Tatiana V. Olneva, Dmitrij V. Aleksandrov, Dmitrij A. Kuzmin & Svetlana A. Redina

LLC Gazprom Neft NTC, Saint-Petersburg, Russia (Redina.SA@gazprom-neft.ru, Olneva.TV@gazpromneft-ntc.ru, Aleksandrov.DV@gazpromneft-ntc.ru, Kuzmin.DA@gazpromneft-ntc.ru)

Key words: conceptual model, seismic facies analysis, faulting, Dremlyan Depression

Ključne riječi: konceptualni model, seizmička analiza facijesa, rasjedanje, Dremlyan depresija

Introduction

Analysis of the HC fields structure in South Serbia has shown that complex morphology, intensive disjunctive dislocations and block structure are the main reasons for low exploration efficiency.

The current problems of field development are change of reservoir properties, non-confirmation of geological structure in edge zones, low predictability of the reservoir extension where results of each subsequent well depend on results of previous drilling. The conceptual geological model considers the features of reservoir structure and combines different type of data (core, seismic, logging, well testing, development), reveals the link between the sedimentation process and its subsequent effects on development.

Application of 3D seismic in South Serbia (Dremlyan Depression) established that tectonic deformations have predominant effect on the structure of hydrocarbon traps, as well as on the distribution and heterogeneity of reservoir properties.

Results

Sirakovo field. The study of area is located in the South Serbia, 70 km south-east of Belgrade. Tectonically the object of study is located within the south-eastern part of the Dremlyan depression. It was discovered by drilling an exploratory well No1 in 1985, the deposit is opened in the Lower Miocene sediments. 23 wells were drilled on the field. The geological structure is complicated by numerous tectonic faults and facies variation. According to the latest estimation of reserves in 2007, made after the re-interpretation of seismic

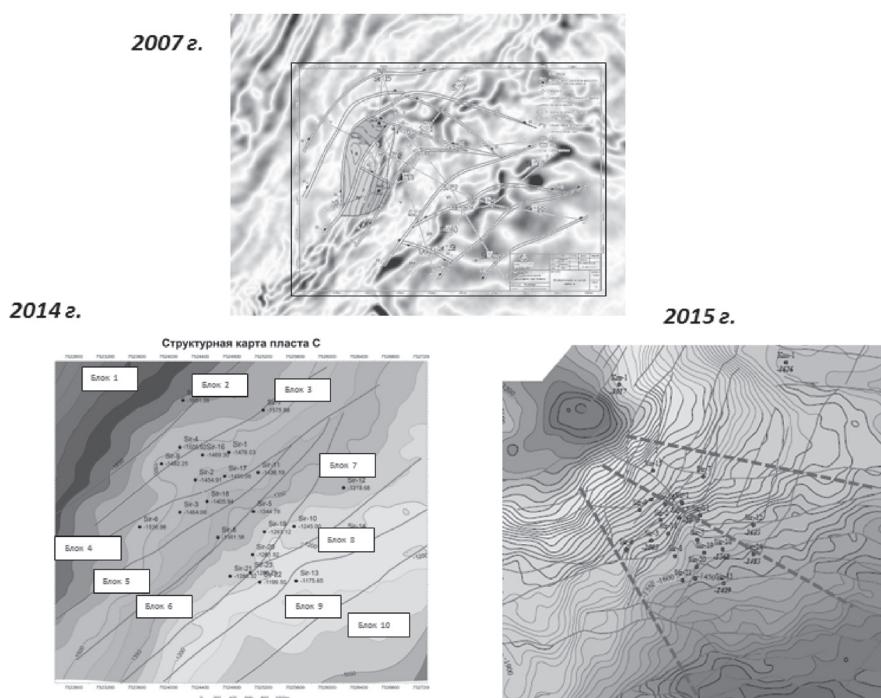


Figure 1. The comparison of different tectonic models of Sirakovo field made in 2007, 2014, 2015 years

Slika 1. Usporedba različitih tektonskih modela polja Sirakovo iz 2007, 2014 i 2015 godine.

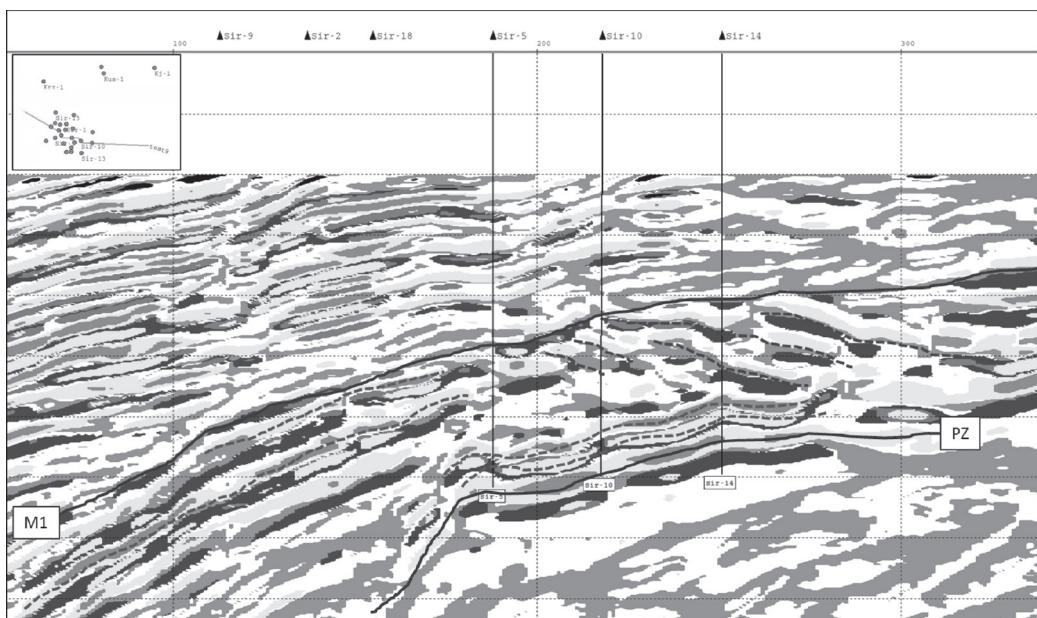


Figure 2. Section along the line of wells, obtained by classifying several dynamic attributes. Basis for the conceptual model

Slika 2. Profil duž pravca bušotina dobiven klasifikacijom nekoliko dinamičkih atributa. Osnova za konceptualni model.

2D, the field allocated 36 oil and gas deposits in three geological complexes. Collector represented by conglomerates, breccias, sandstones and siltstones. In 2014 specialists from Gazpromneft LLC based on 3D seismic data have been verified fault network. Use results of core data miocen sediments were divided into 3 lithotypes according to different rock composition. In 3D geologic model the field was divided into 10 tectonic blocks and 5 beds. But it appears, however, that this model can't be used for determining the location of new wells because it accounts only tectonic factor. In 2014-2015 after geological interpretation of 280 km² of 3D seismic data which include the territory of Sirakovo field new tectonic model was build. The comparison of different tectonic models of Sirakovo field in 2007, 2014, 2015 year is represented in Figure 2. The area is located at the junction of divergent strains. According to seismic data a lot of different age faults have been mapped. Some ancient faults have been reactivated at prePliocene tectonic stage and affected on the continuity of younger sediments (GORDON L. DOLTON, 2006). Seismic facies analysis was based on the conceptual model of «apron faulted slopes» (READING, 1990). According to the Reading's classification these formations are typical for slopes, which are actively controlled by faults. Seismic data interpretation confirmed the proposed conceptual model. In amplitude cube and different attributes we can interprete the individual steps of sedimentary supply which filled the paleorelief of depression. Lower Miocene formation has signs of progressive cyclicity proved by well data. Each elementary cycle begins with psephitic and psammite deposits (assorted coarse-grained sandstones, conglomerates, breccias) and ends by pelitic deposits (mudstones, clays, marls), which were deposited during periods of falling sea level as a result of shoreline sediments erosion (BARABOSHKIN, 2007). Extended

lineup at the top of seismic section has a local distribution and is confined to the border of the first major cycle during which the paleosurface of pre-Neogene basement was base-leveled.

We can interpret the presence of laterally continuous reservoir deposits in Lower Miocene formation in the area to the left of well Sir-5 shown in Figure 2. Within the terrace on the other side the seismic picture changes. In this area we can see the extended lineups near the reflector, which is identified with the surface of the basement, and scraps of oblique reflectors within the entire time thickness of Miocene deposits, so in this part of area laterally continuous layers are absent. A new strata correlation was based on this understanding of the geological structure.

Summary

Complex structure, tectonic deformation, lithological facies heterogeneity and non-structural traps reduce the efficiency of the forecast for oil and gas potential. The way to reduce geological risks is combining seismic and well data (core and well testing) with specific geological research such as sedimentological and facies analysis.

References:

- BARABOSHKIN, E.J. (2007): Practical sedimentology (sandstone reservoirs).— Tomsk, 81–102.

GORDON, L. & DOLTON (2006): Pannonian Basin Province, Central Europe (Province 4808) – Petroleum Geology, Total Petroleum Systems and Petroleum Resource Assessment.— USGS Bulletin 2204-B. Reston, Virginia.

READING, H.G. (1996): Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy.— Blackwell Publishing, Oxford.

Interpretaion of sourthern marging of the Drmno Depression regarding of oil & gas potential (South Serbia)

Interpretacija južnih rubova depresije Drmno u pogledu naftno-geološke potencijalnosti

Tatijana Olneva & Dmitrij Kuzmin

LLC “Gazpromneft NTC”, Saint-Petersburg, Russia

(Olneva.TV@gazpromneft-ntc.ru, Kuzmin.DA@gazpromneft-ntc.ru)

Key words: Lower Miocene, strike-slip faults, Drmno Depression, South Serbia, Pannonian Basin

Ključne riječi: donji miocen, "strike-slip" rasjedi, Drmno depresija, južna Srbija, Panonski bazen

Administratively the territory is situated in South Serbia region. In 2014 the geological study of Drmno Depression southern and south-eastern framing was carried out by the specialists of “NTC NIS-Naftagas d.o.o. Novi Sad Serbia” and LLC “Gazpromneft Scientific and Technical Center”. The goal was to define the hydrocarbon deposits placement regularities and searching for the new prospects.

Drmno Depression is located in south-eastern part of Pannonian Basin System near the Dinarides and Southern Carpathians junction zone. The size of depression is about 15x20km, it has almost round shape. It maps as negative relief form both on basement and sedimentary cover horizons on a south continuation of Banatsky graben. The maximum preNeogene depth in the depression central part is about 3500-4000m.

The one of the area characteristic features is the extremely high degree of tectonic disturbance of basement and sedimentary cover. At least three main phases of structural-tectonic reconstruction established in preMiocene, preBaden and prePliocene. The basic part of faults with amplitude up

to 100m group in fault system around the depression perimeter and form tectonic blocks of various width and length (0.25-0.5x60-100km). Tectonic blocks have almost arc shape and stepwise sinking towards to the axial part of depression. Branch faults are less amplitude and less extended, have different strike and divide large tectonic blocks to a number of small ones. Pliocene-Quaternary clinoforms are developed in the upper part of sedimentary cover.

Traditionally the Pannonian Basin has experienced several tectonic phases. The main stages are transtension (synrift) and transpression (postrift) (GORDON, 2006; HORVATH et al., 2006; STEFAN et al., 2008). The most faulted zones are associated with basement and synrift levels. There are number of young fault systems also in the upper part of geology section.

According to well data the upper part of complicated basement consist of green schists (Pz?). The lower part of Miocene synrift sediments consist of coarse clastic rocks with thickness up to 900 m: conglomerates, breccia, coarse sandstones and in a less degree – clays, mudstones, marls. These formations deposited occasionally in submarine faulted slope

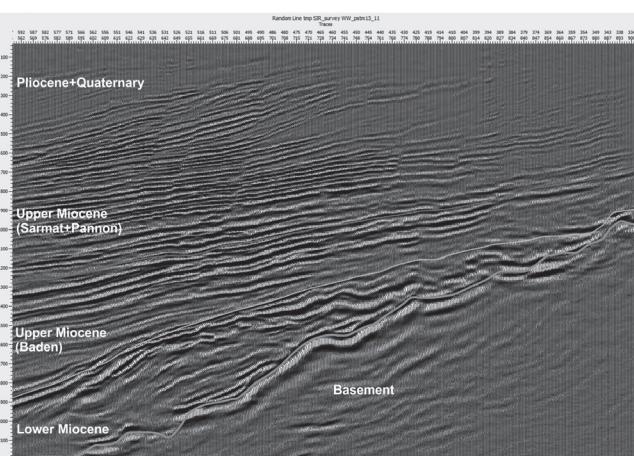
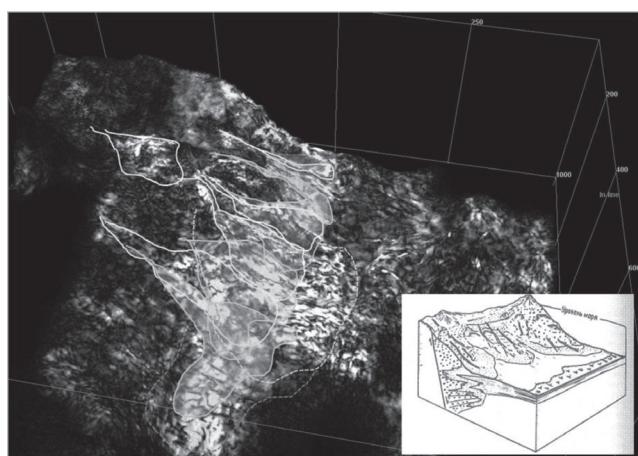


Figure 1. Model of Lower Miocene deposition environment.

Slika 1. Taložni model okoliša donjeg miocena.

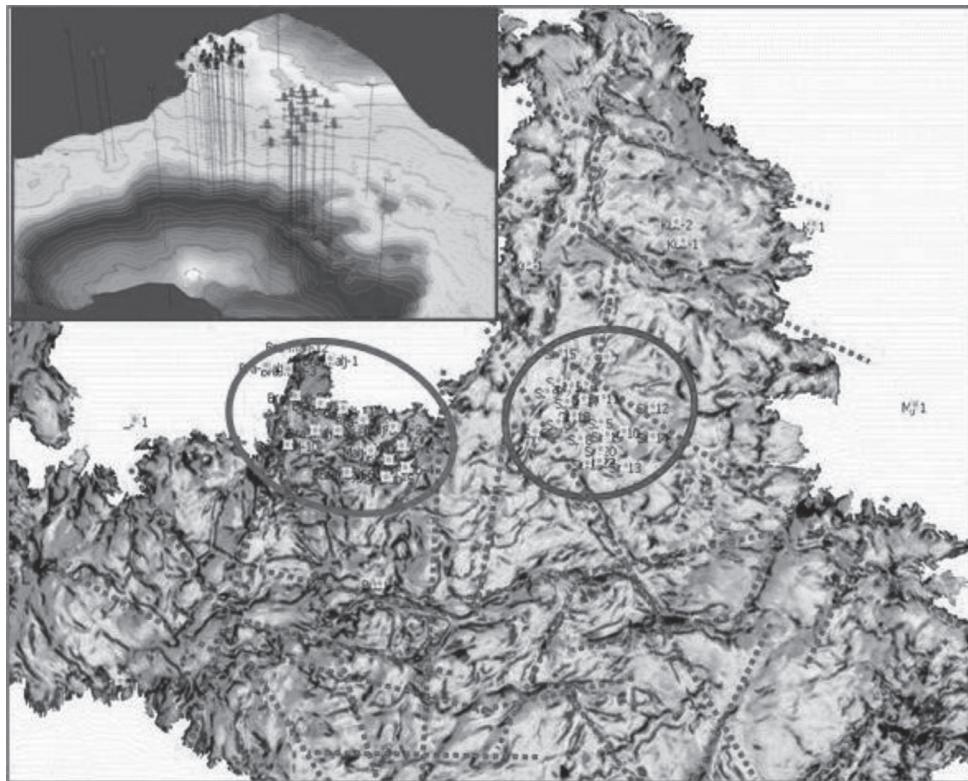


Figure 2. Slice of coherence cube (dotted lines – strike-slip faults; colored areas – hydrocarbon fields).

Slika 2. Presjek kocke atributa koherentnosti (točkaste linije – "strike-slip" rasjedi; obojene površine – ležišta ugljikovodika).

environments (READING, 1996) and formed a several thick wedge-shaped sedimentary bodies (Fig. 1). Section has regressive cyclicity, facial and thickness differentiation. The upper part of synrift (Middle Miocene) consist of transgressive stage sediments – marls and mudstones with thickness of 190-1200m. The post rift terrigenous sediments (Upper Miocene, Pliocene and Pleistocene sandstones, mudstones, clays) has wide abundant in the investigation area and thickness of 580-1600 m. The basic hydrocarbon reservoirs confine to Lower Miocene. A few oil and gas deposits located in the basement and Baden sediments. According to the results of exploration activities the six oil and gas-oil fields are discovered within the limits of area: Bradarac-Maljurevac, Maljurevac-Bubushinac, Sirakovo, Kuryache selo, Kuryache selo west , Kasidol. Type of trap – structural with lithological and tectonic bound. The basic factors controlling the hydrocarbon distribution are facial and tectonic features. Deposits with increased oil-saturated formation up to 13 net pay beds located on depression periphery with increased Lower Miocene sediments thickness. Multilayered reservoirs associated with the upper part of wedge-shaped sedimentary bodies. Deposits that located in the Lower Miocene minimum thickness zones controls 1-2 net pay beds only.

Paleogeography affects the reservoir structure features. Tectonic factor plays the key issue in the hydrocarbon depo-

sits area distribution. The study area located at the junction of divergent neotectonic deformation movements that have west-east and south-north directions. According to seismic data several «suture zones» of radial direction are tracing in the western, central and northern parts of area (Fig. 2). These zones seem like strike-slip faults. The character of tracing is continuously-discontinuously. The supposed age is prePliocene. All discovered fields are associated with the «suture zones» trend. All structure traps in the trend line suppose high perspective for oil and gas.

References:

- GORDON L. DOLTON (2006): Pannonian Basin Province, Central Europe (Province 4808) – Petroleum Geology, Total Petroleum Systems and Petroleum Resource Assessment.– USGS Bulletin 2204-B. Reston, Virginia.
- HORVATH, F., BADA, G., SZAFIAN P. et al. (2006): Formation and deformation of the Pannonian basin: constraints from observation data. European Lithosphere Dynamics, The Geological Society of London.
- READING, H.G. (1996): Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy.– Blackwell Publishing, Oxford.
- STEFAN M. SCHMID, D. BERNOULLI et al. (2008): The Alpine-Carpathian-Dinaridic orogenic system: correlation and evolution of tectonic units.– Swiss J. Geosci., 101, 139–183.

Seismic interpretation approaches for searching new objects-satellites on the periphery of the existing oil-gas fields

Pristupi seizmičke interpretacije u traženju novih satelitnih struktura na rubovima postojećih naftno-plinskih ležišta

Tatiana Olneva¹ & Janko Sovilj²

¹ LLC "Gazpromneft NTC", Saint-Petersburg, Russia

² NTC NIS-Naftagas d.o.o. Novi Sad, Serbia

Key words: seismic data, interpretation, Kikinda, oil, gas

Ključne riječi: seizmički podaci, interpretacija, Kikinda, nafta, plin

Introduction

The History of discoveries over time allows us to conclude that large oil and gas fields in the Neogene deposits of Pannonian Basin are already open. Most of them are located on the structural heights of the basement. One of them – Kikinda oil-gas field, is located in the northeast part of Banat in Vojvodina (Serbia). There is a concept that the main migration routes are coming from the Srpska Crnja depression (a part of larger Romanian Tomnatec depression), filling the Kikinda structure. Based on these views, the task of exploration is to search potential new objects-satellites on the periphery of the Kikinda field. The main research method for it - 3D seismic survey.

The purpose of this study is to demonstrate the results that using the special approaches interpretation, including inversion and seismic facies analysis in workflow can help us to describe more precise local leads and prospects.

Kikinda exploration area

Based on a geotectonic zoning (KARAMATA et al., 1997, ROBERTSON et al., 2009), Kikinda exploration area is in the zone of tectonic contact between Tisza Mega-Unit in the northern part, and Vardar Zone in the southern part. There are three main stratigraphic units: Proterozoic-Paleozoic unit, Mesozoic unit (Triassic, Upper Cretaceous) and Cenozoic unit (Oligo-Miocene, Neogene, Quaternary). The oldest formations, Proterozoic-Paleozoic, are represented by metamorphic and magmatic rocks. Amongst metamorphic rocks, there are rocks formed in the conditions of greenschist facies (KEMENCI & ČANOVIĆ, 1997). Mesozoic unit is composed out of Triassic recrystallized limestones which are similar to those that can be found in the inner Dinarides and Carpathians and Upper Cretaceous sedimentary rocks amongst whom there are flysch formations which are found in the boreholes He-1, He-2 and He-3 (Hetin) in the southeast part of the area (KEMENCI & ČANOVIĆ, 1987). The Cenozoic unit is represented by different sedimentary rocks which are often rich with fossils.

Oil-gas field Kikinda was discovered in 1959. with a Ki-3 (Kikinda-3) borehole (Ki-1 and Ki-2 boreholes were out of the production range of the structure). Reservoir rocks are found in Proterozoic-Paleozoic, Lower Pontian, Upper Pontian and Pliocene. The oil-gas reservoir Pz-1 was found in the Proterozoic-Paleozoic metamorphic rocks and is a type of massive reservoir. The middle zone of Kikinda structure with significant secondary porosity in the base of Neogene enabled the genesis of this oil reservoir with a gas cap. It is characterized by structural-stratigraphic trap and a marly shale seal rock. Series of Pt₁ reservoirs includes oil reservoirs and oil-gas-condensate reservoirs. They were found in Lower Pontian sandstones and fractured sandy marlstones, and they are layer or lens type of reservoirs. This series of reservoirs are defined by structural, tectonic and structural-stratigraphic traps, and marly shale or marlstone seal rocks. Oil and gas reservoirs of Pt₂ series are discovered in sandstones of Upper Pontian, and are layer or lens type of reservoirs. They are characterized by structural-stratigraphic traps and marly shale seal rocks. The Pl series of lens type gas reservoirs are found in sandy and marly sedimentary rocks of Pliocene, and also are characterized by structural-stratigraphic traps and marly shale seal rocks.

Previous studies of Srpska Crnja depression concluded the existence of active source rocks which are represented by marlstones and siltstones of Pannonian age. These rocks are found below 2500 meters, which provides the necessary maturity for generation of hydrocarbons.

Methods of interpretation

In general, the quality of seismic data is a good for interpretation after standard processing. But, there are some particular features of seismic section: the strong variability of seismic reflections laterally as well as vertically; the presence of local amplitude anomalies such as «bright spots» in different intervals of the section; network of faults, etc.

Interpretation workflow includes next steps: stratigraphic identification, structure and faults interpretation, seismic

attribute analysis, seismic facies analysis. Cubes of RMS amplitude and the envelope, as well as one surface attribute for average energy are used for detection of potential occurrences of hydrocarbons (SOVILJ, 2014). This traditional approach has enabled to allocate potential objects different types: pinch-outs, complex tectonic traps, lithological traps. Most of them are located in Lower Pontian deposits. The size of these objects is consistent with the expected size based on a regional basin analysis. But, there is a lot of uncertainty, because other variants of interpretation are possible. For example: the amplitude anomaly can correlate with gas or with lithology feature.

The uncertainty analysis is important part of E&P process. It helps to identify the risk and optimizes the decision making process. In studied area the main factors are existing trap and reservoir quality.

Conclusions

In this paper, we demonstrate the results of innovative interpretation approach based on a 3D case study which enables conceptually new level of subsurface details. These approaches help us to focus at each potential objects, including all minor discoveries in one hand. In other hand - helps to minimize the risks.

References:

- 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.– U: PAPANIKOLAOU, D. (ur.): Annales géologiques des pays Helléniques, IGCP Project, 276.– Terrane maps and terranes prescriptions, Panepistimiopolis, Athines, 157, 429–477.
- KEMENCI, R., ČANOVIĆ, M. (1987): Flysches of Vojvodina, the Torda flysch.– In: DIMITRIJEVIĆ, M. & DIMITRIJEVIĆ, M. (eds.): Turbiditic basins of Serbia, Monographs DLXXVI, Depart. Nat. Mat. Sci., Serbian Acad. Sci. Arts, Belgrade.
- KEMENCI, R. & ČANOVIĆ, M. (1997): Geologic Setting of the Pre-Tertiary basement in Vojvodina (Yugoslavia). Part I: The Tisza Mega-Unit of North Vojvodina.– Acta Geologica Hungarica, 40/1, 1–36, Budapest.
- ROBERTSON, A., KARAMATA, S. & ŠARIĆ, K. (2009): Overview of ophiolites and related units in the Late Palaeozoic-Early Cenozoic magmatic and tectonic development of Tethys in the northern part of Balkan region.– Lithos, 108, 1–36.
- SOVILJ, J. (2014): Primena seizmičke inverzije i multiatributivne analize pri interpretaciji 3D seizmičkih podataka Kikinde 2013.– In: CVETKOVIĆ, V. (ed.): Zbornik radova XVI kongresa geologa Srbije, Srpsko geološko društvo, 773–775, Beograd.

Osnovna geološka karta Republike Hrvatske 1:50 000 - otok Hvar

Basic Geological Map of the Republic of Croatia 1:50 000 - the Island of Hvar

Nenad Oštarić, Ladislav Fuček, Božo Prtoljan, Vladimir Jelaska, Boško Korolija, Stanko Marinčić,
Ivan Gušić, Tvrto Korbar, Antun Husinec & Marko Šparica

Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Hrvatska (kontakt: nenad.ostric@hgi-cgs.hr)

Ključne riječi: donja kreda, gornja kreda, eocen, pleistocen, litostratigrafska jedinica, formacija, član

Key words: Lower Cretaceous, Upper Cretaceous, Eocene, Pleistocene, lithostratigraphical unit, formation, member

Na otoku Hvaru (Sl. 1) izdvojeno je 19 litostratigrafskih jedinica vremenskog raspona neokom – gornji pleistocen. Najstarije otkrivene naslage su neokomski srednje do debeloslojeviti krupnokristalinični dolomiti (formacija Babino Polje) koji grade jezgru hvarske antiklinale. Nalaze se u središnjem i zapadnom dijelu otoka, u širem području od Pitava do Velog Grabljia. Na njima kontinuirano slijede (i obrubljuju ih) peritajdalni vapnenci koji su razvrstani kao formacija Dragozetići (otriv), Govedari (barem), Kanfanar (donji apt) i Porozina (gornji apt-donji alb).

Na prijelazu između gornje i donje krede nalaze se dolomiti i rekristalizirani vapnenci formacije Sis (gornji alb-donji cenoman), koji okružuju jezgru donjokredne antiklinale.

Dalje se kontinuirano nastavljaju gornjokredne naslage koje imaju i najveću rasprostranjenost na otoku Hvaru. Redom slijede plitkomorski vapnenci formacije Milna (srednji-gornji cenoman) i formacije Basina (gornji cenoman). Unutar formacije Milna nalazi se član Vrboska koji je specifičan po svojim izmjenama tanko pločastih i laminiranih vapnencata te rijetkom, ali dobro sačuvanom ribljom makrofaunom. Naslage s pelagičkom mikrofaunom formacije Sv. Duh (gornji cenoman-donji turon) vrlo su ograničenog rasprostranjena (za razliku od susjednog otoka Brača) te mjestimično potpuno izostaju. Na njima se dalje nastavljaju peritajdalni

vapnenci formacije Gornji Humac (turon-santon) koji u svom vršnom dijelu sadrži sedimente nastale u brojnim ciklusima oplićavanja. U zaštićenom i periodično anoksičnom dijelu platforme na istočnom dijelu otoka istaložen je član Lukovac (gornji santon-donji kampan), koji lateralno prema zapadu iskljinjava. Ovaj slijed plitkomorskih naslaga prekinut je dubljevodnom sedimentacijom formacije Dol (kampan), koja sadrži brojne pelagičke mikrofosile i rožnjake. Slijede debeloslojevite skeletno-bioklastične naslage koje grade rudistična bogata sedimentna tijela formacije Pučišća (kampan), koja se lateralno interkalirajuće izmjenjuju s pelagičkim vapnencima. Gornja kreda završava peritajdalnim vapnencima i dolomitima formacije Sumartin (gornji kampan-mastryhi).

Na paleookršenoj formaciji Sumartin transgresivno slijede Foraminiferski vapnenci (srednji eocen) i na njima Flis (srednji-gornji eocen). Eolski i aluvijalni pijesci (gornji pleistocen) nalaze se pretežno na južnom rubu polja između Starog Grada i Jelse te sjeverozapadno od Sumartina.

Strukturna građa obilježena je poprečnim i uzdužnim izmjenama bora i rasjeda te reverznim rasjedanjem uz južnu obalu središnjeg dijela otoka. Glavna trupina otoka Hvara čini dijelom tektonski razbijenu antiklinalu, čiju jezgru izgrađuju donjokredni dolomiti, na kojima u krilima antiklinale slijede mlađe donjo i gornjokredne naslage.



Slika 1. Osnovna geološka karta Republike Hrvatske 1:50 000 - otok Hvar (OŠTRIĆ et al., 2014; 2015a; 2015b).

Figure 1. Basic Geological Map of the Republic of Croatia 1:50 000 - the Island of Hvar (OŠTRIĆ et al., 2014; 2015a; 2015b).

Literatura:

OŠTRIĆ, N., FUČEK, L., PRTOLJAN, B., JELASKA, V., KOROLIJA, B., GUŠIĆ, I., ŠPARICA, M., KORBAR, T. & HUSINEC, A. (2014): Osnovna geološka karta Republike Hrvatske (Basic Geological Map of the Republic of Croatia) 1:50 000: list (sheet) Vis 4, (571/4).— Hrvatski geološki institut (Croatian Geological Survey), Zagreb, ISBN: 978-953-6907-28-1

OŠTRIĆ, N., FUČEK, L., PRTOLJAN, B., JELASKA, V., KOROLIJA, B., GUŠIĆ, I., MARINČIĆ, S., KORBAR, T. & ŠPARICA,

M. (2015): Osnovna geološka karta Republike Hrvatske (Basic Geological Map of the Republic of Croatia) 1:50 000: list (sheet) Omiš 3, (572/3).— Hrvatski geološki institut (Croatian Geological Survey), Zagreb, u finalizaciji.

OŠTRIĆ, N., FUČEK, L., PRTOLJAN, B., JELASKA, V., KOROLIJA, B., MARINČIĆ, S. & KORBAR, T. (2015): Osnovna geološka karta Republike Hrvatske (Basic Geological Map of the Republic of Croatia) 1:50 000: list (sheet) Omiš 4, (572/4).— Hrvatski geološki institut (Croatian Geological Survey), Zagreb, u finalizaciji.

Hidrološka i hidrogeološka analiza sliva rijeke Korane na dionici između Slunja i Velemerića

Hydrological and hydrogeological analysis of the Korana river catchment area between Slunj and Velemerić

Jelena Parlov & Zoran Kovač

Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Ključne riječi: rijeka Korana, bilanca vode

Key words: Korana river, water balance

U ovom radu prikazane su provedene hidrološke i hidrogeološke analize za dio sliva rijeke Korane, na dionici između Slunja i Velemerića. Korito rijeke Korane se na tom dijelu, nizvodno od Slunja u duljini od 44 km, bitno sužuje i usijeca u kršku zaravan (pad od Slunja do utoka u Mrežnicu iznosi 105 m) te ima funkciju drena podzemnih voda, što potvrđuju brojni izvori uz korito rijeke. Nakon utoka Slunjčice kod Slunja, sve do utoka Radonje kod Velemerića, Korana ne prima niti jednu pritoku te je time još naglašenije njezino kanjonsko usijecanje u kršku zaravan. Hidrografska mreža unutar priljevnog područja je vrlo slabo izražena, stalnih površinskih tokova nema, osim povremenih bujičnih tokova nakon intenzivnih kiša. Pomoću dosadašnjih spoznaja o geološkim, strukturno-tektonskim i hidrogeološkim odnosima u području srednjeg dijela toka rijeke Korane određena je granica i površina sliva, a provedenom hidrološkom analizom potvrđena površina sliva i pretpostavka o hidrogeološkoj ulozi rijeke Korane.

Istraživanje područje djelomično pripada Unsko-koranskoj zaravni, odnosno veći dio priljevnog područja zauzima prostrana okršena zaravan slabo izraženog reljefa. Prosječna nadmorska visina kreće se oko 200 m n.m. Istiće se tek Kurakov vrh s 494 m n.m. na krajnjem jugozapadnom dijelu sliva i Skradinska gora s 428 m n.m. u sjeveroistočnom dijelu. Južni dio istraživanog područja, područje oko Slunja, obilježava umjereno kontinentalna klima s blagim ljetima i umjereno hladnim zimama, te povoljnim rasporedom oborina, dok sjeverni dio bliži Karlovcu karakterizira umjerena kontinentalna klima sa svježim perialpskim i kontinentalnim klimatskim utjecajima (vruća ljeta i hladne zime).

Najstarije naslage unutar promatranog područja su dolomiti srednjeg i gornjeg trijasa malog površinskog prostirana. Jurski sedimenti izgrađuju uglavnom središnji dio istraživanog područja od Blagaja do G. Skrada, a sjeverno od Slunja se izmjenjuju s krednim naslagama. Nalaze se na brojnim međusobno odvojenim lokalitetima i to u dosta jednoličnom karbonatnom razvoju, gdje prevladavaju dolomiti s lećama dobro uslojenih vapnenaca. Naslage krede otkrivene su na širokom prostoru, protežu se od Slunja do sjeverne granice sliva i to u stalnoj izmjeni s jurskim naslagama. Može se raz-

likovati karbonatni i klastični razvoj. U karbonatnim sedimentima prevladavaju različiti tipovi dobro uslojenih, sivosmeđih vapnenaca i vapnenačkih breča, odnosno dolomita, a klastične naslage predstavljene su fliškim razvojem. Najmlađe tercijarne naslage pojavljuju se na vrlo maloj površini na nekoliko manjih izoliranih lokaliteta bez značajnije hidrogeološke uloge. Osnovna tektonska značajka čitavog prostora je velika poremećenost rasjedima karakterističnog dinarskog pravca pružanja, sjeverozapad-jugoistok.

Stijene i sedimenti koji se pojavljuju unutar sliva podijeljeni su prema svojim hidrogeološkim značajkama na dobro propusne, slabije propusne i nepropusne. Odluka dobro propusnih karbonantih naslaga (dominantno kredni vapnenac) je izražena okršenost, što je posljedica kombinacije tektonike, topivih stijena i velikih količina oborina. Među slabije propusne naslage spadaju jurski dolomiti i izmjena dolomita i vapnenaca, a među nepropusne naslage, koje mogu predstavljati barijeru podzemnim tokovima i pojavi površinskog otjecanja, trijaski dolomiti i tercijarne breče i konglomerati. Na površini terena najzastupljenije su dobro propusne naslage koje omogućuju prodiranje površinskih voda u podzemlje, gdje voda ponire do nepropusnih naslaga ili do kompaktnije karbonatne stijene.

Najznačajniji površinski geomorfološki oblici na ovom blago izraženom reljefu su ponikve. Na temelju topografskih karata 1:25.000 na površini sliva od 210 km² utvrđeno je 11.330 ponikvi. Izradom karte intenziteta okršenosti, istaknula su se područja s većom gustoćom ponikvi koja u pravilu odgovaraju i površinskom pojavljivanju dobro propusnih krednih i jurskih vapnenaca.

Neotektonski pokreti imali su različite predznake te intenzitete kompresije i ekstenzije pa je zaravnjenost poremećena pozitivnim i negativnim morfostrukturama, a uzrokovali su podizanje čitavog terena zbog čega je već došlo do usijecanja rijeke Korane za oko 50 m u odnosu na razinu zaravni. Kanjon rijeke Korane usječen je u karbonatnu zaravan, na tom dijelu nema površinskih pritoka i relativno je plitka cirkulacija podzemnih voda. Korana je na ovom području erozijska baza i dren podzemne vode čemu su dokaz izvori registrišani u koritu rijeke (ili u neposrednoj blizini) na cijeloj

promatranoj dionicima (procijenjena ukupna prosječna izdašnost $0,5 \text{ m}^3/\text{s}$). Takve pojave tipične su za plitki krš, gdje se jaki vodotoci nalaze u kanjonskim dolinama.

Analiza sustava otjecanja vode sastoji se od tri osnovna dijela, a to su ulaz vode u sustav, prolazjenje kroz njega i izlaz vode. Ulaz vode u sustav upravljan je količinom i rasporedom oborina u vremenu u slivnom području. Prolaz vode kroz sustav je slabo poznat dio procesa, a na izlazu vode iz sustava mogu se vršiti mjerenja i motrenja vodnih količina. Izradom bilance vode dobiva se pregled raspoložive vode temeljen na načelu da tijekom određena vremenskog razdoblja ukupni višak ili manjak vode u danom slivnom području mora biti jednak zbroju ukupnog gubitka ili viška vode i neto promjene zalihe vode u slivu, pa su za proračun bilance potrebni podaci o oborinama, protoku/izdašnosti i evapotranspiraciji.

Dakle, ulaz vode u sustav određuje se pomoću srednje količine oborina P_{sr} i evapotranspiracije E_t . Za određivanje prosječne godišnje oborine unutar istraživanog područja prikupljeni su podaci za najbliže kišomjerne stanice (Slunj, Tounj, Generalski Stol, Zvečaj i Karlovac). Primijenjena je metoda Thiessenovih poligona, a u proračunu su korišteni podaci za vremensko razdoblje od 2000.-2006. godine zbog prekida mjerenja na stanicama Zvečaj. Kako je ukupna površina sliva bila nepoznanica, nužno je bilo prvo odrediti granicu sliva. Prema topografiji, geološkim i hidrogeološkim odnosima određena je granica priljevnog područja srednjeg dijela toka rijeke Korane na dionici od Slunja (nakon utoka Slunjčice u Koranu) do Velemerića, površine $A = 210 \text{ km}^2$. Nakon određene površine sliva, izračunata je prosječna količina oborina na slivu u iznosu od 1212 mm. Evapotranspiracija je određena pomoću Turcove formule za procjenu stvarne godišnje evapotranspiracije u iznosu od 543 mm (prosječna godišnja temperatura zraka za cijelo-kupno istraživano područje iznosi $10 \text{ }^\circ\text{C}$). Razlika prosječne oborine i evapotranspiracije, pomnožena s ukupnom površinom sliva od 210 km^2 daje konačan podatak o ulazu vode u slivno područje. *Ulas* vode u sustav iznosi $4,46 \text{ m}^3/\text{s}$.

Prosječni godišnji protok određen je na temelju izmjerjenih dnevnih protoka na protjecajnim profilima Slunj (uzvodno) – rijeka Korana, Velemerić – rijeka Korana; Rastoke – rijeka Slunjčica te Tušilović – rijeka Radonja. Na temelju prosječnih godišnjih protoka za svaki od ova četiri profila izračunat je prosječni višegodišnji protok za vremensko razdoblje od 2000. do 2010. godine. Za Slunj (uzvodno) iznosi $Q_{sr} = 8,92 \text{ m}^3/\text{s}$, na Velemeriću je $Q_{sr} = 25,90 \text{ m}^3/\text{s}$, u Rastokama na rijeci Slunjčici $Q_{sr} = 8,15 \text{ m}^3/\text{s}$, te u Tušiloviću na rijeci Radonji $Q_{sr} = 2,92 \text{ m}^3/\text{s}$. Podatak o *izlazu* vode iz sustava predstavlja prosječni godišnji protok za vremensko razdoblje od 2000. – 2010. godine na profilu Velemerić umanjen za prosječni godišnji protok za isto vremensko razdoblje na profilima Slunj (Korana uzvodno), Rastoke (Slunjčica) i Tušilović (Radonja). Na temelju odgovarajućih protoka izlaz vode iz sustava iznosi $5,91 \text{ m}^3/\text{s}$.

Rezultati ulaznih i izlaznih podataka daju pregled količine vode koja uđe i izlazi iz priljevnog područja, a njihova razlika neravnotežu u sustavu. Za promatrano područje dobiven je višak vode u sustavu u iznosu od $\Delta Q = + 1,45 \text{ m}^3/\text{s}$. Dobiveni višak vode u sustavu nameće potrebu za propitivanjem je li priljevno područje dobro određeno. Naime, višak vode od $1,45 \text{ m}^3/\text{s}$ sugerira da bi površina trebala biti veća za oko 68 km^2 . Hidrogeološki odnosi na zapadnoj granici priljevnog područja daju mogućnost potrebnog proširenja površine sliva za oko 40 km^2 . Ostatak od 28 km^2 predstavlja 13%-tно odstupanje od ukupne površine sliva što je privatljiva pogreška s obzirom na osrednjene ulazne podatke, pri čemu se prvenstveno misli na prosječne godišnje protoke i oborine. Prilog tome objašnjenju (problem osrednjavanja) daje i proračun površine sliva pomoću otjecajnog koeficijenta (prosječna vrijednost koeficijenta otjecanja za okršeno područje iznosi 0,7). Na taj način izračunata površina sliva iznosi 219 km^2 , odnosno površina je veća za zanemarivih 4% u odnosu na površinu sliva određenu na temelju geoloških i hidrogeoloških odnosa na terenu.

Hidrogeološka potencijalnost gorskih i prigorskih vodonosnika Žumberačkog i Samoborskog gorja s posebnim osvrtom na zalihe podzemnih voda

Hydrogeological potential of mountain aquifers in Žumberak and Samoborsko gorje with special emphasis on groundwater reserves

Ivica Pavičić¹, Ivan Dragičević¹, Davor Pavelić¹ & Alan Vranjković²

¹ Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo, Pierottijeva 6, p.p. 390, 10 000 Zagreb, Hrvatska (www.rgn.hr/hr; ivica.pavicic@rgn.hr; ivan.dragicevic@rgn.hr; davor.pavelic@rgn.hr)

² NIS a.d., Gazprom Neft, Science and Technology Center, Narodnog fronta 12, 21 000 Novi Sad, Serbia
(alan.vranjkovic@nis.eu)

Ključne riječi: Gorski vodonosnici, regionalna geologija, 3D geološki model, zalihe podzemnih voda, Midland Valley Move, Žumberačko i Samoborsko gorje

Key words: Mountain aquifers, Regional Geology, 3D Geological Model, Groundwater reserves, Midland Valley Move, Žumberak and Samoborsko gorje

Regionalne hidrogeološke strukture kilometarskih dimenzija razvijene su u uzdignutim geomorfološkim strukturama u području sjeverne i sjeverozapadne Hrvatske. Izgrađuju područja Žumberačkog i Samoborskog gorja, Zagrebačke gore, Kalničkog gorja te više geomorfoloških jedinica u Hrvatskom Zagorju i u području slavonskih planina. U hidrogeološkim strukturama sadržana je podzemna voda visoke kakvoće koja je značajan mogući resurs za vodoopskrbu (DRAGIČEVIĆ et al., 2014).

Većina naselja i gradova u SZ Hrvatskoj napaja se vodom iz aluvijalnih vodonosnika. Osnovne prednosti aluvijalnih vodonosnika su jednostavne geološke strukture u kojima se nalaze vodonosnici, male dubine zalijanja, relativno visoka međuzrnska poroznost i niska cijena istraživanja (DRAGIČEVIĆ et al., 1997; PAVIČIĆ, 2014). Nedostatak im je osjetljivost na onečišćenje ili zagađenje te dugo zadržavanje zagađivala u vodonosniku, što sanaciju čini vrlo dugotrajnom i često upitnom. Zato je potrebno istražiti i potencijale drugih vodonosnika u neposrednoj blizini većih naselja. Ovdje se prvenstveno misli na gorske i prigorske vodonosnike, koji se odlikuju pretežito sekundarnom poroznošću, visokom kakvoćom podzemne vode i ekološkom očuvanju. Zbog svoga geomorfološkog i strukturnog položaja oni su uglavnom izvan područja značajnijih antropogenih utjecaja te je relativno jednostavno provoditi zaštitu područja napajanja. Istraživanja u regionalnom mjerilu provedena su u području Žumberačkog i Samoborskog gorja s ciljem određivanja hidrogeološkog potencijala za daljnja detaljnija istraživanja i u konačnici pridobivanja novih količina podzemnih voda za javnu vodoopskrbu.

Vodonosnici su pretežito izgrađeni od trijaskih dolomita, badenskih litotamnijskih vapnenaca i vapnenačkih breča. Mjestimice se pojavljuju u značajnim volumenima jurski i gornjokredni vapnenci.

Suvremenim geološkim, hidrogeološkim i geomorfološkim istraživačkim metodama definirane su geološke i hidrogeološke značajke područja Žumberka i Samoborskog gorja u regionalnom mjerilu. Geološki model konstruiran je u računalnom softveru Midland Valley Move 2013 (PAVIČIĆ, 2014). 3D modelom obuhvaćene su geološke, hidrogeološke i geomorfološke i strukturne značajke područja, na temelju čega su procijenjene vrijednosti volumena stijena te pukotinskog i pornog prostora. Na temelju OGK SFRJ 1:100.000, listova Zagreb (ŠIKIĆ et al., 1977), Novo Mesto (PLENIČAR et al., 1975) i Črnomelj (BUKOVAC et al., 1984) te disertacije, VUJNOVIĆ, 2010 izradene su geološka i hidrogeološka karta Žumberka i Samoborskog gorja (PAVIČIĆ, 2014), te su navedene karte pomoću digitalnog modela reljefa transformirane u „3D“ geološku/hidrogeološku kartu. Konstruirane karte korištene su za izradu poprečnih i uzdužnih geoloških/hidrogeoloških profila. Povezivanjem struktura na susjednim profilima prostorno su definirani vodonosnici između profila, što za cijelo područje predstavlja 3D geološki model podzemlja (PAVIČIĆ, 2014). Na temelju volumena određenih iz 3D geološkog modela i podataka o poroznosti koji su preuzeti iz objavljenih radova i literature (MAYER, 1994) procijenjen je volumen pornog prostora koji ako je potpuno saturiran predstavlja i potencijalne zalihe podzemne vode. Procijenjeni volumen pornog i pukotinskog prostora u istraživanom području iznosi oko 20 km^3 (kod procijenjene poroznosti za vapnence i dolomite od 5%) (PAVIČIĆ, 2014). Dakako da je procijenjeni volumen pornog prostora u ovom mjerilu shvaćen orijentacijski odnosno kao red veličine te da dalnjim detaljnijim istraživanjima treba istražiti potencijalna područja u detaljnijem mjerilu te preciznije procijeniti pukotinski i porni prostor pojedinih vodonosnika.

Istraživano područje je zamršene geološke građe. Stijene su intenzivno borane i rasjedane te su za vrijeme kompresij-

skih režima naprezanja stvorene strukture u kojima može doći do udvostručenja realnih debljina, čime se volumen vodonosnika znatno povećava. Prednost ove metode je dobivanje egzaktnijih vrijednosti volumena pukotinskog i pornog prostora jer se temelji na realnijim geološkim odnosima. S druge pak strane metoda je opterećena geološkom interpretacijom na temelju malog broja ulaznih podataka i regionalnim mjerilom istraživanja (PAVIČIĆ, 2014). Dalnjim detaljnijim terezenskim geološkim istraživanjima prikupili bi se podaci na temelju kojih bi se izradio detaljniji i precizniji 3D geološki model pojedinih vodonosnika. Kombinacijom 3D geološkog modela te podataka o istjecanjima na izvorima, podataka o trasiranjima te na temelju podataka iz postojećih bušotina i crpilišta, mogao bi se preciznije kvantificirati efektivni porni prostor te prepoznati dinamika podzemne vode u istraživanim vodonosnicima.

Literatura:

BUKOVAC, J., POLJAK, M., ŠUŠNJAR, M. & ČAKALO, M. (1984): Osnovna geološka karta SFRJ, 1:100.000, list Črnomelj L 33-91, Geol. zavod Zagreb i geol. zavod Ljubljana, Sav. geol. zavod, Beograd.

- DRAGIČEVIĆ, I., PRELOGOVIĆ, E., PAVELIĆ, D., VRANJKOVIĆ, A. & PAVIČIĆ, I. (2014): Hidrogeološka potencijalnost gorskih i prigorskih vodonosnika sjeverne Hrvatske: Žumberačko i Samoborsko gorje, Zagrebačka gora, Kalnik.– Fond stručne dokumentacije RGNF-a, Zagreb.
- DRAGIČEVIĆ, I., BLAŠKOVIĆ, I., MAYER, D., ŽUGAJ, R. & TOMLJENOVIC, B. (1997): Gorski i prigorski vodonosnici sjeverne Hrvatske (izvješće o radovima u 1996. Godini).– Fond stručne dokumentacije RGNF, Zagreb.
- MAYER, D., DRAGIČEVIĆ, I. & URUMOVIĆ, K. (1994): Analiza i reinterpretacija rezultata hidrogeoloških istraživanja na području općine Križevci.– Hidropunkt-ing, Zagreb.
- PAVIČIĆ, I. (2014): Regionalni geološki i hidrogeološki odnosi u području Žumberka i Samoborskog gorja s posebnim osvrtom na zahteve podzemnih voda.– Diplomski rad, RGNF, Sveučilište u Zagrebu, 85 str.
- PLENIČAR, M., PREMRU, U. & HERAK, M. (1975): Osnovna geološka karta SFRJ, 1:100.000, list Novo Mesto L 33-79, Geol. zavod Ljubljana, Sav. geol. zavod, Beograd.
- ŠIKIĆ, K., BASCH, O. & ŠIMUNIĆ, A. (1977): Osnovna geološka karta SFRJ, 1:100.000, list Zagreb L 33-80, Inst. Geol. Istraž. Zagreb, Savezni geološki zavod Beograd.
- VUJNOVIĆ, T. (2010): Hidrogeološke značajke Parka prirode „Žumberak-Samoborsko gorje“.– Doktorska disertacija, RGNF, Sveučilište u Zagrebu, 168 str.

Planktonic foraminiferal assemblages of the Late Cretaceous sediments (Southern Tethys Area)

Zajednica planktonskih foraminifera gornjokrednih naslaga (južni Tetis)

Gabrijela Pecimotika¹, Blanka Cvetko Tešović², Vlasta Premec Fuček¹, Morana Hernitz Kučenjak¹
& Renata Slavković¹

¹ INA-Industrija nafte d.d., Exploration and Production BD, Field Engineering and Operations Sector, E&P Research Laboratory Department, Lovinčićeva 4, 10 002 Zagreb, Croatia (gabrijela.pecimotika@ina.hr, vlasta.premec-fucek@ina.hr, morana.hernitz-kucenjak@ina.hr, renata.slavkovic@ina.hr)

² University of Zagreb, Faculty of Science, Department of Geology, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb, Croatia (bcvetko@geol.pmf.hr)

Key words: planktonic foraminifera, biostratigraphy, palaeoecology, Upper Turonian–Maastrichtian, Southern Tethys Area
Ključne riječi: planktonske foraminifere, biostratigrafija, paleoekologija, gornji turon–mastriht, južni Tetis

For detailed micropalaeontological investigation of planktonic foraminiferal assemblages from the upper Turonian to Maastrichtian interval samples of deep exploration wells Al Mahr-1, Mustdaira-1, Mustadira-2 and Palmyra-1 in the Palmyride area of Syria were selected. The investigated strata are divided into three lithostratigraphical units: 1) the upper part of the Judea Formation (upper Turonian–Coniacian); 2) the Soukhne Formation (Santonian–lower Campanian); and 3) the Shiranish Formation (upper Campanian–Maastrichtian).

The presence of rich and highly diverse planktonic foraminiferal assemblages enabled biostratigraphical zonation of the upper Turonian to Maastrichtian deposits based on the presence of index-taxa and/or the entire microfossil assemblages. Nine biozones have been established: I) *Dicarinella concavata* Interval Zone; II) *Dicarinella asymetrica* Total-range Zone; III) *Globotruncanita elevata* Partial-range Zone; IV) *Contusotruncana plummerae* Interval Zone; V) *Globotruncanita stuarti* Interval Zone; VI) *Globotruncanita aegyptiaca* Interval Zone; VII) *Gansserina gansseri* Interval Zone; VIII) *Contusotruncana contusa*–*Racemiguembelina fructicosa* Partial-range Zone and 9) *Abathomphalus mayaroensis* Interval Zone. The established biostratigraphic zonation is correlated to the standard planktonic foraminiferal zonation after ROBASZYNSKI & CARON, 1995; PREMOLI SILVA & SLITER, 1994; PREMOLI SILVA & VERGA, 2004; SARI, 2006, 2009; HUBER et al., 2008; PETRIZZO et al., 2011 and PÉREZ-RODRÍGUEZ et al., 2012.

The late Turonian to early Campanian foraminiferal assemblages (biozones I–IV) are highly dominated by opportunistic taxa (r-strategists) and suggest a generally fluctuating subtropical climate and deposition in outer shelf environments. The well-preserved and highly diverse late Campanian to Maastrichtian foraminiferal assemblages (biozones V–IX) imply the presence of a well-stratified water column, tropical to subtropical climate, and deposition in outer shelf

to upper bathyal environments. A decrease in the number of globotruncanids during the late Maastrichtian indicates less stratified water column and unfavourable palaeoceanographic conditions for K-selected species.

Common occurrence of phosphate grains in the Soukhne Formation (Santonian–lower Campanian) present an important indicator of specific geological and palaeoenvironmental conditions, such as oxygen deficiency, upwelling and transgression. These conditions support the interpretations of high domination of opportunistic planktonic foraminiferal taxa (heterohelicids and muricohedbergelids) in biozones II and III.

This study provides insight into the nature of deposition along the northern passive margin of the Gondwana during the Late Cretaceous, while determination of the composition and diversity of foraminiferal assemblages allowed important new palaeoecological and palaeoclimatic interpretations.

References:

- HUBER, B.T., MACLEOD, K.G. & TUR, N.A. (2008): Chronostratigraphic framework for upper Campanian–Maastrichtian sediments on the Blake Nose (subtropical North Atlantic).— *J. Foraminifer. Res.*, 38, 162–182.
- PÉREZ-RODRÍGUEZ, I., LEES, J.A., LARRASOANA, J.C., ARZ, J.A. & ARENILLAS, I. (2012): Planktonic foraminiferal and calcareous nannofossil biostratigraphy and magnetostratigraphy of the uppermost Campanian and Maastrichtian at Zumaia, northern Spain.— *Cretac. Res.*, 37, 100–126.
- PETRIZZO M.R., FALZONI, F. & PREMOLI SILVA, I. (2011): Identification of the base of the lower-to-middle Campanian *Globotruncana ventricosa* Zone: comments on reliability and global correlations.— *Cretac. Res.*, 32, 387–405.
- PREMOLI SILVA, I. & SLITER, W.V. (1994): Cretaceous planktonic foraminiferal biostratigraphy and evolutionary trends from the Bottaccioni section, Gubbio, Italy.— *Paleont. It.*, 82, 1–89.

- PREMOLI SILVA, I. & VERGA, D., (2004): Practical manual of Cretaceous planktonic Foraminifera.– In: VERGA, D. & RETTORI, R. (eds.): International School on Planktonic Foraminifera, 3rd Course: Cretaceous: University of Perugia and Milano, Tipografia Pontefelicino, Perugia, Italy, 283 p.
- ROBASZYNSKI, F. & CARON, M. (1995): Foraminifers planctoniques du Crétacé: commentaire de la zonation Europe-Méditerrané.– Bull. Soc. Géol. Fr., 6, 681–692.
- SARI, B. (2006): Upper Cretaceous planktonic foraminiferal biostratigraphy of the Bey Dağları Autochthon in the Korkuteli area, western Taurides, Turkey.– *J. Foraminifer. Res.*, 36, 241–261.
- SARI, B. (2009): Planktonic foraminiferal biostratigraphy of the Coniacian-Maastrichtian sequences of the Bey Dağları Autochthon, western Taurides, Turkey: thin-section zonation.– *Cretac. Res.*, 30, 1103–1132.

Morphological changes of natural and artificial gravel beaches assessed by SfM photogrammetry: A Dugi Rat case study (Croatia)

Morfološke promjene prirodnih i umjetnih šljunčanih žala procijenjene primjenom SfM fotogrametrije: Studija slučaja Dugi Rat (Hrvatska)

Kristina Pikelj^{1,2}, Suzana Ilić¹ & Mike R. James¹

¹ Lancaster Environment Centre, University of Lancaster, LA1 4YQ Lancaster, United Kingdom
(k.pikelj@lancaster.ac.uk, s.ilic@lancaster.ac.uk, m.james@lancaster.ac.uk)

² Department of Geology, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb, Croatia
(kpikelj@geol.pmf.hr)

Key words: beach morphology, SfM photogrammetry, storm event

Ključne riječi: morfologija žala, SfM fotogrametrija, olujno nevrijeme

Sustainable beach management within coastal management should be based on the understanding of beach processes and morphology. Gravel beaches are recognized as effective dissipators of wave energy and thus they play important role in coastal protection. Therefore, various coastal studies have been focused on gravel beaches during the two last decades (*e.g.* BUSCOMBE & MASSELINK, 2006 and reference within). Natural gravel beaches are common at high latitudes where glacially transported sediment has been reworked after winnowing of finer particles from the source material. They are also common at other latitudes near eroding cliffs and/or along coasts backed by mountains. An example of the latter is coastline around Dugi Rat (Middle Dalmatia), situated in the longest zone with flysch deposits outcropping along the Croatian part of the eastern Adriatic coast. Steep and rugged, this coast strip is a typical fold and thrust structure, characterized by older carbonates thrust over younger flysch. Along this zone mostly gravel beaches have been developed, regardless the composition of original flysch and associated deposits (PIKELJ & JURAČIĆ, 2013; PIKELJ et al., 2014).

In general, the Croatian coast is a high rocky karstic coast, where small, mostly gravel and scattered beaches are developed. Human pressure in terms of rapidly growing tourism together with natural pressure due to the climate change resulted in artificial beach construction and nourishment of natural beaches. Many of them are regularly replenished and/or protected by coastal structures due to the sediment losses during storm events. However, there is little understanding of how these beaches behave during a range of environmental conditions and whether the sediment losses are permanent. Regular monitoring of changes of beach morphology in various environmental conditions is thus crucial for improving the knowledge, which in turn can inform beach management.

The novel Structure-from-Motion (SfM) photogrammetric method for 3D reconstruction utilizes digital photographs to produce digital elevation models (DEM) of centi-

metric precision (FONSTAD et al., 2003) for objects viewed from distances of 10's m (JAMES & ROBSON, 2012). SfM results can be comparable LIDAR in terms of resolution, but the approach is cheaper, quicker and reduces field labour. As such, SfM photogrammetry is considered to be convenient for frequent data collection at several small gravel beaches at the same time.

The method was applied at two study sites located in municipality Dugi Rat. Once an industrial settlement, Dugi Rat has turned to tourism industry since 2003 and its shoreline is heavily influenced by human activities. Several artificial gravel beaches have been constructed to enhance touristic offer and to provide coastal protection to newly built promenade. After being constructed, artificial beaches are nourished on a yearly basis due to the loss of the sediment. Nourishment is usually held during spring, after storm events occurring mostly during winter and before the start of the summer tourist season. Two gravel beaches, one natural (Glavica) and one artificial (Dugi Rat), were monitored using SfM technique during energetic wave conditions caused by three-day lasting *Jugo* wind in February 2015. Glavica is a 170 m long natural beach oriented south-southwest to north-northeast on a predominantly NW-SE (Dinaric) coastline and directly exposed to *Jugo* waves. Dugi Rat is an 80 m long embayed artificial beach, divided in half by a perpendicular recreational concrete pier. This construction serves partly as a groin across the beach; therefore two parts of the beach have been studied separately. The western part of the beach is oriented nearly west-east, while the eastern part curves and it is oriented approximately northwest-southeast. The beach is partially protected from *Jugo* waves by the Dugi Rat headland. In total, 300-400 photos were collected at each site, using a single SLR camera (Canon EOS 450 D). The camera was held at two different heights; at the eye level and overhead by mounting it on a pole, following the recommendations given by JAMES & ROBSON (2012) and JAMES et al. (2013). Coordinates for the ground control points, which were used for georefer-

ncing, were obtained by virtual reference station real-time kinematic (VRS RTK) positioning method, using Trimble R8 GNSS receiver and CROPOS VPPS service. Achieved accuracy was within 2 cm in horizontal and 4 cm in vertical position. Point clouds and DEMs were generated from digital photographs, using Agisoft PhotoScan 3D reconstruction package, while contour maps were created using Golden Software Surfer. DEMs and contour maps were used to calculate beach volume change and to assess changes in beach elevation.

The sediment loss on Glavica beach was 21 m^3 (~2%) after the *Jugo* event. The most prominent change in beach elevation occurred on the southwest part of the beach ($> -25 \text{ cm}$), as well as in the middle of the beach, north of the concrete platform. It is hypothesized that the sediment was lost offshore. Increased heights associated with a discontinuous berm fronted with a sharp step occurred in the upper part of the beach. This beach step is a typical steep break in the beach slope, common at gravel beaches exposed to more energetic waves. Another area of accretion was observed just onshore of the toe of the beach, created by swash zone processes of more gentle post-storm waves.

The sediment loss on the eastern part of the Dugi Rat beach was 4 m^3 (~3%) after the *Jugo* event. South-eastern side of this beach was visibly lower (~ -25 cm), while sediment was accumulated at the western ($\geq 35 \text{ cm}$). This sediment relocation indicates the direction of the longshore sediment transport from east to west. The accumulation was pronounced in form of two parallel ridges formed at the onshore swash boundaries, created by waves of different energy. Unlike eastern portion of the beach, western part has gained sediment (3%). Here the erosion also took place on the eastern side of the beach, and accretion on the western side and only one ridge dominates the accretion zone. Since no sediment exchange between two parts has been observed (except negligible sediment discharge over the pier) it is assumed that sediment excess occurred mainly by cross-shore swash processes. However, there might be that some sediment was transported from eastern part to western part of the beach around the pier in the nearshore zone.

Based on the results presented, SfM photogrammetry is considered as a suitable method for quick and frequent beach

surveys. In the frame of beach monitoring for beach management purposes, a sequence of surveys should be done under the various wave conditions over various temporal scales. Furthermore, this study showed interesting result that the artificial beach was more resilient than natural beach. However, the beach orientation and configuration, sediment grain size, prevailing winds/waves, wind heights etc. need to be considered to explain the observed behaviour.

References:

- BUSCOMBE, D. & MASSELINK, G. (2006): Concepts in gravel beach dynamics.– *Earth-Sci. Rev.*, 79, 33–52.
- FONSTAD, M.A., DIETRICH, J.T., COURVILLE, B.C., JENSEN, J.L. & CARBONNEAU, P.E. (2013): Topographic structure from motion: a new development in photogrammetric measurement.– *Earth Surf. Process. Landf.*, 38/4, 421–430.
- JAMES, M.R. & ROBSON, S. (2012): Straightforward reconstruction of 3D surfaces and topography with a camera: accuracy and geo-science application.– *J. Geophys. Res.*, 117, F03017.
- JAMES, M.R., ILIĆ, S. & RUŽIĆ, I. (2013): Measuring 3D coastal change with a digital camera.– U: BONNETON, P., GARLAN, T., SOTTOLICHO, A. & CASTELLE, B. (ur.): Proc. 7th Int. Conf. Coastal Dynamics 2013, Arcachon, Bordeaux University, SHOM, 893–904.
- PIKELJ, K. & JURAČIĆ, M. (2013): Eastern Adriatic Coast (EAC): geomorphology and coastal vulnerability of a karstic coast.– *J. Coast. Res.*, 29/4, 944–957.
- PIKELJ, K., KOVAČIĆ, M. & CVETKO TEŠOVIĆ, B. (2014): Geological control of beach sediment in the Kaštela-Ploče flysch zone (Adriatic Sea, Croatia).– U: BENINCASA, F. (ur.): Proc. 5th Int. Symp. “Monitoring Of Mediterranean Coastal Areas: Problems And Measurement Techniques”, Livorno, Italy, 704–711.

The results presented are part of the current RAGBICOM project funded by the Government of the Republic of Croatia and the Ministry of Science, Education and Sport (MSES) within new International Fellowship Mobility Programme for Experienced Researchers in Croatia (NEWFELPRO) and co-financed through the Marie Curie FP7-PEOPLE-2011-COFUND program. Project is realising in cooperation with Lancaster University, Lancaster Environment Centre, Lancaster, UK and Faculty of Science, Department of Geology, Zagreb, Croatia.

Površinski sediment dna istočnog dijela Jadranskog mora (Hrvatska) – raspored, porijeklo i transport

Surface seabed sediment of the Eastern Adriatic Sea (Croatia) – distribution, origin and transport

Kristina Pikelj^{1,2} & Mladen Juračić²

¹ Lancaster Environment Centre, University of Lancaster, LA1 4YQ Lancaster, United Kingdom (k.pikelj@lancaster.ac.uk)

² Geološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Horvatovac 102 a, 10 000 Zagreb, Hrvatska (kpikelj@geol.pmf.hr, mjuracic@geol.pmf.hr)

Ključne riječi: karbonatno-siliciklastični, miješani, sediment, Jadransko more

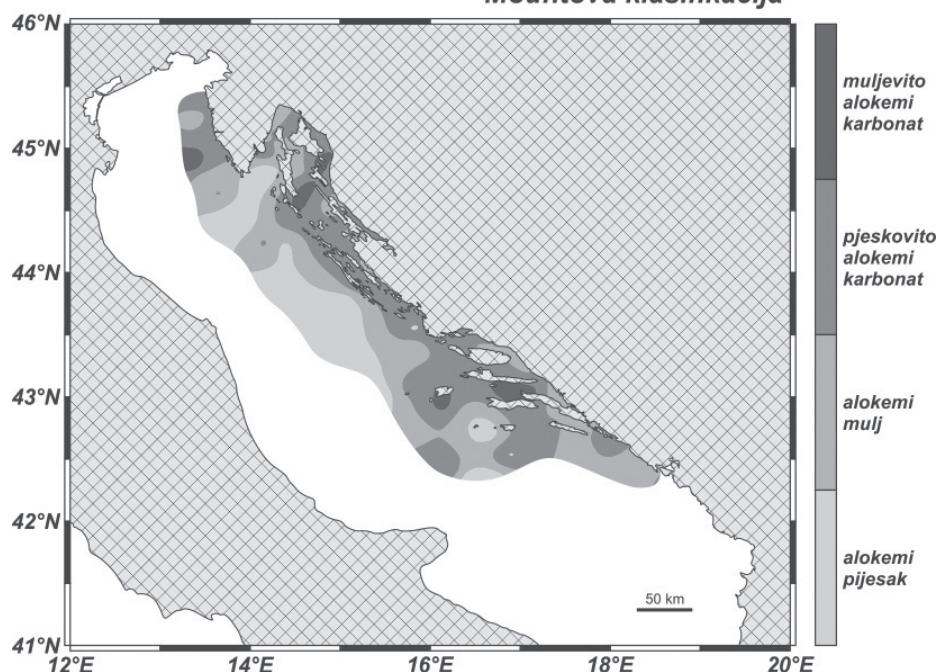
Key words: carbonate-siliciclastic, mixed, sediment Adriatic Sea

Jadransko more je polu-zatvoren, mikro-plimni dio Sredozemlja, u kojem su morfološke karakteristike bazena, razlike u građi i donosu materijala s istočne i zapadne strane, te fluktuacije morske razine tijekom pleistocena uvjetovale veliku raznolikost taložnih okoliša na relativno malom prostoru. Istočna strana Jadranskog mora je u najvećoj mjeri obrubljena strmom, stjenovitom i razvedenom obalom gradenom uglavnom od mezozojskih karbonata (>90% duljine obale, PIKELJ et al., 2013). U manjoj mjeri (~6% duljine obale; PIKELJ et al., 2013) je u građi obale zastupljen eocenski fliš kao i pridružene pleistocenske i kvartarne naslage. Krška obilježja obale i zaleđa uzrok su slabo razvijene mreže krških rijeka, te u odnosu na duljinu obale malog i lokaliziranog donosa terigenog materijala u more. Radi slabog

donosa siliciklastičnog materijala i time njegove male brzine sedimentacije, može se prepostaviti da je istočni dio Jadranskog mora osebujan taložni prostor u kojem bi udio biogenih čestica u površinskom sedimentu mogao biti značajan. Cilj ovog istraživanja bio je dobiti opću sliku o tipovima i rasporedu površinskog sedimenta dna istočne strane Jadranskog mora, odrediti porijeklo i mehanizme njegovog taloženja, te zakonitosti koje uvjetuju taj raspored.

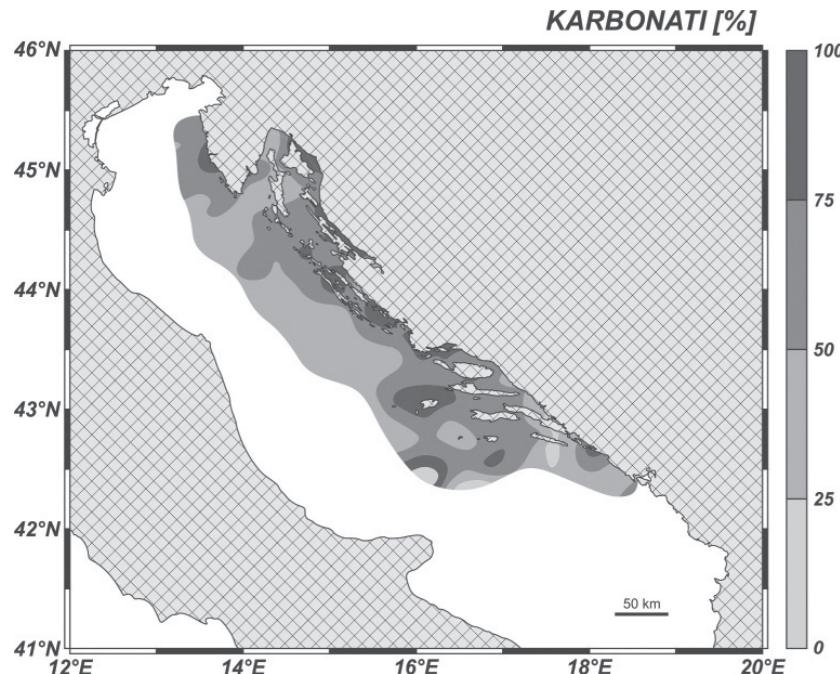
Prvih 5 cm površinskog sedimenta uzorkovano je na 248 lokacija na šelfnom području od Savudrije do crnogorske granice na dubinama dna do 155 m. Granulometrijski sastav sedimenta određen je kombiniranim tehnikom mokrog sijanja i sedigrafa. Semikvantitativni mineralni sastav određen je difrakcijom rtg zraka na praškastom uzorku, a udio kar-

Mountova klasifikacija



Slika 1. Raspodjela tipova miješanih sedimenata.

Figure 1. Distribution of mixed sediment classes.



Slika 2. Postotak karbonata u površinskom sedimentu.

Figure 2. Percentage of carbonate content in surface sediment.

bonatne komponente u sedimentu određen je volumetrijski. Krupno-zrnate (pjeskovite i šljunkovite) frakcije sedimenta pregledane su pod mikroskopom kako bi se ustanovio udio i sastav skeletnih i neskeletnih zrna. Za karakterizaciju miješanih sedimenata upotrijebljena je Mountova klasifikacija (MOUNT, 1985). Dobiveni rezultati statistički su obrađeni pomoću metoda korelacije i analize glavnih komponenti.

Na dnu istočno-jadranskog šelfa prevladava krupnozrnati i pretežito miješani (87,5%) karbonatno-siliciklastični sediment (Sl. 1), uglavnom pijesak. Karbonatna komponenta je zastupljena u rasponu 10-99% (Sl. 2). U najvećoj mjeri je biogenog porijekla i zastupljena u krupno-zrnatoj frakciji, a čine je uglavnom recentni i subrecentni bioklasti. Sastav bioklasta pokazuje dominaciju ljuštura školjkaša, puževa, mahovnjaka, foraminifera i crvenih algi, a manje su zastupljeni ostaci bodljikaša, kolutićavaca, člankonožaca i spužvi. Na temelju dominacije pojedine skupine skeletnih zrna u uzorcima, definirane su tri prisutne skeletne zajednice: foramol, briomol i rodagal, karakteristične za karbonate izvan tropske zone. U karbonatnoj frakciji dominira nisko-magnezijski kalcit nad visoko-magnezijskim kalcitom i aragonitom, također odlikujući hladno-vodnih karbonata. Manji dio karbonatne komponente je terigen, a čine ga litoklasti prepoznati u šljunkovitoj frakciji. S obzirom na dobru zaobljenost i dubinu na kojoj su nađeni (ispod valne baze), pretpostavlja se da su takvi litoklasti reliktni, taloženi i oblikovani za niže razine mora.

Siliciklastična komponenta je terigenog porijekla i sastoji se od kvarca, muskovita, plagioklasa, amfibola, piroksena, te minerala glina. Najveći dio siliciklastične komponente nalazi se u sitnozrnatoj frakciji, a dobiven mineralni sastav ukazuje na fliške naslage kao izvorište. Recentni dio takvog ma-

terijala dolazi djelomično rijekama, a djelom je posljedica direktnog transporta u more nakon abrazije i denudacije. Pretpostavlja se da je dio siliciklastičnog materijala nastao trošenjem u subaerskim uvjetima izloženih fliških naslaga u vrijeme niže razine mora, te da su izvorišno područje i istaloženi materijal nakon transgresije ostali ispod razine mora. Dio siliciklastične komponente čini dobro sortirani reliktni kvarcni pijesak uzorkovan u području otvorenog mora.

Na raspored i tip sedimenata u istraživanom području znatan utjecaj imaju valovi, a morske struje i struje morskih mijena su od manjeg značenja. Krupno-zrnati biogeni karbonatni materijal nastaje na svim dubinama, ispod i iznad valne baze. Sitno-zrnati, uglavnom siliciklastični materijal djelovanjem valova biva resuspendiran i taložen u dublje dijelove, ispod valne baze.

Rezultati provedenog istraživanja pokazali su da je istočno-jadranski šelf neravnotežni miješani karbonatno-siliciklastični šelf, sa značajnom produkcijom karbonatnog materijala izvan tropskog pojasa. Sediment koji ga prekriva mješavina je karbonatnog, siliciklastičnog, terigenog i biogenog, te recentnog i subrecentnog materijala. Miješanje sedimenata odraz je slabog terigenog donosa i time male brzine sedimentacije, te intenzivne bioturbacije.

Literatura:

- MOUNT, J. (1984): Mixing of siliciclastic and carbonate sediments in shallow shelf environments.– *Geology*, 12, 432–435.
 PIKELJ, K., DRAGNIĆ, V. & MALOVRAZIĆ, N. (2013): Eastern Adriatic: Slovenia, Croatia and Montenegro.– U: PRANZINI, E. & WILLIAMS, A.T. (ur.): *Coastal Erosion and Protection in Europe*. Oxford, UK: Routledge, Taylor and Francis, 324–344.

Inženjerskogeološko mikrozoniranje prema standardima Eurokoda 8 za zapadni dio Podsljemenske urbanizirane zone

Engineering geological zoning according to Eurocode 8 for the western part of Podsljeme urban area

Laszlo Podolszki, Željko Miklin, Jasmina Martinčević Lazar, Josip Kolarić & Ksenija Frbežar

Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: inženjerskogeološko mikrozoniranje, seizmičko mikrozoniranje, Eurokod 8, Podsljemenska zona

Key words: engineerig geological microzonong, seismic microzoning, Eurocode 8, Podsljeme area

Mjerenjem mikroseizmičkog nemira mogu se dobiti osnovne informacije o građi površinskih slojeva odnosno mogu se prikupiti podaci koji mnogo govore o odzivu i tipu lokalnoga tla na pobudu potresnim valovima, te olakšavaju klasifikaciju tla u skladu s građevinskim propisima ili normama, npr. prema Eurokod 8, Tablica 1 (HZN 2011a, 2011b; HERAK et al., 2013). U sklopu seizmičkog mikrozoniranja za potrebe grada Zagreba provedeno je i inženjerskogeološko mikrozoniranje prema standardima Eurokoda 8 za zapadni dio Podsljemenske urbanizirane zone.

Glavne karakteristike površinskih naslaga prema Eurokodu 8 odredene su u odnosu na seizmičku osjetljivost (A, B, C, D, E, S₁ i S₂). Prema inženjerskogeološkim karakteristikama površinskih naslaga na području istraživanja A tip tla bi predstavljali uglavnom dolomiti trijasa, vapnenci i vapneni lapor miocena, B tip tla bi predstavljali mješavina materijala vrlo zbijenog pijeska, šljunka ili vrlo čvrste gline, debljine najmanje nekoliko desetina metara, uglavnom miocenske starosti, C tip tla bi predstavljali slojevi zbijenog ili srednje zbijenog pijeska, šljunka ili čvrste gline, debljine od nekoliko desetina do više stotina metara uglavnom miocenske i kvartarne starosti, D tip tla bi predstavljali rastresiti do srednje zbijeni nevezani sedimenti (s ili bez mehaničkih kohezivnih slojeva) ili predominantno mekano do čvrsto kohezivno tlo uglavnom miocenske starosti,

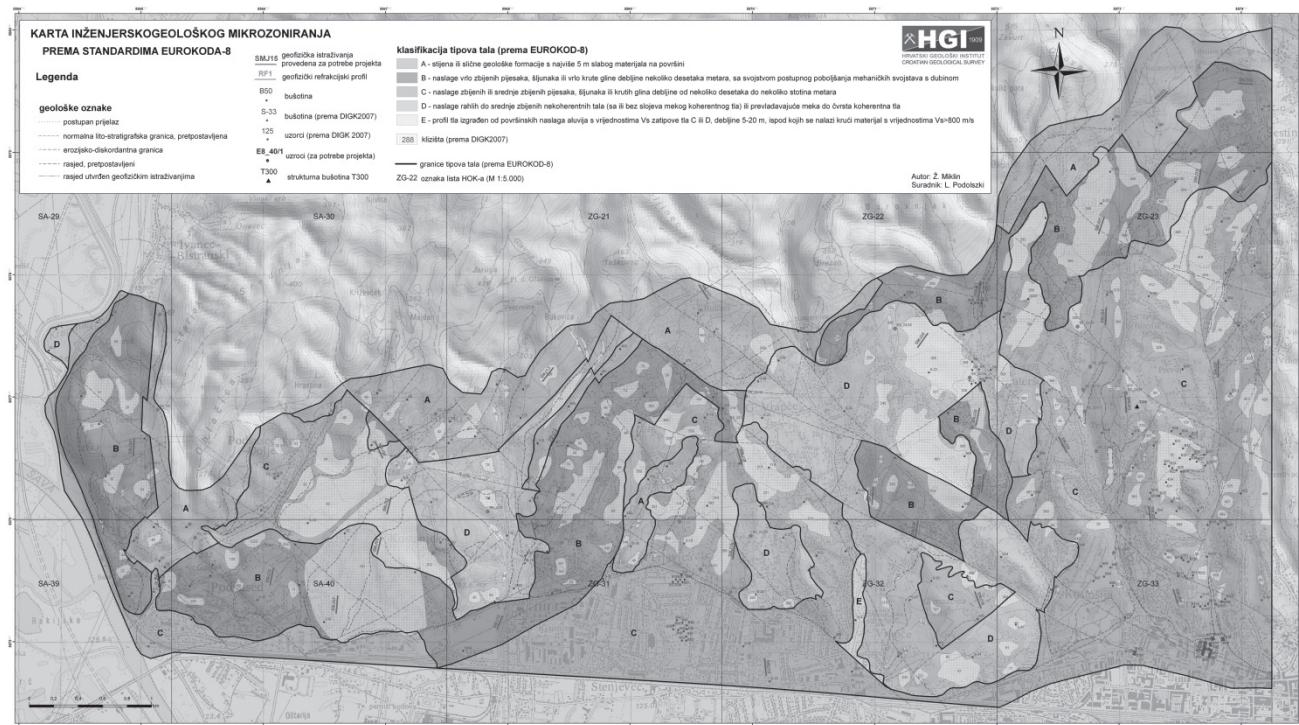
te E tip tla bi predstavljali aluvijalni nanosi sa vrijednosti v_{s30} prema tipu C ili D i debljinom između 5 i 20 m, ispod kojeg je krući materijal sa $v_{s30} > 800$ m/s. Na području istraživanja taj tip naslaga prisutan je samo na manjem dijelu. Također su izdvojena i klizišta prema DIGK-Faza I (MIKLIN et al., 2007; MIKLIN 2011), odnosno ovaj „tip tla“ (S₁, S₂) je podložan likvefakciji s osjetljivim glinama ili predstavlja bilo koji drugi profil tla koji nije uključen u kategorije A-E. Većinom se radi o bubrećim glinama zbog kojih je nastalo klizanje različitih stratigrafskih članova, ali je najveći postotak klizišta u naslagama kvartarne i miocenske starosti. Karta inženjerskogeološkog mikrozoniranja za zapadni dio Podsljemenske urbanizirane zone je prikazana na Slici 1.

Rezultati provedenih istraživanja sintetizirani su u kompilacijsku kartu seizmičkog mikrozoniranja za istraživano pilot-područje (HERAK et al., 2013). Kako je riječ o integriranju vrlo različitih podataka širokog spektra, mogućnost posve objektivne analize i interpretacije je bila vrlo teška, pa je bilo nužno i donekle subjektivno odlučivanje o tome koji tip tla pridijeliti kojoj od zona identificiranih inženjersko geološkim mikrozoniranjem. Dobivena „pojednostavljena“ karta seizmičkog mikrozoniranja se može primijeniti u urbanom planiranju, osim na izdvojenim područjima identificiranih klizišta, gdje su potrebna dodatna istraživanja.

Tablica 1. Tipovi tla prema Eurokodu 8.

Table 1. Soil types according to Eurocode 8.

Tip tla	Opis profila
A	Stijena ili druga geološka formacija poput stijene uključujući najviše 5 m slabijeg materijala na površini.
B	Nanosi vrlo gustog pijeska, šljunka ili vrlo krute gline, debljine najmanje nekoliko desetaka metara, s postupnim povećanjem mehaničkih svojstava s dubinom.
C	Duboki nanosi gustog ili srednje gustog pijeska, šljunka ili krute gline debljine od nekoliko desetaka metara do više stotina metara.
D	Nanosi rahlog do srednje zbijenog nekoherentnog tla (s nešto mekih koherentnih slojeva ili bez njih), ili pretežno meko do dobro koherentno tlo.
E	Profil tla koja se sastoji od površinskog aluvijskog sloja s vrijednostima vs za tipove C ili D i debljinom između 5 i 20 m ispod kojeg je krući materijal s vs > 800 m/s.
S ₁	Nanosi koji se sastoje od, ili sadrže, sloj debljine najmanje 10 m mekih glina/praha s velikim indeksom plastičnosti (PI > 40) i velikim sadržajem vode.
S ₂	Nanosi tla podložnih likvefakciji, osjetljivih glina ili svaki drugi profil tla koji nije obuhvaćen tipovima A do E ili S ₁ .



Slika 1. Karta inženjerskogeološkog mikrozoniranja, u izvornom mjerilu 1:10.000. Svjetlijom nijansom označena su klizišta identificirana na detaljnoj inženjerskogeološkoj karti (MIKLIN et al., 2007).

Figure 1. Engineering geological microzonation map, original scale is 1:10.000. Landslides are marked with lighter shades according to detailed engineering geological map (MIKLIN et al., 2007).

Literatura:

HERAK, M., MIKLIN, Ž., ALLEGRETTI, I., DASOVIĆ, I., FIKET, T., HERAK, D., IVANČIĆ, I., KUK, K., KUK, V., MARIĆ, K., MARKUŠIĆ, S., PREVOLNIK, S., PODOLSKI, L., SOVIĆ, I., STIPČEVIĆ, J. (2013): Seizmičko i geološko mikrozoniranje prema standardima Eurokoda 8 za zapadni dio Podsljemenske urbanizirane zone.- Seizmološka istraživanja i rezultati studije, Knjiga 1, Geofizički odsjek, Prirodoslovni-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb, 102 str.

HRVATSKI ZAVOD ZA NORME (2011): HRN EN 1998-1:2011 hr, Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija-1. dio: Opća pravila, potresna djelovanja i pravila za zgrade (EN

1998-1:2004+AC:2009).– HZN – Oglasnik za normativne dokumente 6/2011.

HRVATSKI ZAVOD ZA NORME (2011): Nacionalni dodatak za niz normi HRN EN 1998-1:2011/NA:2011, Eurokod 8: Projektiranje potresne otpornosti konstrukcija - 1.dio: Opća pravila, potresna djelovanja i pravila za zgrade.

MIKLIN, Ž., MLINAR, Ž., BRKIĆ, Ž., HEĆIMOVIĆ, I. & DOLIĆ, M. (2007): Detaljna inženjerskogeološka karta Podsljemenske urbanizirane zone u mjerilu 1:5.000 (DIGK-Faza I).– Hrvatski geološki institut, Zagreb, Knjige 1–4, 44 priloga.

MIKLIN, Ž. (2011): Dopuna Detaljne inženjerskogeološke karte Podsljemenske urbanizirane zone u mjerilu 1:5.000.- Hrvatski geološki institut, Zagreb, 3 str., 2 priloga.

Quaternary Geology of Macedonia

Geologija kvartara Makedonije

Sanja Postolova, Emil Petrusev, Ivica Andov & Tanja Strezovska

Geological Survey of the Republic of Macedonia, Blv. Sv. Kliment Ohridski 15, 1000 Skopje
 (sanja.postolova@geol.gov.mk, emil.petrusev@geol.gov.mk, ivica.andov@geol.gov.mk, tanja.strezovska@geol.gov.mk)

Key words: Quaternary in Macedonia, Pleistocene, Holocene, sediments, terrace, deposits

Ključne riječi: kvartar Makedonije, pleistocen, holocen, sedimenti, terase, naslage

Quaternary sediments are widespread in the territory of Macedonia. In most of the valleys they cover Neogene deposits or are developed on the slopes of the surrounding mountains. The valleys are characterized by proluvial, alluvial, marl, lake deposits, marsh sediments, floodplain, glacial and fluvioglacial sediments. Some of the swamp areas are transformed into small lakes.

Pleistocene sediments are widespread in the territory of Macedonia. These deposits are heterogeneous, which occur more genetic types are shown in Table 1, and the most significant of which are presented in more detail.

Higher mountains in Macedonia affected by the process of glaciation (freezing) and were covered with glaciers.

Table 1. Quaternary lithological units represented in R. Macedonia.

Tablica 1. Litološke jedinice kvartara zastupljenih u R. Makedoniji.

1	al	Kz	Q	Q2 Holocen	alluvium	24	b	Kz	Q	Q1 Pleistocene	shoshonite basalt
2	el	Kz	Q	Q2 Holocen	eluvium	25	tb	Kz	Q	Q1 Pleistocene	young effusive rocks
3	s	Kz	Q	Q2 Holocen	proluvial	26	Qa	Kz	Q	Q1 Pleistocene	ignimbrites
4	d	Kz	Q	Q2 Holocen	deluvium	27	Qa	Kz	Q	Q1 Pleistocene	andesite ignimbrites
5	d-pr	Kz	Q	Q2 Holocen	deluvial-proluvial deposits	28	α ah	Kz	Q	Q1 Pleistocene	hornblenda-augite andesites
6	t ₁	Kz	Q	Q2 Holocen	lower river terrace	29	a	Kz	Q	Q1 Pleistocene	hyaloandesite
7	t ₂	Kz	Q	Q2 Holocen Q1Pleistocen	middle river terrace	30	α amQ ₁	Kz	Q	Q1 Pleistocene	amphibolite andesite
8	b	Kz	Q	Q2 Holocen Q1Pleistocen	marsh sediments	31	α saQ ₁	Kz	Q	Q1 Pleistocene	sanidine andesite
9	t ₃	Kz	Q	Q2Holocen Q1Pleistocen	Higher river terrace	32	ta	Kz	Q	Q1 Pleistocene	latites
10	pr	Kz	Q	Q2-Holocen Q1Pleistocen	proluvial	33	Q	Kz	Q	Q1 Pleistocene	quartzite - sileks
11	ez-t	Kz	Q	Q1 Pleistocen	lake-terrace sediments	34	dz	Kz	Q	Q1 Pleistocene	diatomaceous earth
12	ts	Kz	Q	Q1 Pleistocen	Red soil (terra rossa)	35	qa	Kz	Q	Q1 Pleistocene	hyaloandesite tuff
13	Q ₁	Kz	Q	Q1 Pleistocen	slope breccias	36	$\theta\omega$ 'Q ₁	Kz	Q	Q1 Pleistocene	tuff- breccias
14	i	Kz	Q	Q1 Pleistocen	spring sediments (limestone)	37	$\theta\omega-\omega'$ Q ₁	Kz	Q	Q1 Pleistocene	agglomerative brechoide-tuff
15	ez	Kz	Q	Q1 Pleistocen	lake sediments	38	$\theta\alpha$ Q ₁	Kz	Q	Q1 Pleistocene	fine-grained tuff andesite
16	Q ₁	Kz	Q	Q1 Pleistocen	limonite breccias	39	θ Q ₁	Kz	Q	Q1 Pleistocene	stratified pelite tuff
17	Q ₁	Kz	Q	Q1 Pleistocen	quartz-latite breccias	40	$\theta\omega$ Q ₁	Kz	Q	Q1 Pleistocene	agglomerative andesite tuff
18	eb	Kz	Q	Q1 Pleistocen	lake-marsh sediments	41	$\theta\omega$ Q ₁	Kz	Q	Q1 Pleistocene	agglomerative tuff
19	m	Kz	Q	Q1 Pleistocen	moraines	42	ω'	Kz	Q	Q1 Pleistocene	volcanic breccia
20	fgl	Kz	Q	Q1 Pleistocen	fluvioglacial sediments	43	$\omega'\omega$	Kz	Q	Q1 Pleistocene	opal breccia
21	$\theta\omega$ Q ₁	Kz	Q	Q1 Pleistocen	tuffs and breccias	44	$\times\alpha$	Kz	Q	Q1 Pleistocene	quartz-latite
22	$\tau\beta$ Q ₁	Kz	Q	Q1 Pleistocen	kajanitite and basalts	45	$\omega'\alpha$	Kz	Q	Q1 Pleistocene	andesite breccia
23	τ Q ₁	Kz	Q	Q1 Pleistocen	kajanitite	46	PI-Q	Kz	Q	Q1 Pleistocene	volcanogenic deposits

Glacial (moraine) and glaciofluvial sediments. The general trend of uplift in conjunction with climate change caused the formation of glacial deposits in a wide area. Versatile preserved morphological forms of high mountains (shaft, circus, moraines, glacial lakes, etc.), clearly indicate that all the mountains above the height of 1200-1500 had of glaciations (Thessaloniki Head-Wet Mountain, Stogovo-Karaorman, Korab Shar Planina, Pelister, Clear, Jablanica, Karadzica, Jakupica Nidze-Kozuv, Rouen, etc.). Development of Pleistocene glaciations was confirmed by Garevski (1969) whose paleontological research, identified glaciations at even more localities (Makarovec, Javorec,) including fossil mammal associations of Riss-Würm interglacial and Würm glacial.

Lake sediments are presented with gravel, sand, silt, clay, and to a lesser extent peat and lime. They widespread in the areas of lakes Ohrid, Prespa and Dojran, which reaches a thickness of 50-60 m, and also in most of the valleys Pelagonic, Skopje, Poloski, Kicevo, Strumica, Tikvesh etc. Tertiary material is well treated, not sorted, poorly con or con.

Vulkanogenic deposits are widespread in the territory of the Republic Macedonia in particular, Sofia-Zletovska volcanic area which consist of ignimbrite, andesite, trahi-andesite, dacites, kyanite, and basalt.

Holocene deposits cover quite a large portion of the territory of the Republic Macedonia. These deposits are heterogeneous, with several genetic types, shown in Table 1, and the most important ones of are presented in more detail.

River terraces are developed in lower courses of major rivers such as Vardar, Treska, Lepenec Crna, Babuna Pchinja, Kriva reka Bregalnica Crni Drin and others. Terraces material is presented with gravel, sands, silts and clays.

Proluvial deposits are found at the edge of the Pelagonia, Kicevo, Gevgelija, Debar valleys, at the foot the slopes of the mountains Plachkovica, Skopje-Montenegro Stogovo. They form cones of coarse clastic heterogeneous material which can be both angular or rounded.

Diluvial deposits consist of angular rocks derived from the surrounding bedrock, mixed with sand clay material. The thickness of the deposits is from 5 to 10 meters. The cover areas on the slopes of the mountain ranges.

Dlluvial deposits are developed in the riverbeds of the rivers Vardar, Fever, Black, Dream, Pchinja, Bregalnitsa, Babuna and others. The deposits consist of gravel and sandy-clay material. Quaternary lithological units represented in R. Macedonia are chronologically displayed in Table 1.

References:

- БЛАЧЕВ, К. & АРСОВСКИ, М. (2001): Општа геологија.
ДУМУРЦАНОВ, Н. & ПЕТРОВ, Г. (2005): Геолошко картирање.
ДУМУРЦАНОВ, Н., СЕРАФИМОВСКИ, Т. & CLARK BURCHFIEL, В. (2008): ЗБОРНИК НА ТРУДОВИ. Прв конгрес на геолозите на Република Македонија.

Tri potapanja Paleogenske Jadranske karbonatne platforme tijekom eocena (JI Slovenija, JZ Hrvatska-Istra) dokumentirana planktonskim foraminiferama

Three Eocene submersions of the Paleogene Adriatic Carbonate Platform (SE Slovenia, SW Croatia-Istria) based on planktonic foraminifera

Vlasta Premec Fućek¹, Morana Hernitz Kučenjak¹, Katica Drobne², Haris Ibrahimpašić³, Bogomir Celarc⁴ & Ladislav Placer⁴

¹ INA-Industrija nafte d.d., Sektor istraživanja, Služba laboratorijskih istraživanja, Zagreb, Lovinčićeva 4 (vlasta.premec-fucek@ina.hr)

² Paleontološki inštitut I. Rakovca ZRC SAZU, Ljubljana, Novi trg 2, Slovenija

³ INA-Industrija nafte d.d., Sektor istraživanja, Služba istražnih projekata, Zagreb, V. Holjevca 10

⁴ Geološki zavod Slovenije, Ljubljana, Dimičeva 14

Ključne riječi: Paleogenska Jadranska karbonatna platforma, eocen, potopljena platforma, planktonske foraminifere

Key words: Paleogene Adriatic Carbonate Platform, Eocene, submerged platform, planktonic foraminifera

Naslage taložene na SZ dijelu Paleogenske Jadranske karbonatne platforme danas obuhvaćaju područja SI Italije, JZ Slovenije i JZ Hrvatske (Istra i sjeverni dio Kvarnerskog zaleva), a sastoje se od nekoliko tektonskih jedinica. Za paleogensko razdoblje važne su one jedinice koje leže ispred čeone navlake deformiranog dijela Dinarske mezozojske karbonatne platforme (PLACER et al., 2010), a prostiru se od zapadnog ruba Goriških brda prema JI sve do doline Vinodola, a prema jugu do Jadranskog mora. Platformski razvoj dokazan je velikim bentičkim foraminiferama od granice K/Pg do srednjeg eocena (SBZ 1-SBZ 15; SERRA-KIEL et al., 1989), dok je paralelni dubljevodni razvoj dokumentiran planktonskim foraminiferama (granica K/Pg-E11; BERGGREN & PEARSON, 2005; WADE et al., 2011). Ova biostratigrafska interpretacija, zajedno s paleogeografskim i tektonskim zbivanjima pruža najkompletniji uvid u razvoj ovog dijela Mediterana (DROBNE et al., 2009). Na temelju detaljnijih analiza podijelili smo paleogenske naslage u nekoliko biosedimentacijskim zona (BiosZ), a svaku od njih obilježavaju zajedničke paleontološke, stratigrafske i facijesne karakteristike. Ove zone nastavljaju se jedna na drugu od SI prema JZ.

BiosZ 1 – smještena je najsjevernije uz sam rub mezozojske navlake (Goriška brda, Vipavska dolina, Zabiče) i obuhvaća sedimente u dubokovodnom, hemipelagičkom razvoju koji se talože već od krede, tijekom paleocena pa sve do gornjeg dijela donjeg eocena (kviz). Po paleogeografskoj poziciji ovi sedimenti bi mogli biti ekvivalent dubokovodnih naslaga **Budva jarka**, a po mikrofauni slični naslagama SI Jadranskog korita na lokalitetu Tilovica (ĆOSOVIĆ et al., 2006; KORBAR, 2009).

BiosZ 2 – s južne strane zauzima široki pojas **Tršćansko-Komenske antiklinale**, Brkinske sinklinale i proteže se do Vinodola, gdje se pruža sve do mora (BLAŠKOVIĆ, 2000;

DROBNE et al., 2009). Platforma je razvijena do ilerda, a u početku kviza prelazi u klastičnu sedimentaciju.

BiosZ 3/ 1,2 – pripada **Ijuskavojoj strukturi Ćićarije** (TARI, 2002). Sjeverni dio 3/1 sadrži naslage od K/Pg granice do kraja kviza, a južni dio (3/2) samo srednji i gornji kviz, kada u oba pojasa nastupa fliška sedimentacija. Prostire se od rijeke Rosandre (Glinščica), preko Goleža, Žbevnice sve do poluotoka Voz na otoku Krku.

BiosZ 4 – obuhvaća karbonatne i fliške strukture od sjeverne do srednje Istre, koje se nastavljaju preko rasjeda, prema jugu u Pazinsku kotlinu i na Kvarnersko područje. Sastoje se od mlađih stratigrafske jedinice (kviz, lutet) u **Ijuskavojoj zoni Jadrana** (MARTON & MORO, 2009). Plitkomorsku sedimentaciju u gornjem lutetu zamjenila je pelagička, uz povezanost s Venecijanskim bazenom.

BiosZ 5 – Stabilno kopno Istre okruženo je Jadransko-Venecijanskim bazenom sa stalnom hemipelagičkom do pelagičkom sedimentacijom te povremenim donosom karbonatnog detritusa sa SI ruba Istarske šelfne platforme.

Dijakronost niza uzastopnih transgresija na sedimente plitke, srednje do vanjske karbonatne rampe, koje su se dogodile na kraju ilerda, kviza i luteta, dokazana je zajednicom planktonskih foraminifera. U Goriško Vipavskom sinkliniju (BiosZ 1) utvrđena je granica kreda/paleogen i mlađe naslage do kraja kviza. Naslage kviza mogu se pratiti u fliškom razvoju u Goriškim brdima (Vipolže), gdje je potvrđen i nalaz vrste *Alveolina violae* s tipskog lokaliteta Buttrio u Furlaniji. Na lokalitetu Nanos utvrđene su zajednice planktonskih foraminifera do gornjeg paleocena. Najbolje je dokumentirana najviša paleocenska zona P5 nalazima bogate zajednice planktonskih i malih bentičkih foraminifera te vapnenačkog nanoplanktona (DROBNE et al., 2012). U mikrofossilnoj zajednici dominiraju planktonske vrste foramini-

fera s udjelom od oko 95% (*Subbotina velascoensis*, *Subbotina triloculinoides*, *Morozovella aequa*, *M. subbotinae*, *M. acuta*, *M. velascoensis*, *M. occlusa* i druge). Dominacija murikatnih rodova kao što su *Morozovella*, *Acarinina* i *Igorina*, koji su nosioci simbionata i karakteristični za topnu površinsku vodu, ukazuju na dobro stratificiran voden i stupac i oligotrofni okoliš.

Na Tršćansko-Komenskoj visoravni (BiosZ 2) na profilu Sopada sa smanjenjem broja velikih bentičkih foraminifera povećava se broj planktonskih vrsta sve do gornjeg ilerda (SBZ 9 ili E4). U profilu Slijije donji kviz u zoni E5 (SBZ 10) zastupljen je planktonskim vrstama *Acarinina pseudotopilensis*, *Chiloguembelina crinita*, *Morozovella subbotinae* i druge. Fliška sedimentacija se nastavlja sve do gornjeg kviza, a možda i u donji lutet. U ljudskoj zoni Čićarije (BiosZ 3/1,2) utvrđena je plitkomorska sedimentacija s velikim foraminferama te prijelazom u dublji marinски okoliš. Na profilima Veliko Gradišće, Prešnica i Črnotiče ustanovljene su na temelju planktonskih foraminifera zone od E7 do E 8. U ljudskoj zoni Jadrana ("imbricated Adria") (BiosZ 4), koju povezujemo s paleomagnetskim istraživanjima MARTON & MORO (2009), najduže traje kontinuirana sedimentacija od plitke do srednje duboke rampe – od srednjeg kviza (SBZ11=E8) do gornjeg luteta (SBZ 13/14=E9). Prijelaz u fliški bazen predstavljaju slojevi s rakovicama, malim bentičkim foraminiferama i povećanim brojem planktonskih foraminifera (E 10).

U istočnom dijelu Venecijanskog bazena (BiosZ 5), dokumentirana je neprekinuta dubokovodna, hemipelagička sedimentacija koja se odvijala od donjeg dijela srednjeg eocena do kraja gornjeg eocena, odnosno od zone E8 do zone E16 u buštinama Istra more-3 i -4, te do zone E14 u buštoni Istra more-5. U sve tri bušotine eocenske zone planktonskih foraminifera su dokumentirane bogatom zajednicom i provodnim vrstama – *Turborotalia frontosa*, *T. possagnoensis*, *T. pomeroli*, *T. cocaensis*, *Morozovella aragonensis*, *Morozovelloides crassatus* i *Acarinina mcgourani*, *Globigerinatheka barri*, *G. indexi* dr. (PREMEC FUČEK, 2009). Na području buštona Istra more-3 i 4 i nakon eocena nastavila se marinška sedimentacija sve do danas. U buštoni Istra more-5 utvrđen je prekid sedimentacije od gornjeg dijela gornjeg eocena, a sedimentacija se nastavila tek u pliocenu. Paleontološkim analizama su dokazana tri uzastopna, odvojena prijelaza iz platforme u dubokovodni marinški okoliš (fliške naslage) koje se mogu povezati s progresivnim formiranjem dinarskog predgorskog bazena od SI prema JZ. Ovi događaji bili su značajni i za susjednu platformu u Furlaniji, kao i za Trento platformu koja se nalazila s druge strane Venecijanskog bazena (donji kviz – Mt. Baldo; srednji kviz,

zona SBZ 11 – Lessina šelf). Potonja tektonska jedinica pripada južnim Alpama, a potvrđeno je da su mikrofossilne zajednice utvrđene na ovim prostorima korelantne s Paleogen-skom Jadranskom karbonatnom platformom i širim područjem Mediterana.

Literatura:

- BERGGREN, W.A. & PEARSON, P.N. (2005): A revised tropical to subtropical paleogene planktonic foraminifera zonation.– Journal of Foraminiferal Research, 35/4, 279–298.
- BLAŠKOVIĆ, I. (2000): Subsurface tectonic relations – a basis for delimitation of the zones of petroleum-geological perspectivity.– U: HERNITZ, Z. & SEČEN, J. (ur.): 2nd Symposium on Petroleum Geology – Probabilty Approach to Petroleum Exploration.– Nafata, Spec. Iss., 157–167, Zagreb.
- ČOSOVIĆ, V., PREMEC FUČEK, V., GUŠIĆ, I., JELASKA, V. & MORO, A. (2006): The age of the Tilovica breccias in Central Dalmatia, Croatia.– Micropaleontology, 52/3; 281–286; New York.
- DROBNE, K., BARTOL, M., PREMEC-FUČEK, V., SCHENK, B., ČOSOVIĆ, V., PUGLIESE, N. & STENNI, B. (2012): Microfauna and nannoplankton below the Paleocene/Eocene transition in hemipelagic sediments at the southern slope of Mt. Nanos (NW) part of the Paleogene Adriatic Carbonate Platform, Slovenia.– Austrian Journal of Earth Sciences, 105/1, 208–223, Viena.
- DROBNE, K., OGORELEC, B., PAVŠIĆ, J. & PAVLOVEC, R. (2009): 6.2. Paleocen in eocen v SZ Sloveniji = Paleocene and Eocene in SW Slovenia.– U: PLENIČAR, M., OGORELEC, B. & NOVAK, M. (ur.): Geologija Slovenije – Geology of Slovenia. Geološki zavod Slovenije, 311–372, figs. 6.2.1–26, Ljubljana.
- KORBAR, T. (2009): Orogenic evolution of the External Dinarides in the NE Adriatic region: a model constrained by tectonostratigraphy of Upper Cretaceous to Paleogene carbonates.– Earth-Science Review, 96, 296–312.
- MARTON, E. & MORO, A. (2009): New paleomagnetic results from imbricated Adria: Ist island and related areas.– Geologija Croatica, 62/2, 107–114.
- PLACER, L., VRABEC, M. & CELARC, B. (2010) Osnove razumevanja tektonske zgradbe NW Dinaridov in polotoka Istre.– Geologija, 53/1, 55–86.
- PREMEC FUČEK, V. (2009): Biostratigrafija, filogenija i paleoekologija paleogenskih planktonskih foraminifera podmora Jadrana.– Doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 1–207, 40 tab.
- SERRA-KIEL, J. et 15 coauthors (1998): Larger foraminiferal biostratigraphy of the Tethyan Paleocene and Eocene.– Bulletin de la Soc. géol. France, 169, 281–299.
- TARI, V. (2002): Evolution of the northern and western Dinarides: a tectonostratigraphic approach.– EGU Stephan Mueller Special Publication Series, 1, 223–236.
- WADE, B. S., PEARSON, P. N., BERGGREN, W. A. & PÄLIKE, H. (2011): Review and revision of Cenozoic planktonic foraminiferal biostratigraphy and calibration to the geomagnetic polarity and astronomical time scale.– Earth Science Review, 104, 111–142.

Sedimentološke i palinofacijesne značajke gornjojurskih (oksford-kimeridž) naslaga jugoistočnog dijela Jadranske karbonatne platforme-Konavle

Sedimentological and palynofacies characteristics of the Oxfordian-Kimmeridgian southeastern Adriatic Platform carbonates, Konavle, Croatia

Božo Prtoljan¹, Georg Koch¹ & Antun Husinec²

¹ Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Hrvatska (bprtoljan@hgi-cgs.hr)

² St. Lawrence University, Canton NY, USA

Ključne riječi: Jadranska karbonatna platforma, oksford, kimeridž, litofacijes, palinofacijes

Key words: Adriatic Carbonate Platform, Oxfordian, Kimeridgian, lithofacies, palinofacies

A 400-m-thick continuous succession of upper Callovian-lower Kimmeridgian carbonates is nicely exposed in western Konavoska Brda (Fig. 1). The uppermost Callovian is made up of bioturbated bioclastic packstone and grainstone, with vertical burrow infills of the same lithology as the immediately overlying beds. The abundance of bioclasts, coupled with rare findings of stromatoporoids (*Cladocoropsis*), suggests a high-energy subtidal setting. The conformably overlying pale brown to gray Oxfordian limestones are medium- to thick-bedded (40 to 150 cm), or rarely massive. The basal Oxfordian is characterized by predominance of locally dolomitized grainy, intraclast-skeletal wacke-packstone. Up section, the abundance of muddy lithotypes increases, with mudstone and peloidal packstone predominating, the latter containing microspar as the major orthochem. Skeletal grains include benthic foraminifera (including Nubeculariids), micritized fragments of echinoderms, bivalves, and gastropods. Non-skeletal grains are predominated by intraclasts; ooids and oncoids are subordinate. Occasional findings of calcified radiolarians and/or calcispheres in the middle-upper Oxfordian suggest recurring pelagic influences. This overall deepening trend was characterized by establishment of low-energy subtidal setting throughout the mid-Oxfordian Adriatic Platform. The warm, shallow subtidal waters supported a rich association of green algae and benthic foraminifera. A major environmental change followed in mid-Kimmeridgian, with overall shallowing and establishment of more diversified subtidal settings. Subsequently, the topmost Kimmeridgian and basal Tithonian are predominated by bioclast-intraclast-peloid packstone and grainstone that formed in shallow, high-energy settings of the platform interior. Palynofacies characteristics of the studied deposits indicate an open-marine, isolated carbonate platform environment, characterized by fine-grained sediments of low-energy and low-oxygen settings (STEFFEN & GORIN, 1993; TYSON, 1995). The organic matter is indicative of Prasinophycean palynofacies, locally transitioning into Dinocyst palynofacies. A high Prasinophyte-dinocyst ra-

tio suggests relative hydrographic stability in an environment favorable for motile-stage dinoflagellate community, with reduced production of dinocysts (TYSON, 1995). Relatively weak positive correlation between the Prasinophyte-dinocyst ratio and the abundance of amorphous algal-bacterial organic matter (indicating changes in water stratification) characterizes the Nubeculariid facies. Such relationship reflects a predominantly shallow subtidal platform setting, where upper Jurassic low-amplitude sea-level oscillations resulted in important litho- and palino-facies changes. The muddy carbonates that formed in a deeper subtidal with reduced oxygen (e.g., Nubeculariid facies) contain organic matter that is almost entirely composed of fluorescent amorphous component of planktonic and bacterial origin (LEWAN, 1982; TYSON, 1995). The lack of anaerobic degradation and very good preservation of lipid palynomorphs indicates dysoxic conditions (ORR & GAINES, 1973; HURT, 1986); the latter is also suggested by a low proportion of algal-phytoplanktonic carbohydrates, because their abundance and preservation is directly related to the degree of anoxia, and is positively correlated with processes of sulfurization (VAN KAAM-PETERS et al., 1998; KOK et al., 2000). The lack of oxygen-deficient zone within the water column, coupled with well-preserved lipid sediment components, suggests that the boundary between the oxygen-rich and oxygen-poor levels was likely located at/near the sediment-water interface. Such oxygen distribution was locally assisted by the presence of microbial mats that could have reduced vertical permeability of the sediment, and consequently prevented escape of saline, oxygen-deficient pore waters and colonization by aerobic bacteria (TYSON, 1995). An abundance of cyanobacteria within the shallow-water Nubeculariid facies suggests that they could have been involved in the organic-matter preservation process. The correlation between the palyno-organic facies analysis of the lipid component biological origin and the organic-geochemical parameters (TISSOT & WELTE, 1984; ROBERT, 1988; TYSON, 1995), suggests that the organic matter from the above facies

corresponds to the type II (possibly I/II) kerogen that was protected from degradation. Minor occurrences of sulfur are due to dysoxic conditions during the kerogen formation. Well-preserved lipid components suggest a good hydrocarbon-generative potential of the studied Upper Jurassic facies; however, their low TOC prevents their formal designation as source rocks *sensu stricto*. The samples used in this study were obtained from outcrops only. Given that the TOC can be significantly reduced by outcrop weathering (e.g., STANLEY, 1987), further studies of subsurface samples are needed to exclude the Oligocene-recent subaerial weathering as driver of low TOC values in Upper Jurassic deposits of Adriatic Carbonate Platform.

References:

- HURT, G.F. (1986): Origin and classification of organic matter in clastic systems.– *Palyontology*, 10, 1–23.
- KOK, M.D., SCHOUTEN, S. & SINNINGHE DAMSTÉ, J.S. (2000): Formation of insoluble, nonhydrolyzable, sulfur-rich macromolecules via incorporation of inorganic sulfur species into algal carbohydrates.– *Geochim. Cosmochim. Acta*, 64, 2689–2699.
- LEWAN, M.D. (1986): Stable carbon isotopes of amorphous kerogens from Phanerozoic sedimentary rocks.– *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 50, 1583–1591.
- ORR, W.L. & GAINES, A.G. (1973): Observation on sulfate reduction and organic matter oxidation in the bottom waters of an estuarine basin: the Upper Basin of the Pettaquamscut River (Rhode Island).– *Advances in Organic Geochemistry B*, Technic Edition, Paris, 89–101.
- ROBERT, P. (1988): *Organic Metamorphism and Geothermal History*.– Elf-Aquitaine and D. Reidl Publ. Company, 311 p.
- STANLEY, R.G. (1987): Effects of weathering on petroleum-source evaluation of coals from Suntrana Formation near Healy, Alaska.– In: HAMILTON, T.D. & GALLOWAY, J.P. (ed.): *Geologic Studies in Alaska by the U.S. Geological Survey during 1986*.– U.S. Geological Survey Circular, 998, 99–103.
- STEFFEN, D. & GORIN, G.E. (1993): Sedimentology of the organic matter in Upper Tithonian-Berriasian deep-sea carbonates of south France.– In: KATZ, B.J. & PRATT, L.M. (ed.): *Source Rocks in Sequence Stratigraphic Framework*.– AAPG Studies in Geology, 37, 49–67.
- TISSOT, B.P. & WELTE, D.H. (1984): *Petroleum Formation and Occurrence*.– Springer Verlag, Berlin, 538 p.
- TYSON, R.V. (1995): *Sedimentary organic matter. Organic facies and palynofacies*.– Chapman & Hall, London, 591 pp.
- VAN KAAM-PETERS, H.M.E., SCHOUTEN, S., KÖSTER, J. & SINNINGHE DAMSTÉ, J.S. (1998): Controls on the molecular and carbon isotopic composition of organic matter deposited in a Kimmeridgian euxinic shelf sea: Evidence for preservation of carbohydrates through sulphurisation.– *Geochim. Cosmochim. Acta*, 62, 3259–3283.

The potential of Late Quaternary tephrostratigraphy and cryptotephrostratigraphy of the Eastern Adriatic coast

Potencijal kvartarne tefrostratigrafije i kriptotefrostratigrafije istočno jadranske obale

Ivan Razum¹, Nikolina Ilijanić², Slobodan Miko² & Ozren Hasan²

¹ Croatian Natural History Museum, Demetrova 1, 10 000 Zagreb, Croatia

² Croatian Geological Survey, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Croatia

Key words: tephra, Late Quaternary, Eastern Adriatic coast, magnetic susceptibility

Ključne riječi: tefra, kvartar, istočna jadranska obala, magnetski susceptibilitet

Tephra layers are significant in palaeoenvironmental research on the Eastern Adriatic coast and they can be linked to specific eruption events in proximal volcanic settings. These distal tephra records are sometimes extremely thin and barely visible or are not visible at all ("cryptotephra" layers), but they can be traced over greater distances from volcanic source, and can be preserved in various natural archives (lake and marine sediments and soil sequences). The sediment cores recovered from the lake, marine and terrestrial environments along the Eastern Adriatic coast allowed identification of tephra and cryptotephra layers. Magnetic susceptibility, geochemical analysis and heavy and light mineral fraction are used to trace the tephra layers (Fig. 1).

In Novigrad area (Central Croatia), there is terrestrial tephra, differs from the surrounded sediments, it is orange in color, with higher values of Ba, Zr, Hf and Zn at 110 cm in the soil profile. In the lake/marine sediment core from Piro-

vac Bay (water depth 25 m), Central Croatia, two cryptotephra layers have been documented. Sediment layer at 642 cm show higher magnetic susceptibility and it could be attributed to the Phlegraean field eruption - the Agnano Pomici Principali (APP 12400-12000 cal yrs BP; CALANCHI & DINELLI, 2008). It also appears in Lake Shkodra on Montenegro/Albanian border (SULPIZIO et al., 2009). This tephra has been reported as being a good marker for the Younger Dryas. At 721 cm the sediment is characterized by the higher magnetic susceptibility, and it shows the age of around 13,800 cal yrs BP. It could possibly belong to Napolitan Yellow Tuff (13600-14700 cal yrs BP; CALANCHI & DINELLI, 2008). In the Baćina Lakes in the Southern Croatia several cryptotephra layers were found. The tephra was identified on 457 cm and 505-507 cm in Lake Crništevo, by the very high magnetic susceptibility and higher values of K, Na, Mg, Zr in the overall sediment chemical composition. It

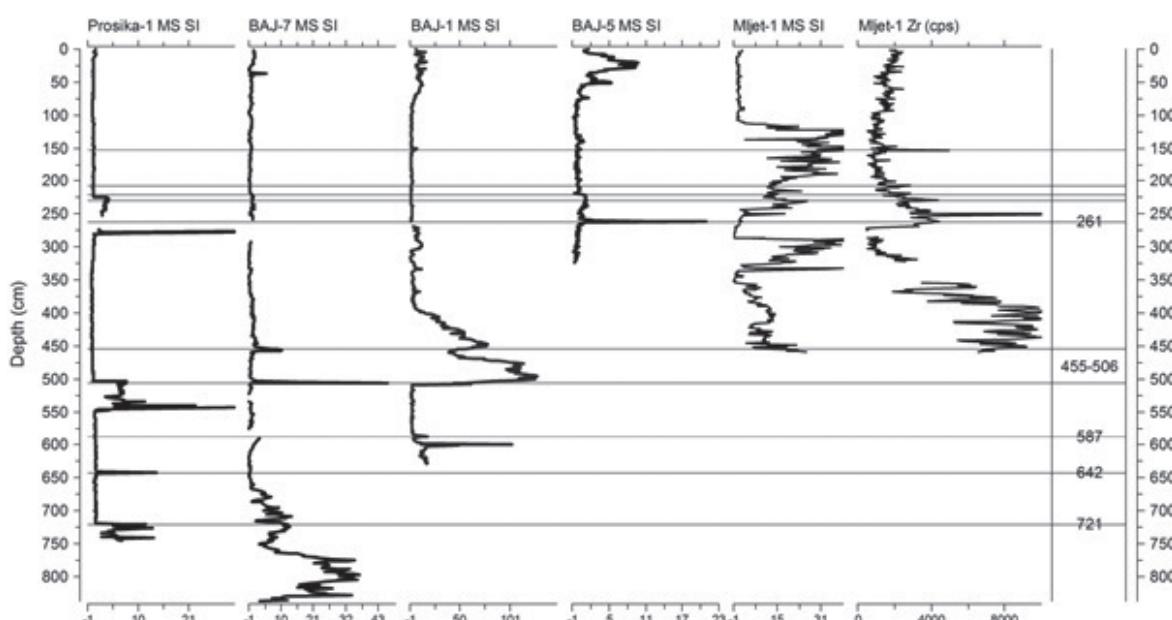


Figure 1. Magnetic susceptibility of the all cores where the tephra layers were found.

Slika 1. Magnetski susceptibilitet svih jezgri u kojima je pronađena tefra.

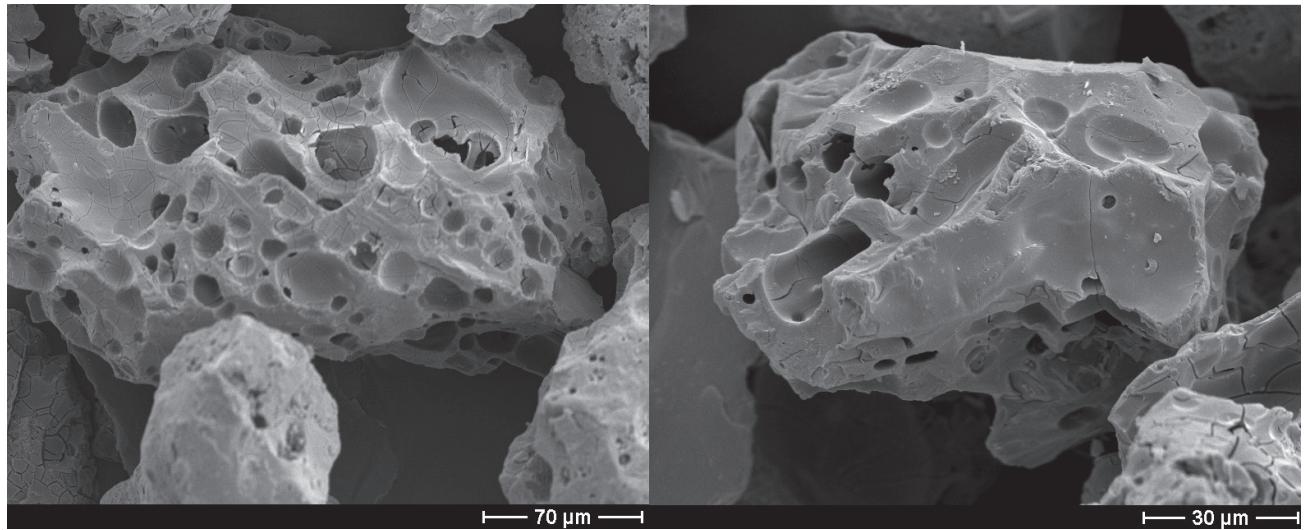


Figure 2. Tephra glass shards from the sediment core from Lake Sladinac in Baćina Lakes, which is linked to Avellino eruption of Somma-Vesuvius.
Slika 2. Vulkansko staklo iz jezgre s jezera Sladinac u Baćinskim jezerima, povezano je s erupcijom Avellino vulkana Vezuva.

is assumed that tephra belongs to Agnano Astroni Monte Spino (AMST), the eruption of the Phlegraean fields (around 4400 cal yrs BP). In Lake Podgora, on 587 cm of the core, there is the high magnetic susceptibility and glass shards were identified. This cryptotephra could belong to Campanian Provenance, Agnano Pomici Principali (APP) eruption. In Lake Sladinac, on 261 cm of the core, tephra was identified by strong magnetic susceptibility peak and it could be record of Avellino eruption of Somma-Vesuvius on the Eastern Adriatic coast (Fig. 2). All these tephras have been documented in Lake Shkodra (SULPIZIO et al., 2009), Adriatic Sea cores (CALANCHI & DINELLI, 2008) and Lago Grande di Monticchio (WULF et al., 2004). New tephrochronology is established in the lakes Veliko and Malo Jezero on the Island of Mljet, where 2 tephra layers have been reported previously, and they were linked to Campanian provenance and Mercato eruption (7300 yrs BP; JAHNS & VAN DER BOGAARD, 1998). In recent research, two tephra and two cryptotephra layers were evidenced, which still have to be analyzed in detail. In the Southern Croatia, in the soil profile on the shores of Kaštela Bay, there is another tephra discovered (in Divulje area). It appears on the bottom of the profile, yellow colored, in fragments, not as layers. It contains a lot of volcanic shards, so as volcanic pyroxene (augite) and biotite, apatite and feldspars, especially sanidine. It is probably the oldest tephra analyzed, going back to 39000 yrs – Campanian Ignimbrite, which erupted around 39300 cal yrs BP

(GIACCIO et al., 2008). These identified tephra layers are the first evidence of Late Pleistocene and Holocene tephras deposited in lakes and shallow seas on the Eastern Adriatic coast and show potential stratigraphic marker with regional palaeoenvironmental events.

References:

- CALANCHI, N. & DINELLI, E. (2008): Tephrostratigraphy of the last 170 ka in sedimentary successions from the Adriatic Sea.– *Journal of Volcanology and Geothermal research*, 177, 81–95.
- GIACCIO, B., ISAIA, R., FEDELE, F.G., DI CANZIO, E., HOF-FECKER, J.F., RONCHITELLI, A., SINITSYN, A.A., ANIKOVICH, M., LISITSYN, S.N. & POPOV, V.V. (2008): The Campanian Ignimbrite and Codola tephra layers: two temporal/stratigraphic markers for the Early Upper Palaeolithic in southern Italy and Eastern Europe.– *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 177, 208–226.
- JAHNS, S. & VAN DEN BOGAARD, C. (1998): New palynological and tephrostratigraphical investigations of two salt lagoons on the island of Mljet, south Dalmatia, Croatia.– *Vegetation History and Archaeobotany*, 7, 219–234.
- SULPIZIO, T., VAN WELDEN, A., CARON, B. & ZANCHETTA, G. (2009): The Holocene tephrostratigraphic record of Lake Shkodra (Albania and Montenegro).– *Journal of Quaternary Science*, 25/5, 633–650.
- WULF, S., KRAML, M. & KELLER, J. (2008): Towards a detailed distal tephrostratigraphy in the Central Mediterranean: the last 20,000 yrs record of Lago Grande di Monticchio.– *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 177, 118–132.

Holocene environments of Mljet Island: mineralogy and geochemistry of lake, marine, brackish and terrestrial sediments

Holocenski okoliši na otoku Mljetu: mineralogija i geokemija jezerskih, morskih, brakičnih i kopnenih sedimenata

Ivan Razum¹, Nikolina Ilijanic², Slobodan Miko², Ozren Hasan², Valentina Hajek-Tadesse², Dea Brunović² & Ursulla Rohl³

¹ Croatian Natural History Museum, Demetrova 1, 10 000 Zagreb, Croatia

² Croatian Geological Survey, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Croatia

³ MARUM — Center for Marine Environmental Sciences, University of Bremen, Leobener Strasse, 28 359 Bremen, Germany

Key words: Holocene, Mljet, µ-XRF, mineralogy, environmental changes

Ključne riječi: holocen, Mljet, µ-XRF, mineralogija, okolišne promjene

This study presents the preliminary results obtained by analyzing cores from four locations on the Island of Mljet. The core retrieved from the Veliko jezero has a length of over 450 cm. In the marsh Sobra as well as in the bay Stupa core length was over 550 cm and in Pomena, on the mainland, its depth was over 350 cm. The µ-XRF analyses were performed on the core retrieved from the Veliko jezero. We used a resolution of one centimeter on the entire length of the core, two millimeters in the section of the core that is laminated and 0.3 mm in some laminated parts of the core. Obtained geochemical data indicate changes in the conditions of deposition and the presence of four tephra layers (Fig. 1), two of them are categorized as cryptotephra. Ca and Sr vary because of the marine influence and aragonite precipitation (Figs. 1 and 2). Changes in Al concentrations are mainly related to terrestrial influence and partially to the presence of tephra, while Zr indicates clearly the presence of the tephra. Relative concentrations of the Br can be linked to the marine influence

(ZIEGLER et al., 2008). Mineralogical analysis (XRD) show that the most common minerals are aragonite and calcite. As a result of changing conditions, portions of aragonite and calcite vary along the core (WUNSAM et al., 1999). SEM images indicate that the aragonite morphology is similar to present day aragonites which precipitate in the Malo jezero during annual whitening (Fig. 2) (SONDI & JURAČIĆ, 2010). On the core Pomena, which is taken on the mainland, the analysis of heavy and light mineral fraction was made. Heavy minerals indicate polygenetic character of the sediment with contributions from different sources. Minerals from epidote group and garnets indicate possible contribution from the flysch, mafic minerals such as hypersthene and bronzite can be linked to plesistocene aeolian sands (BABIĆ et al., 2013). High portion of the sanidine in light mineral fraction is also intriguing, this sanidine could originate from Colli Albani Volcanic District (DURN et al., 2007). Absence of orthopyroxenes and occurrence of apatite in third meter

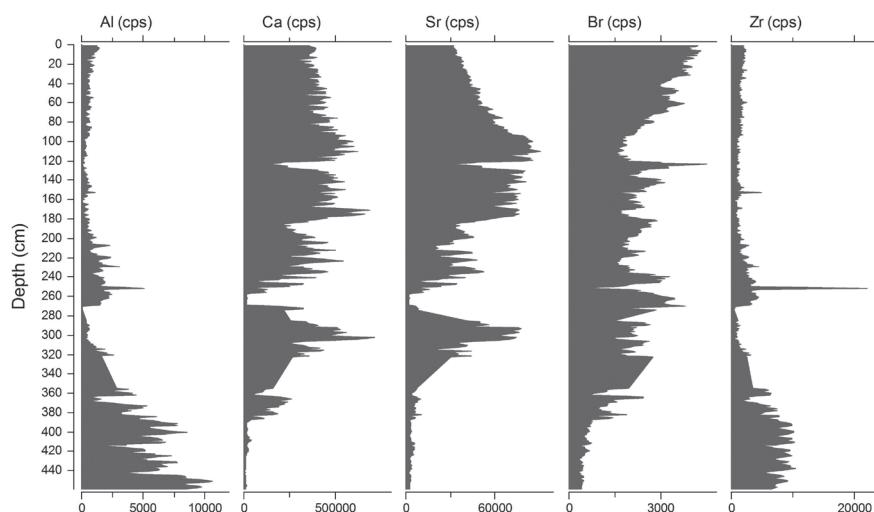


Figure 1. Variations of Al, Ca, Sr, Br and Zr through the core from Veliko jezero recorded by µ-XRF.

Slika 1. Promjene sadržaja Al, Ca, Sr, Br i Zr u jezgri iz Velikog jezera utvrđene µ-XRF metodom.

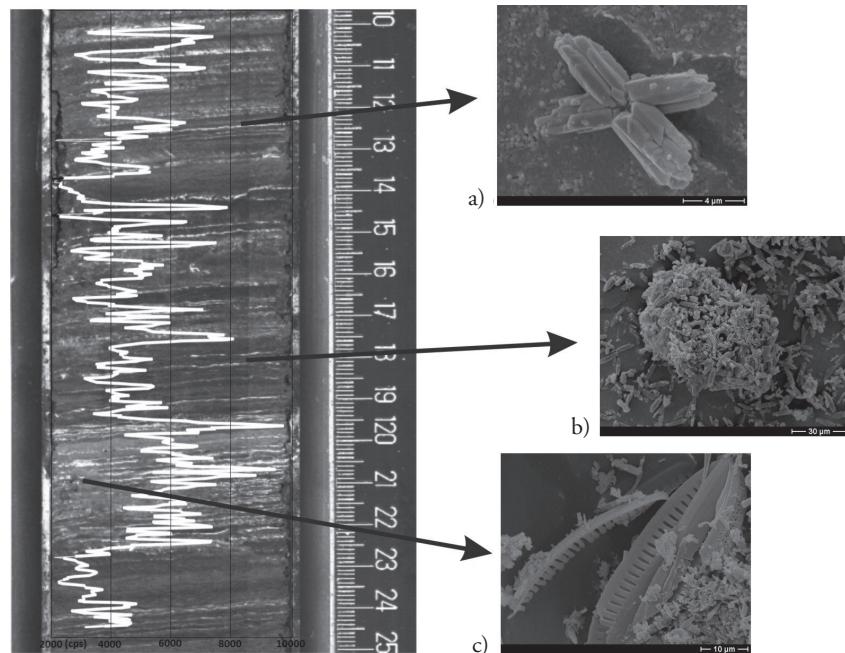


Figure 2. Variations of Ca in 0.3 mm resolution in the core from Veliko jezero. Peaks correlate with white aragonite laminae. SEM pictures a and b shows aragonite crystals and picture c shows a diatom.

Slika 2. Promjene Ca u 0,3 mm rezoluciji u jezgri iz Velikog jezera. Maksimumi korealiraju s aragonitnim laminama. SEM slike a i b pokazuju kristale aragonita, a na slici c vidljiva je dijatomeja

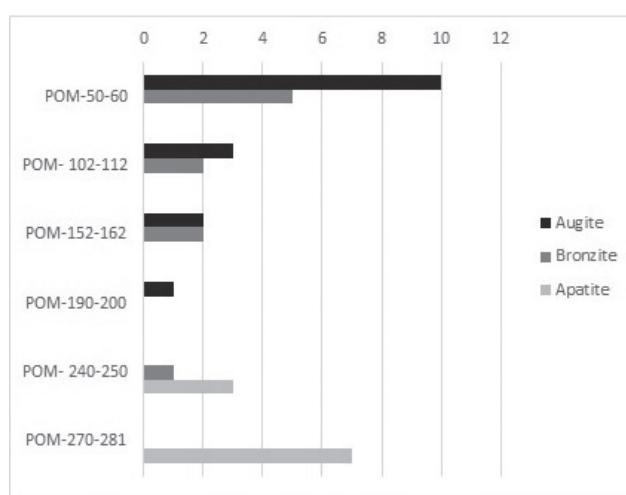


Figure 3. Apatite and pyroxene concentrations through the core from Pomena. Concentrations are determined by heavy mineral fraction analysis, up to 300 grains were counted per the sample.

Slika 3. Koncentracije apatita i piroksena u jezgri iz Pomene. Koncentracije su određene analizom teške mineralne frakcije brojanjem do 300 zrna u uzorku.

of core can be indicator of a provenance shift or it can be ascribed to specific geochemical conditions which caused dissolution of apatite and preservation of orthopyroxenes in the upper parts while in the lower parts of the core situation was opposite (Fig. 3) (LANG, 2000). In the Sobra, which is marsh today, we can trace changes from peatlands to wetlands environments. Clear boundaries between the marine, lake, wetland and terrestrial sediments sequence are visible in the core section from Stupa bay. Cores from the Stupa bay and Sobra are dated with ^{14}C , so that depth-age models for these

sites are obtained. Magnetic susceptibility is recorded for all cores and its values can be brought in connection with the occurrence of tephra layers and amplified erosion. All the sites have different developments at the same time making it possible to monitor the different conditions of their formation and to compare them with each other, which facilitates reconstruction of the environment.

References:

- BABIĆ, I.J., ZUPANIĆ, J., VIDOVIC, J., RAZUM, I., LUŽAR-OBERITER, B. & CRNJAKOVIĆ, M. (2013): Preservation of hanging aeolian deposits in insular karst depressions: Sediment sources and implications for the Pleistocene palaeogeography of the SE Adriatic archipelago.– Aeolian Research, 11, 171–189.
- DURN, G., ALJINOVIĆ, D., CRNJAKOVIĆ, M. & LUGOVIĆ, B. (2007): Heavy and light mineral fractions indicate polygenesis of extensive terra rossa soils in Istria, Croatia. Heavy minerals in use.– Elsevier, 1328.
- LANG, L.-O. (2000): Heavy mineral weathering under acidic soil conditions.– Applied Geochemistry, 15, 415–423.
- SONDI, I. & JURAČIĆ, M. (2010): Whiting events and the formation of aragonite in Mediterranean Karstic Marine Lakes: new evidence on its biologically induced inorganic origin.– Sedimentology, 57, 85–95.
- WUNSAM, S., SCHMIDT, R. & MULLER, J. (1999): Holocene lake development of two Dalmatian lagoons (Malo and Veliko jezero, Isle of Mljet) in respect to changes in Adriatic sea level and climate.– Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 146, 251–281.
- ZIEGLER, M., JILBERT, T., LANGE, G.J., LOURENS, L.J. & REICHART, G.-J. (2008): Bromine counts from XRF scanning as an estimate of the marine organic carbon content of sediment cores.– Geochemistry, Geophysics, Geosystems, 9, 5, 1–6.

Archaeometry of Late Roman Pottery from Vinkovci: Thin-Section Petrography of Ceramic

Arheometrija kasnorimske keramike iz Vinkovaca: petrografija mikroskopskih preparata keramike

Danijela Roksandić¹, Ladislav Palinka², Danijela Šmajgl³ & Zdravka Hincak¹

¹ Department of Archaeology, Faculty of Humanities and Social Sciences, University of Zagreb, I. Lučića 3, 10 000 Zagreb, Croatia

² Department of Geology, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb, Croatia

³ Department of Experimental Physics, Ruder Boskovic Institute, Bijenicka 54, 10 000 Zagreb

Key words: Vinkovci, Late Roman Pottery, Thin-Section, Ceramic Petrography, Technology

Ključne riječi: Vinkovci, kasnorimska keramika, mikroskopski preparati, petrografija keramike, tehnologija

Primary criteria in studying pottery is focused on functional aspects of vessels, with an addition of mineralogical and petrographic analyses. Ceramic petrography is one of the indispensable analytical techniques for modern ceramic studies. It characterizes the fabric of clay materials through its microscopic examination in thin-section. Petrography provides information on the character of a ceramic fabric and materials used to create it as well as on the choices that potter made during the process of refining the clay, forming the vessel and firing it. By establishing similarities and differences between fabrics, we can determine relationships between different types of wares, identify characteristics that indicate provenance, and reconstruct technological processes involved in manufacturing (selection and treatment of raw materials, forming techniques, decorative techniques and firing characteristics).

The aim of the study is to prove a continuity of pottery production at Cibalae, to examine the development of various types and shapes of vessels, and to indicate changes observed in technology and typology of vessels dated to the end of the 4th century. A special emphasis is put on those vessels which have not been studied so far, nor typologically determined. They display new ethnic elements dated towards the end of that period and connected to migrations of German tribes.

The petrographic analysis included an integrated approach, macroscopic and microscopic examinations. There have been five representative samples from four different archaeological sites within area of Vinkovci. After a broad classification of fabric, a specific selection of materials from each group was chosen for thin-section analysis. The groups were classified by paste color, firing environment, neoformations,

void shapes, temper and provenance of temper, sorting and roundness. The analysis are done on both coarse and fine ware, which are believed to be products of a local manufacture. A typical description is given for the **Sample 1**; *Macroscopic description*: Fine black earthenware, firing environment reducing, organic matter minutely dispersed within the matrix. The matrix homogeneous, dominated by white mica and scarce angular quartz grains randomly distributed in the body. *Munsell*: There is no significant distinction between the body and the walls. *Microscopic description*: Delicate combing of white mica flakes reflects manufacturing on the fast spun potters' wheel. Thermal decarbonization run inot completion. Black rounded dots are holes after expelled vitrified carbonates grains, converted into glass or spinels. The tiny glass bubbles rim the holes. Microcrystalline round mass turns into transparent glass in the progress of vitrification. High temperature affected quartz grains, which started to participate in formation of the vitrification bridging glass, and underwent partition due to thermal tension.

The other shard samples studied in similar manner are clay-fired earthenware, fired at low and high temperature, under oxidizing and reducing atmosphere, with temper primarily metamorphic grounded rocks, coarse and fine, size-selected by sieving, used to get delicate glazed outer surface, or coarser one with addition of grog, and carbonates of invertebrate shells. The XRF analysis confirmed uniform material for the pottery body, without significant influence of the temper, with exception for the carbonate rich temper. A glazed pottery sample has a very high mercury, lead and arsenic content (Pb 3868 ppm, As 1133,8 ppm, Hg 3,9 ppm). Mineralogical phases were confirmed by XRD and EDXRF.

Ponovno tumačenje dijela geofizičkih mjeranja na istoku Savske depresije

Reinterpretation of the part of geophysical measurements in the east Sava Depression

Tihana Ružić¹ & Tomislav Malvić^{1, 2}

¹ INA-Naftaplin, Sektor za geologiju i upravljanje ležištima, Šubićeva 29, 10 000 Zagreb

² Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

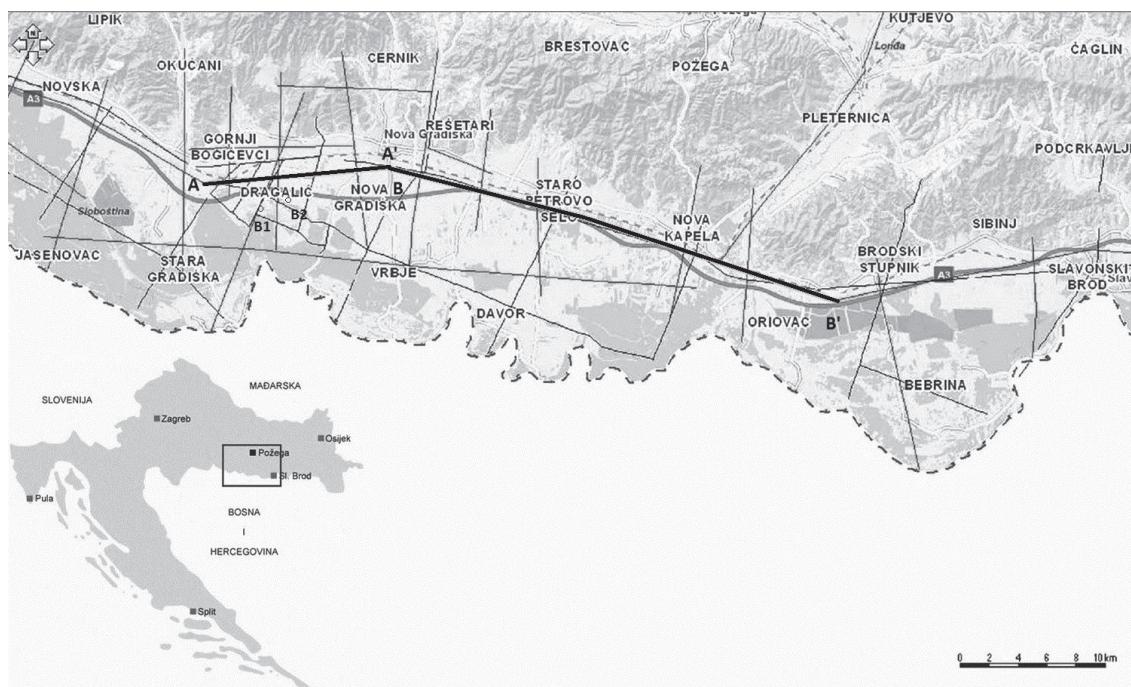
Ključne riječi: Savska depresija, Panonski bazen sustav, 2D seizmički profili, gornji miocen, turbiditi

Key words: Sava Depression, Pannonian Basin System, 2D seismic profiles, Upper Miocene, turbidites

Istraživani prostor istočnog dijela Savske depresije je na sjeveru omeđen s Psunjom, Požeškom i Dilj gorom, a na jugu rijekom Savom. Područje koje obuhvaća oko 325 km² prekriveno je rijetkom mrežom 2D seizmičkih profila (njih 25) gdje razmak između pojedinačnih iznosi i više od 10 km (Sl. 1). U tom prostoru postoji 13 istraživačkih bušotina, od kojih su u dvije opažene pojave nafte i plina, u jednoj tragovi nafte, a u tri tragovi plina. Istočni dio Savske depresije ima svoje taložne posebnosti po kojim se djelomice razlikuje od tipičnih neogenskih taložnih okoliša u ostatku hrvatskog dijela Panonskog bazenskog sustava (skr. HPBS). Zbog manje debljine neogensko-kvartarnih taložina negoli u zapadnom dijelu depresije, u istočnom dijelu gotovo nikad nije dosegnuta termalna zrelost dovoljna za katagenezu. Stoga se nakon prvih istraživačkih bušenja kojima su potvrđene ovakve pretpostavke, nije nastavilo s dalnjim istraživanjem i razradbom.

Slično se dogodilo i sa seizmičkim snimanjima koja su uglavnom ostala na stupnju regionalnih glede broja, razmještaja, a time i gustoće načinjenih profila.

Ovim radom je napravljen pregled i ocjena rekonstrukcije dijela geofizičkih mjerena na istoku Savske depresije. Na Slici 2 prikazan je profil A-A' & B-B'. Sezmički interpretirani horizonti su vremenskog raspona od srednjeg miocena do pleistocena i holocena. Interpretirana je i krovina neformalne litostратigrafske jedinice „temeljno gorje“. U periodu koji vremenski obuhvaća razdoblje od gornjeg panona do gornjeg ponta u nekim ranijim tumačenjima opisano je taloženje u deltnim sustavima, uz razvoj kliniformnih tijela. Međutim regionalno taloženje u vrijeme gornjeg panona označava početak znatne promjene okoliša unutar HPBS-a, s izrazitom dominacijom turbidita. Taloženje ima cikličke odlike izmjene (danasa) pješčenjaka i laporanih odlaganih u

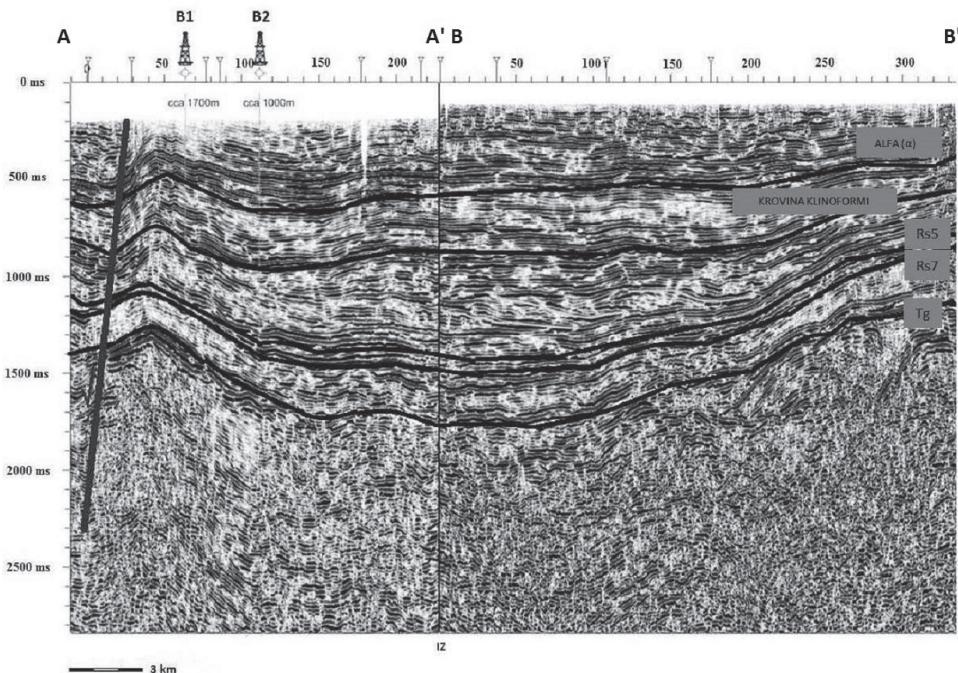


Slika 1. Položajna karta sa prikazom mreže 2D seizmičkih profila.

Figure 1. Location map with a network of 2D seismic profiles.

2D SEIZMIČKI PROFILI A-A' – B-B'

Preuzeto iz: Završni izvještaj, PROCJENA POTENCIJALA PODRUČJA SAVA 2D (ISTOČNI DIO ISTRAŽNE KONCEZIJE SAVA), INA d.d.



Slika 2. 2D seizmički profili A-A' – B-B'.

Figure 2. 2D seismic profiles A-A' – B-B'.

bočatim do (kasnije) slatkovodnim sredinama (npr. RÖGL & STEININGER, 1984). Glavni izvor sedimenata bile su Istočne Alpe (npr. ŠIMON, 1980, VRBANAC et al., 2010), od kuda su višestrukim turbiditnim strujama, uz regionalne tektonske rampe (npr. MALVIĆ, 2012), prenošeni do mjeseta taloženja. „Klinoforme“ u stvari predstavljaju nalijeganje pelitnog i poglavito psamitskog detritusa na rubove depresije, te dijelom (što je teže pratiti) u smjeru prijenosa materijala. U gornjem pontu polako dolazi do promjene taložnih mehanizama koji tada mogu postati lokalni (delte, razvijene samostalno ili napredovanjem aluvijalnih lepezi), i na taj način zapunjavati taložni prostor na način kako je to, npr., opisano u zapadnom dijelu depresije (npr. NOVAK-ZELENIKA, 2012; NOVAK ZELENIKA et al., 2013). Nadalje, u dijelu bušotina u kojima su karotažne krivulje interpretirane litostratigrafskim i kronostratigrafskim granicama uočene su neobične velike debljine formacije Široko Polje, odnosno gornjega puncta, a u usporedbi s tipskim sekvencijama i debljinama u ostatku HPBS-a. Čak ako ne postoje biostratigrafski podatci, svako bi trebalo ponovno analizirati litotipove i debljine pojedinačnih taložnih događaja, te provjeriti nije li donji dio fm. Široko Polje zapravo vršni dio fm. Kloštar-Ivanić. Pri tomu treba točno interpretirati najveći doseg psamitske frakcije gornjomiocenskih turbiditskih struja te provjeriti uopće paleogeografske mogućnosti postojanja neuobičajeno izdašnih taložnih, lokalnih, post-jezerskih okoliša gornjega puncta.

Literatura:

- MALVIĆ, T. (2012): Review of Miocene shallow marine and lacustrine depositional environments in Northern Croatia.– Geological Quarterly, 3, 493–504.
- NOVAK-ZELENIKA, K. (2012): Deterministički i stohastički geološki modeli gornjomiocenskih pješčenjačkih ležišta u naftno-plinskom polju Kloštar.– Doktorska disertacija, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 190 str.
- NOVAK-ZELENIKA, K., VELIĆ, J. & MALVIĆ, T. (2013): Local sediment sources and paleoflow directions in Upper Miocene turbidites of the Pannonian Basin System (Croatian part), based on mapping of reservoir properties.– Geological Quarterly, 57/1, 17–30.
- RÖGL, F. & STEININGER, F. (1984): Neogene Paratethys, Mediterranean and Indo-pacific seaways.– In: BRENCHLEY, P.J. (ed.): Fossils and climate, Geological Journal, special issue, 11, 171–200.
- ŠIMON, J. (1980): Prilog stratigrafski u taložnom sustavu pješčanih rezervoara Sava-grupe naslaga mlađeg tercijara u Panonskom bazenu sjeverne Hrvatske.– Disertacija, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 66 str.
- VRBANAC, B., VELIĆ, J. & MALVIĆ, T. (2010): Sedimentation of deep-water turbidites in main and marginal basins in the SW part of the Pannonian Basin.– Geologica Carpathica, 61/1, 55–69.

Laboratorijsko određivanje sorpcijiskih izotermi i simulacija transporta bakra HYDRUS 1D modelom

Laboratory determination of sorption isotherms and simulation of copper transport using HYDRUS 1D model

Stanko Ružićić, Tibor Marić, Marta Mileusnić & Kristijan Posavec

Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Ključne riječi: tlo, onečišćivalo, transport, modeliranje, sorpcija, Hydrus 1D, bakar

Keywords: soil, contaminant, sorption, transport, modeling, Hydrus 1D, copper

Predmet istraživanja ovog rada je nesaturirana zona zagrebačkog vodonosnika na području budućeg vodocrpilišta Kosnica. Zagrebački vodonosnik je plitak i otvorenog tipa te postoji velika opasnost od onečišćenja nizom onečišćivala čiji su izvori: urbano područje, industrija, promet i poljoprivreda. Bakar je metal koji se najčešće upotrebljava kao materijal za izradu žica, cijevi, vodiča struje, te u agrokemikalijama. Onečišćenje vode s bakrom može biti uzrokovano njegovim ispiranjem iz tla i stijena (BENGTSSON et al., 2006). Ciljevi ovog rada bili su izraditi izoterme bakra u različitim horizontima tla; te napraviti prognozni model transporta bakra kroz profil tla na lokaciju Kosnica.

Vertikalna raspodjela elemenata u tragovima u tlu na zagrebačkom području opsežno je istraživana u okviru više projekata (ROMIĆ & ROMIĆ, 2003; ROMIĆ et al., 2007) kako bi se pokušala definirati njihova mobilnost kroz tlo u podzemnu vodu. Rezultati navedenih istraživanja pokazala su da koncentracije olova, cinka, kroma i bakra variraju s dubinom. Većina istraživanja kakvoće podzemne vode u okviru zagrebačkog vodonosnog sustava, obuhvaćalo je istraživanje utjecaja odlagališta Jakuševac na podzemne vode (NAKIĆ et al., 2007) te istraživanja na području budućeg crpilišta Črnkovec i Kosnica (NAKIĆ, 2003). Na području Jakuševca, NAKIĆ et al. (2007) su utvrdili da visoke koncentracije elemenata u tragovima pokazuju da se u reduktivnim uvjetima aluvija metali snažno otpuštaju. DAS et al. (2013) napravili su sorpcijski eksperiment kako bi uz pomoć aluvijalnog tla rijeke Bhagirathi uklonili bakar iz otopine. Zaključili su kako se najveća sorpcija bakra odvija pri uvjetima pH od 2 do 6.

Za modeliranje transporta onečišćivala u nesaturiranoj zoni bitni su procesi sorpcije (adsorpcija, apsorpcija i ionska zamjena). U svrhu određivanja sorpcije elemenata u tragovima u ovom slučaju bakra napravljen je eksperiment na uzorcima tla u laboratoriju. Ovim eksperimentom dobili su se linearni Freundlich-ovi sorpcijski koeficijenti distribucije (K_d). Najveći Freundlich-ov koeficijent distribucije određen je u prvom horizontu što je u podudarnosti sa sorpcijom bakra. Efekt sorpcije potencijalno toksičnih elemenata pod utjecajem je kapaciteta kationske zamjene (CEC), pH tla, re-

doks potencijala, sadržaja glinovite komponente, tipa minerala glina, sadržaja organske tvari, željezno manganskih oksid-hidroksida i karbonata (BRADL, 2004).

IRHA et al. (2009) su izvršili eksperiment sorpcijskog kapaciteta određenih elemenata (Cd, Pb, Cu, Cr) na pet vrsta Estonskih tla. Njihovi rezultati pokazuju dobru korelaciju s linearnim Freundlich-ovim izotermama. Iz sorpcijskog eksperimenta može se zaključiti da bakar u aluvijalnom tlu na lokaciji Kosnica ima linearan trend rasta s povećanjem koncentracije. Od svih šest horizonta najbrže rastući trend ima najplići horizont, koji je ujedno i najmanje gustoće te prahovito-ilovaste teksture. Postepeno svaki dublji horizont ima sve blaži trend rasta. Zadnji horizont pokazuje veći trend zbog toga što je ilovasto-pjeskovite teksture dok su ostali horizonti prahovito-ilovasti, pa je sorpcija veća u horizontu s manjim zrinxima.

S određenim parametrima transporta onečišćivala napravljen je prognozni model korištenjem HYDRUS 1D softvera. Prognozni numerički model transporta bakra u tlu na istraživanom području simuliran je za 2005. godinu. S obzirom na pretpostavljene početne koncentracije elemenata (1 mg/cm^3) na vrhu profila, na dnu profila modelom se dobila koncentracija od oko $0,01 \text{ mg/cm}^3$ kroz godinu dana. Propisana granična vrijednost prema Pravilniku o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN125/13) za bakar iznosi 2 mg/l , odnosno $0,002 \text{ mg/cm}^3$. Ukoliko se usporedi dobivena koncentracija bakra prognoznim modelom transporta na dnu profila tla, odnosno na granici s otvorenim vodonosnikom, sa MDK granicom iz pravilnika onda se može zaključiti da postoji velika opasnost od onečišćenja bakrom na istraživanoj lokaciji. Kod interpretacije rezultata modela transporta bakra kroz nesaturiranu zonu potrebno je imati na umu pretpostavke koje su definirane da bi se mogli ostvariti postavljeni ciljevi prognoznog numeričkog modela.

Temeljem rezultata sorpcijskog eksperimenta u laboratoriju utvrđene su linearne sorpcijske izoterme sa izuzetno dobrim faktorima korelacije preko 0,99 za svaki horizont. S obzirom na dobivene rezultate iz prognoznog modela transporta bakra sa površine profila, može se zaključiti da će se oko

1% od početne koncentracije bakra transportirati do podzemne vode. Uspoređujući MDK granice pravilnika za bakar s dobivenim podacima, može se zaključiti da postoji velika opasnost od onečišćenja podzemne vode na istraživanoj lokaciji. U slučaju potencijalnih akcidentnih situacija izljevanja otopine bakra koncentracije 1000 mg/l, rizik onečišćenja vodonosnika je visok. Laboratorijska istraživanja unutar ovog rada obuhvatila su samo absorpcijski dio sorpcijskog eksperimenta. U nekim budućim istraživanjima trebalo bi napraviti i desorpciju, te usporediti sa ovim dobivenim rezultatima.

Literatura:

- BENGTSSON, H., ALVENAS, G., NILSSON, S.I., HULTMAN, B. & OBORN, I. (2006): Cadmium, copper and zinc leaching and surface run-off losses at the Ojebyn farm in Northern Sweden: Temporal and spatial variation.– *Agriculture Ecosystems & Environment*, 113, 120–138.
- BRADL, H.B. (2004): Adsorption of heavy metal ions on soils and soils constituents.– *Journal of Colloid and Interface Science*, 277, 1–18.
- DAS, B., MONDAL, N.K., BHAUMIK, R., ROY, P. PAL, K.C. & DAS, C.R. (2013): Removal of copper from aqueous solution using alluvial soil of Indian origin: Equilibrium, Kinetic and Thermodynamic study.– *J. Mater. Environ. Sci.*, 4/4, 392–408.
- IRHA, N., STEINNES, E., KIRSO, U. & PETERSELL, V. (2009): Mobility of Cd, Pb, Cu, and Cr in some Estonian soil types.– *Estonian Journal of Earth Sciences*, 58/3, 209–214.
- NAKIĆ, Z. (2003): Uzroci i posljedice promjene kakovće podzemne vode na zagrebačkom području.– Doktorska disertacija. Rudarsko-geološko-naftni fakultet. Sveučilište u Zagrebu. Zagreb, 165 p.
- NAKIĆ, Z., PRCE, M. & POSAVEC, K. (2007): Utjecaj odlagališta otpada Jakuševac-Prudinec na kakovću podzemne vode.– Rudarsko-geološko-naftni zbornik, 19, 35–45.
- NARODNE NOVINE (2013): Pravilnik o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju, 125/13.
- ROMIĆ, M. & ROMIĆ, D. (2003): Heavy metals distribution in agricultural topsoils in urban area.– *Environmental Geology*, 43, 795–805.
- ROMIĆ, M., HENGL, T., ROMIĆ, D. & HUSNJAK, S. (2007): Representing soil pollution by heavy metals using continuous limitation scores.– *Computers & Geosciences*, 33, 1316–1326.

Navlačni odnosi u središnjem dijelu Gorskog kotara

Nappe tectonics in the central part of the Gorski kotar area

Marin Sečanj¹, Ivana Gudac², Bruno Tomljenović¹ & Uroš Barudžija¹

¹ Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Hrvatska

² Ires ekologija d.o.o. za zaštitu prirode i okoliša, Baruna Filipovića 21, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: Gorski kotar, Skrad, navlaka, perm, trijas, jura, GIS, Midland Valley MOVE

Key words: Gorski kotar, Skrad, nappe, Permian, Triassic, Jurassic, GIS, Midland Valley MOVE

U okviru diplomskih radova „Geološko kartiranje i rekonstrukcija geološke građe okolice Skrada“ te „Petrološke i stratigrafske značajke stijena okolice Skrada“ detaljno je istražena geološka građa središnjeg dijela Gorskog kotara, okolice Skrada. Glavni cilj istraživanja bio je litološki i stratigrafski definirati stijene na istraživanom području i njihove strukturne odnose. Na temelju rezultata dobivenih geološkim kartiranjem i laboratorijskim istraživanjem, konstruirana je geološka karta u mjerilu 1:20.000 s pripadajućim geološkim profilima i geološkim 3D modelom.

Iz prethodnih geoloških radova i objavljenih geoloških karata (HERAK, 1980; SAVIĆ & DOZET, 1984) poznato je da središnji dio Gorskog kotara izgrađuju naslage permske, trijaske i jurske starosti. Geološkim kartiranjem istraživanog područja, prema GUDAC (2014) i SEČANJ (2014) izdvojeno je sedam jedinica: (1) izmjena pješčenjaka, šejlova i konglomerata perma, (2) izmjena dolomita s crvenim i zelenim klastitima karnika, (3) glavni dolomit norika i reta, (4) izmjena dolomita i vagnenaca sinemurija i plinsbaha, (5) litiotis vagnenci plinsbaha i toarcija, (6) mrljasti vagnenci toarcija i (7) debelo slojeviti vagnenci srednje jure. Odnosi kartiranih jedinica izuzetno su kompleksni, a uvjetovani su trima glavnim tektonskim fazama (SEČANJ, 2014). Najstariju fazu obilježava navlačna tektonika kojom su alohtone naslage permske i trijaske starosti dovedene u strukturni položaj iznad autohtonih naslaga glavnog dolomita noričko–retske starosti te izmjene dolomita i vagnenaca donjo- i srednjojurske starosti. Nakon navlačne faze nastupila je faza ekstenzijske tektonike koja je razlomila navlaku, a ujedno i otvorila podinu navlake u tektonskom oknu koje danas predstavlja kanjon potoka Jasle i Curak. Najmlađa tektonska faza obilježena je

kompresijskom tektonikom koja je autohtonim noričko–retskim dolomitom dovela u strukturni položaj iznad donojurskih karbonata.

Za potrebe konstrukcije geološke karte istraživanog područja napravljen je interaktivni GIS projekt u kojem su sintetizirani i integrirani svi terenski i laboratorijski rezultati istraživanja. Podaci iz GIS projekta, potrebni za konstrukciju geoloških profila, umetnuti su u program Midland Valley MOVE u kojem je, korelacijom geoloških profila, konstruiran geološki 3D model istraživanog područja.

Konačni rezultat istraživanja prikazan je geološkom kartom mjerila 1:20.000 s pripadajućim geološkim profilima, kartom odnosa krovinskog i podinskog dijela navlake te geološkim 3D modelom. Također, napravljen je i interaktivni GIS projekt koji pruža mogućnost dopune i korekcije unesenih podataka, kao i pregled svih podataka obuhvaćenih terenskim istraživanjima. Također, taj GIS projekt može poslužiti kao baza za daljnja istraživanja središnjeg dijela Gorskog kotara.

Literatura:

- GUDAC, I. (2014): Petrološke i stratigrafske značajke stijena okolice Skrada.– Sveučilište u Zagrebu, RGN fakultet, Diplomski rad, 41 str.
- HERAK, M. (1980): Sustav navlaka između Vrbovskog i Delnica u Gorskem kotaru (The nappe-system between Vrbovsko and Delnica in Gorski kotar (Croatia).– Acta Geologica, 10/2, 35–51, Zagreb.
- SAVIĆ, D. & DOZET, S. (1984): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. List Delnice L33–90.– Geološki zavod Zagreb, Geološki zavod Ljubljana (1970–1983), Savezni geol. zavod, Beograd.
- SEČANJ, M. (2014): Geološko kartiranje i rekonstrukcija geološke građe okolice Skrada.– Sveučilište u Zagrebu, RGN fakultet, Diplomski rad, 42 str.

Hidrogeološke značajke izvorišta Kvrkulja i Dabrawine u Velikoj Kladuši, Bosna i Hercegovina

Hydrogeological characteristics of the sources Kvrkulja and Dabrawine in Velika Kladusa, Bosnia and Herzegovina

Ferid Skopljak¹ & Tatjana Vlahović²

¹ Federal Institute for Geology, Ustanička 11, 71 210 Sarajevo, Bosnia & Herzegovina

² Croatian Natural History Museum, Demetrova 1, 10 000 Zagreb, Croatia

Ključne riječi: izvorište, dolomiti, zdenac, izdašnost, kakvoća podzemne vode

Key words: source, dolomites, well, yield, groundwater quality

Osnovne prirodne značajke prostora

Izvorišta Kvrkulja i Dabrawine su glavna izvorišta u sustavu vodoopskrbe općine Velika Kladuša (Sl. 1). Nalaze se 4 km jugoistočno od Velike Kladuše; u brdovitom terenu s nadmorskim visinama od 150-300 m n.m. koji karakteriziraju blago zaobljene padine, krški, denudacijski i fluvijalni oblici reljefa. Izvorišta pripadaju slivu rijeke Kladušnice. Najznačajniji vodotok je riječica Dabrawina koju formiraju potoci Kvrkuljica i Tovčegića potok. Područje pripada pojusu umjereno-kontinentalne klime, srednja godišnja temperatura zraka je 10,3 °C, a srednje godišnje količine padalina oko 1200 mm.

Geološka građa i tektonika terena

U geološkoj građi terena sudjeluju naslage trijasa, kredno-paleogenskog fliša i kvartara (Sl. 2). Trijas je zastupljen laporima, pješčenjacima i dolomitima donjeg trijasa; dolomitima i vapnencima anizika, te tvorevinama vulkanogeno-sedimentne formacije ladinika. U sastavu kredno-paleogenskog fliša su latori, laporoviti vapnenci, pješčenjaci i kalkareniti. Kvartarne naslage su predstavljene deluvijalnim, aluvijalnim i proluvijalnim sedimentima. Prema tumaču OGK list Slunj, šire područje izvorišta ulazi u sastav tektonske jedinice Petrova gora (KOROLIJA et al., 1981). Ovaj prostor se nalazi u čelu velike navlake kojom su naslage trijasa navučene na kredno-paleogenski fliš. U ovom prostoru ističu se, također, krupne rupture svrstane u dva sustava koji su međusobno okomiti (IGRUTINOVIC, 1987). Najveći rasjed pruža se dolinom Kladušnice kojeg prati nekoliko manjih poprečnih rasjeda, duž kojih se odvija tečenje podzemnih voda koje se pojavljuju u izvorištima Kvrkulja i Dabrawine.

Hidrogeološke značajke terena

S obzirom na hidrogeološke značajke teren izgrađuju propusne stijene kavernozno-pukotinske poroznosti i nepropusne stijene (Sl. 3). Propusne stijene kavernozno-pukotinske poroznost su dolomiti i vapnenci anizika. Dolomiti imaju veće rasprostranjenje u odnosu na ispucale i okršene vapnence. Oni su masivni, ispucali i grusificirani u pripovršinskoj zoni.

Mjestimice su okršeni sa pojavama kaverni većih dimenzija što ukazuje da dolomiti u terenima složenog struktурно-tektonskog sklopa i povećane ispučalosti, mogu imati značajnu propusnost (SKOPLJAK, 2006). Bušenjem na lokalitetu Kvrkulja utvrđene su jače okršene zone u dolomitima na dubinama od 200 m sa kavernama promjera do 1,1 m (VESELJČ, 1979). Dolomiti i vapnenci anizika predstavljaju glavni vodonosnik na području Velike Kladuše. Vodonosnik se prihranjuje infiltracijom padalina. Podzemna voda u vodonosniku je pod povišenim tlakom. Smjer toka podzemnih voda nije egzaktno utvrđen, ali se pretpostavlja da voda teče od jugoistoka prema sjeverozapadu. U kategoriju nepropusnih stijena izdvojeni su vulkanogeni sedimenti ladinika, te naslage kredno-paleogenskog fliša i donjeg trijasa. Naslage ladinika i kredno-paleogenskog fliša imaju funkciju krovinske, a donjeg trijasa funkciju podinske hidrogeološke barijere. Vodonosnik anizika ima rasprostranjenje na površini od oko 25 km². Ako je debljina karbonata anizika preko 350 m, može se zaključiti da vodonosnik sadrži značajne zalihe podzemnih voda. Do izgradnje zdenaca u izvorištu, vodonosnik se prazio na izvorima u Kvrkulja jezeru, te izvorima u Dabrawinama. Dreniranje vodonosnika vrši se crpljenjem zdenaca u izvorištima Kvrkulja i Dabrawine (I i II). Prosječno se iz navedenih izvorišta eksploatira oko 200 l/s pitke podzemne vode.

Hidrogeološke značajke izvorišta

Izvorište Kvrkulja se nalazi neposredno uz cestu Velika Kladuša-Vrnograč. U zoni izvorišta izveden je veći broj istražnih bušotina i tri eksplotacijska zdenaca koji su podzemne vode zahvatili u okršenim dolomitima. U izvorištu se danas zdenicima B-1, B-2 i B-3 eksplotiraju podzemne vode u ukupnom kapacitetu Q=130 l/s (B-1=50 l/s; B-2=50 l/s i B-3=30 l/s). Navedeni kapacitet eksplotacije sudjeluje sa preko 50% ukupnih količina vode koje se zahvaćaju za potrebe vodoopskrbe Velike Kladuše. U narednom razdoblju trebalo bi razmotriti tehničke mogućnosti i ponoviti pokušno crpljenje zdenaca u paralelnom radu. Ovim radovima dobilo bi se više podataka o sadašnjim karakteristikama zdenaca i hidrogeološkim parametrima vodnosnika, a naročito međusobnog utjecaja među zden-



Slika 1. Geografski položaj izvorišta Kvrkulja i Dabrawine.
Figure 1. Geographical position of sources Kvrkulja and Dabrawine.

cima i hidrauličke veze jezera i zdenaca (SKOPLJAK, 2006). Izvoriste Dabrawine I se nalazi oko 400 m jugozapadno od izvorišta Kvrkulja. U zoni izvorišta izvedene su dvije istražne bušotine i tri eksploracijska zdenca koji su podzemne vode zahvatili u dolomitima. Danas se u eksploraciji nalazi samo zdenac B-2 izdašnosti $Q=30$ l/s. Zahvaćanje većih količina vode u izvorištu moguće je tek nakon razmatranja stanja zdenaca B-1 i B-3 i eventualnih intervencija na njima (čišćenje, razrada i sl.), te razmatranja tehničkih mogućnosti izvođenja pokušnog crpljenja svih zdenaca u paralelnom radu. Izvoriste Dabrawine II se nalazi 500 m jugozapadno od izvorišta Dabrawine I. U zoni izvorišta izvedeno je 20 plitkih sondažnih bušo-



Slika 3. Hidrogeološka karta šireg područja izvorišta Kvrkulja i Dabrawine.
Figure 3. Hydrogeological map of the wider area sources Kvrkulja and Dabrawine.

tina, nekoliko raskopa, te dva istražno-eksploracijska zdenca. Izvorište se duže vemensko razdoblje eksplorira zdencom DB-1. Danas se ovim zdencom eksploriraju podzemne vode kapacitetom crpljenja $Q = 45$ l/s. Prema navedenim podacima, ukupni sadašnji eksploracijski kapacitet izvorišta Kvrkulja i Dabrawine (I i II) iznosi $Q_{uk} = 205$ l/s što predstavlja sigurnu osnovu za dugoročno osiguranje vodoopskrbe općine Velika Kladuša pitkom vodom.

Kakvoća podzemnih voda

Rezultati ispitivanja fizičko-kemijskih parametara vode izvorišta Kvrkulja i Dabrawine pokazuju da su podzemne vode bez boje, mirisa i okusa, $\text{pH} \sim 7$; temperature $\sim 12,0$ °C, i elektrovodljivosti ~ 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$. U kemijskom sastavu vode dominiraju hidrokarbonati, kalcij i magnezij, što ukazuje da voda potječe iz dolomita. Sadržaj sulfata, klorida, nitrita i nitrata u vodi je nizak. Odsustvo i veoma nizak sadržaj nitrita, nitrata i amonijaka ukazuje na odsustvo organskog onečišćenja vode. Sadržaj željeza i mangana u vodi je također veoma nizak (SKOPLJAK, 2006).

Literatura:



Slika 2. Geološka karta šireg područja izvorišta Kvrkulja i Dabrawine.
Figure 2. Geological map of the wider area sources Kvrkulja and Dabrawine.

IGRUTINOVIĆ, D. (1987): Elaborat hidrogeoloških istraživanja šire zone izvorišta „Dabrawine II“ i „Mala Kladuša“ sa definisanim granicama zona sanitarnе zaštite i mera zaštite od zagadjenja podzemnih voda za potrebe vodosнabdevanja Velike Kladuše, Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Beograd.

KOROLJA, B., ŽIVALJEVIĆ, T. & ŠIMUNIĆ, AN. (1981): Tumač OGK list Slunj, M 1:100.000.– Institut za geološka istraživanja Zagreb i Geološki zavod Sarajevo.

SKOPLJAK, F. (2006): Projekat– Zaštita izvorišta pitke vode Kvrkulja, Dabrawina I i Dabrawina II, Općina Velika Kladuša, Građevinski fakultet, Sarajevo– Institut za geologiju, Sarajevo.

VESELIĆ, M. (1979): Izvještaj o hidrogeološkim istražnim radovima v Kvrkulji kod Velike Kladuše, Geološki zavod Ljubljana, Ljubljana.

Prvi nalaz boninitnih stijena u Hrvatskoj (Medvednica, SZ Hrvatska)

The first record of boninitic rocks in Croatia (Mt. Medvednica, NW Croatia)

Damir Slovenec

Croatian Geological Survey, Sachsova 2, HR-10 000 Zagreb, Croatia (damir.slovenec@hgi-cgs.hr)

Ključne riječi: petrografija, petrologija, boniniti, ophioliti melanž, suprasubducijska zona, Medvednica, Hrvatska
Key words: petrography, petrology, boninite, ophiolite mélange, suprasubduction zone, Mt. Medvednica, Croatia

Na sjevernim padinama Medvednice koja je smještena na tromeđi južnog dijela Istočnih Alpa, Dinarida i Tise, a u geotektonskom smislu pripada jugozapadnom dijelu Zagorje-srednjotransdanubijske smične zone (PAMIĆ & TOMLJENOVIC, 1998), izdružuje ophiolitni melanž kao zasebna tektonostratigrafska jedinica (Kalnik Unit prema HAAS et al., 2000). Ona predstavlja ostatak specifičnog oceanskog segmenta, koji je prema BABIĆ et al. (2002) nazvan Repno oceanska domena – ROD. ROD se može shvatiti kao ključno područje u istočnom dijelu Tetisa koje predstavlja poveznicu između Meliata-Maliak i Dinaridsko-Vardarske oceanske oblasti i koje povezuje ophiolite Središnje Dinaridske zone na jugozapadu s ophiolitima Meliata-Maliak područja na sjeveroistoku i Alpske ophiolite na sjeverozapadu. Ophiolitni melanž Medvednice je kaotičan sedimentacijsko-tektonski kompleks nastao tijekom akrecije, obdukcije i smještavanja stijena oceanske kore na kontinentalni rub. Njega izgrađuju metarsko-kilometarski trijaski i donjo- do srednjojurski blokovi sedimenata različitog tektonostratigraskog podrijetla (pješčenjaci, siltiti, vapnenci, rožnjaci) i magmatski klasti (bazalti, gabri, kumulatni ultramafiti) unutar donjo do srednjojurskog (bajocian) pelitno-siltoznog matriksa (SLOVENEC & LUGOVIC, 2008, 2009). Gornja granica formiranja melanža vezana je za donju kredu tijekom hauteriviana (BABIĆ et al., 2002). Svi fragmenti u melanžu mladi od hauteriviana interpretirani su kao tzv. fault-bounded tektonske inkluzije naknadno ugrađene u melanž tijekom smještavanja ophiolita.

Vulkanske stijene zastupljene tolejiitnim bazaltilima i njihovim izmijenjenim varijetetima dominantni su odvjetci oceanske kore arhivirane u ophiolitnom melanžu Medvednice. Međutim, osim njih, nađena su dva bloka metarske veličine izuzetno rijetkih, „egzotičnih“ vulkanskih stijena (tzv. boninita) čiji se kemizam jasno razlikuje od spomenutih ekstruziva. Navedene pojave predstavljaju prvi nalaz boninitnih stijena u Hrvatskoj. Njihovo pojavljivanje u ophiolitnom melanžu Medvednice predstavlja važnu kariku koja je još nedostajala u geodinamskoj evoluciji ROD-e.

Istraživane boninitne vulkanske stijene pojavljuju se kao masivne lave. Ove stijene ne sadrže mineralne utruske, a holokristalina osnova izgrađena je od spinela, klinopiroksena, vrlo rijetko zastupljenog i u albit ($An_{0,68-2,78}$) izmijenjenog plagioklasa, Fe-Ti oksida i grupe sekundarnih minerala. Klinopiroksen se nalazi u svim analiziranim uzorcima djelomice je

izmijenjen u klorit, prehnit i pumpellyit. Primarni titanosivi spinel pretežno je izmijenjen u leukoksen, tj. titanit. Magmatska subofitna do intergranularna struktura, izgrađena od iglica plagioklasa i zrna klinopiroksena približno jednake veličine, ostala je potpuno sačuvana u svim uzorcima. Petrografske podaci sugeriraju slijedeći redoslijed kristalizacije: spinel → klinopiroksen → plagioklas ± Fe-Ti oksidi. Međutim, izostanak klinopiroksena s vrlo niskim sadržajem kalcija (klinoenstatita) i pojavljivanje plagioklasa u osnovi, kao i u slučaju drugih Tetiskih boninitnih stijena, ove lave čini drugačijim od tercijarnih boninita *sensu stricto* iz područja otočja Bonin i Marijanskog jarka. Klinopirokseni su zastupljeni augitom ($Wo_{30,75-39,93}En_{49,34-56,75}Fs_{7,84-13,17}$) i pokazuju jasan trend Fe- Mg- Ca-obogaćenja. U svim analiziranim uzorcima klinopirokseni imaju homogenu jezgru i pokazuju normalno zoniranje. Tip i intenzitet zoniranja je tipičan za hlađenje u zatvorenom magmatskom sustavu. Klinopiroksene karakterizira vrlo nizak sadržaj TiO_2 (0,01-0,23 mas.%), visok Mg# (81,06-88,55) i izostanak Fe-obogaćenja, što ukazuje da su derivirani iz osiromašenog plaštnog izvorišta. Iako su zapažene određene variabilne izmjene mineralnog sastava stijene, kemizam jasno odražava njihov originalni magmatski sastav. Na klasifikacijskim dijagramima $SiO_2 - K_2O + Na_2O$ i $SiO_2 - MgO$ analizirane vulkanske stijene jasno se pozicioniraju u polju boninita, a zbog visokog sadržaja CaO (> 9,57 mas.%) i omjera CaO/Al_2O_3 , koji varira između 0,76 i 0,84, te sadržaja $SiO_2 < 56$ mas.%, kao i ukupnih alkalija nižih od 2,07 mas.% odgovaraju tipičnim visoko-Ca boninitima (CRAWFORD et al., 1989), te pripadaju kalcijsko-alkalijskoj seriji stijena. Iako kemizmom odgovaraju bazaltnim andezitima, zbog izostanka utrusaka plagioklasa bolje ih je nazivati boninitima (BECCALUVA & SERRI, 1988). Karakterizira ih visok sadržaj kompatibilnih iz plašta deriviranih elemenata ($Ni > 97$ ppm, $Cr > 413$ ppm), umjereno visok sadržaj MgO (> 8,51 mas.%) i visok Mg# (~ 72), Cr# (~ 85), te ekstermno osiromašenje u TiO_2 (< 0,23 mas.%), P_2O_5 (< 0,02 mas.%), Zr (< 27 ppm), Y (< 5,9 ppm) i ostalim elemenatima visokog ionskog potencijala (HFSE) te elementima rijetkih zemalja (REE). Visok omjer CaO/Al_2O_3 (0,76-0,84) koji je relativno blizak vrijednostima hondrita ili primarnom gornjem plaštu (0,90; CLAGUE & FRAY, 1982), kao i prisutnost plagioklasa jasno razlikuje ove lave od tercijarnih boninita *sensu stricto* iz područja otočja Bonin i Marijanskog jarka ($CaO/Al_2O_3 =$

0,72-0,38) i čini ih sličnima boninitima iz područja Tetisa (npr. s Trodosom; BECCALUVA & SERRI, 1988). Krivulje prema N-MORB-u normaliziranih koncentracija bonita na spider dijagramima u segmentu HFSE pokazuju jasno osiromašenje. Svi uzorci pokazuju negativnu Nb-Ta, P i Ti anomaliju umjerenog intenziteta [$(Nb/La)_n = 0,67-0,71$] što indicira visoki udio subdukcijskih fluida oslobođenih iz subducirane ploče i sugerira generiranje u gornjoj ploči tijekom intraoceanske konvergencije. Koncentracije REE normalizirane prema koncentracijama u hondritu pokazuju za bonite tipičan konkavni uzdižući profil (U-oblik) karakteriziran obogaćenjem lakih REE [$(La/Sm)_{cn} = 1,49-1,66$] i negativno frakcioniranim teškim REE [$(Tb/Lu)_{cn} = 0,43-0,54$] na koncentacijskim razinama 1,3-5,2 puta višim od hondrita, te osiromašenim srednjim REE u odnosu na teške REE. Ove koncentacijske razine indiciraju ekstremno osiromašeni karakter plaštnog izvorišta analiziranih bonita. Visoke vrijednosti omjera $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ i sadržaja CaO kod analiziranih bonita sugeriraju njihovu derivaciju iz plaštnog izvorišta bogatog Ca-piroksenima za razliku od *sensu stricto* bonita iz područja otočja Bonin i Marijanskog jarka koje karakterizira prisutnost ortopiroksena i klinopiroksena s vrlo niskim sadžajem kalcija (klinoenstatita) (npr. HAWKINS, 2003). Obogaćenje litofilnih elemenata velikog ionskog radijusa (Li-LE) u odnosu na izrazito osiromašene HFSE kod analiziranih bonita, rezultat je taljenja plašta koji je bio metasomatiziran fluidima oslobođenim iz subducirane ploče. LILE i slabo obogaćenje lakih REE je subdukcijom derivirana komponenta, dok su HFSE naslijedeni iz plaštnog klina zbog njihove slabe topivosti u vodenastim fluidima. Izrazito nizak na N-MORB normalizirani omjer Sm/Zr (~ 0,5) i Ti/Ti* (< 1) uz visok Zr/Zr* (> 1) i nizak omjer Ti/Zr (~ 50), analizirane stijene Medvednice definira kao bonite i time ih jasno diskriminira od bazalta nastalih u geotektonskom okolišu srednjooceanskog hrpta, otočnog luka i oceanskog otoka. Ove stijene su derivirane parcijalnim taljenjem iz jako osiromašenog harzburgitnog MORB-tipa plaštnog izvorišta. Međutim, zbog visokog na N-MORB normaliziranog omjera Zr/Sm (> 1) i vrlo niskog omjera Nb/Th (~ 0,6), za boninitne stijene iz ofiolitnog melanja Medvednice može se prepostaviti nastanak u predlučnom okolišu. Takvi jedinstveni petrogenetski uvjeti, tj. ultra-osiromašeno plaštno izvorište, obilje vode, kao i vrlo visoki geotermalni gradijent se najčešće nalaze u predlučnom području intraoceanskih konvergentnih rubova u vrijeme kada je započela subdukcija (CRAWFORD et al., 1989). Međutim, kalcijsko-alkalijski karakter bonita Medvednice ukazuje da oni nisu formirani tijekom inicijacije predlučnog područja, već tijekom njegove zrelijef/razvijenije faze nastanka,

vjerojatno ubrzo nakon formiranja intraoceanskog nadolazećeg otočnog luka u ROD-i tijekom gornje jure, i to ranog titoniana (LUGOVIC et al., 2015).

S obzirom na navedeno nameće se zaključak da boninitne stijene Medvednice najvjerojatnije predstavljaju najmlađu sa subdukcijom povezanu oceansku koru formiranu tijekom gornje jure u Repno Oceanskoj Domeni koja predstavlja poveznici između Meliata-Maliak i Dinaridsko-Vardarske oceanske oblasti.

Literatura:

- BABIĆ, I.J., HOCHULI, P.A. & ZUPANIĆ, J. (2002): The Jurassic ophiolitic mélange in the NE Dinarides: Dating, internal structure and geotectonic implications.– *Eclogae Geol. Helv.*, 95, 263–257.
- BECCALUVA, L. & SERRI, G. (1988): Boninitic and low-Ti subduction-related lavas from intraoceanic arc-back-arc systems and low-Ti ophiolites: a reappraisal of their petrogenesis and original tectonic setting.– *Tectonophysics*, 146, 291–315.
- CLAGUE, D.A. & FREY, F.A. (1982): Petrology and trace element geochemistry of the Honolulu Volcanism, Oahu: implications for the oceanic mantle below Hawaii.– *J. Petrol.*, 23, 447–504.
- CRAWFORD, A.J., FALLOON, A. & GREEN, D.H. (1989): Classification, petrogenesis and tectonic setting of boninites.– U: CRAWFORD, A.J. (ur.): Boninites and Related Rocks.– Unwin Hyman, London, 1–49.
- HAAS J., MIOČ P., PAMIĆ J., TOMLJENOVIC B., ÁRKAI P., BÉRCZI-MAKK A., KOROKNAI B., KOVÁCS S. & R.-FELGENHAUER E. (2000): Complex structural pattern of the Alpine-Dinaridic Pannonian triple junction.– *Int. J. Earth Sci.*, 89, 377–389.
- HAWKINS, J.W. (2003): Geology of suprasubduction zones – implications for the origin of ophiolites.– U: DILEK, Y. & NEWCOMB, S. (ur.): Ophiolite concept and the evolution of geological thought, *Geol. Soc. Am. Spec. Paper*, 373, 227–268.
- LUGOVIC, B., SLOVENEC, DA., SCHUSTER, R., SCHWARZ, W.H. & HORVAT, M. (2015). Petrology, geochemistry and tectono-magmatic affinity of gabbroic ololiths from the ophiolite mélange in the NW Dinaric-Vardar ophiolite zone (Mts. Kalnik and Ivanščica, North Croatia).– *Geol. Croat.*, 68, 25–49.
- PAMIĆ, J. & TOMLJENOVIC, B. (1998): Basic geological data on the Croatian part of the Mid-Transdanubian Zone as exemplified by Mt. Medvednica located along the Zagreb-Zemplen Fault Zone.– *Acta Geol. Hung.*, 41, 389–400.
- SLOVENEC, DA. & LUGOVIC, B. (2008): Amphibole gabbroic rocks from the Mt. Medvednica ophiolite mélange (NW Croatia): geochemistry and tectonic setting.– *Geol. Carpathica*, 59, 277–293.
- SLOVENEC, DA. & LUGOVIC, B. (2009): Geochemistry and tectono-magmatic affinity of extrusive and dyke rocks from the ophiolite mélange in the SW Zagorje-Mid-Transdanubian Zone (Mt. Medvednica, Croatia).– *Ofioliti*, 34, 63–80.

Quaternary continental sediments of Vojvodina (North Serbia) – An overview

Kvantarni kontinentalni sedimenti Vojvodine (sjeverna Srbija) – pregled

Petar Stejić

Geological Survey of Serbia, Rovinjska 12, Beograd (stejicpetar@hotmail.com)

Key words: Quaternary, sedimentation, Pannonian Basin, Serbia

Ključne riječi: kvartar, sedimentacija, panonski bazen, Srbija

The southeast of the Serbian Pannonian plain is built up of various genetic types of Quaternary deposits that range from the Upper Pliocene to the Holocene. Depositional environments are influenced of tectonic events or paleogeographic changes. Each stage of sedimentation in river valleys is balanced by a stage of erosion and deposition on the slopes exposed to denudation (Fig. 1).

After the Middle Miocene, three lithogenetic complexes were recognized: sediments of Paratethys, deposited during Pontian to Middle Pliocene, lacustrine, deposited in Upper Pliocene, and fluvial, of Quaternary age. Their formation un-

doubtedly chronologically depends on influences of fluctuations of sea level, tectonic processes and climatic changes (RAKIĆ et al., 2002).

In Upper Pliocene the sea level felt about 200 m (Walachian tectonic phase) what caused transformation of Danube depression into broad lake. Previous connection between Pannonian and Dakian Basin became river canyon. Because of that reason, the high fulfilment of fluvial waters undirectly affected on elevation of Pannonian “lake” which, comparing with Oltenia basin, must be on higher absolutely heights (RAKIĆ et al., 2002). In lacustrine sediments of Upper Plio-

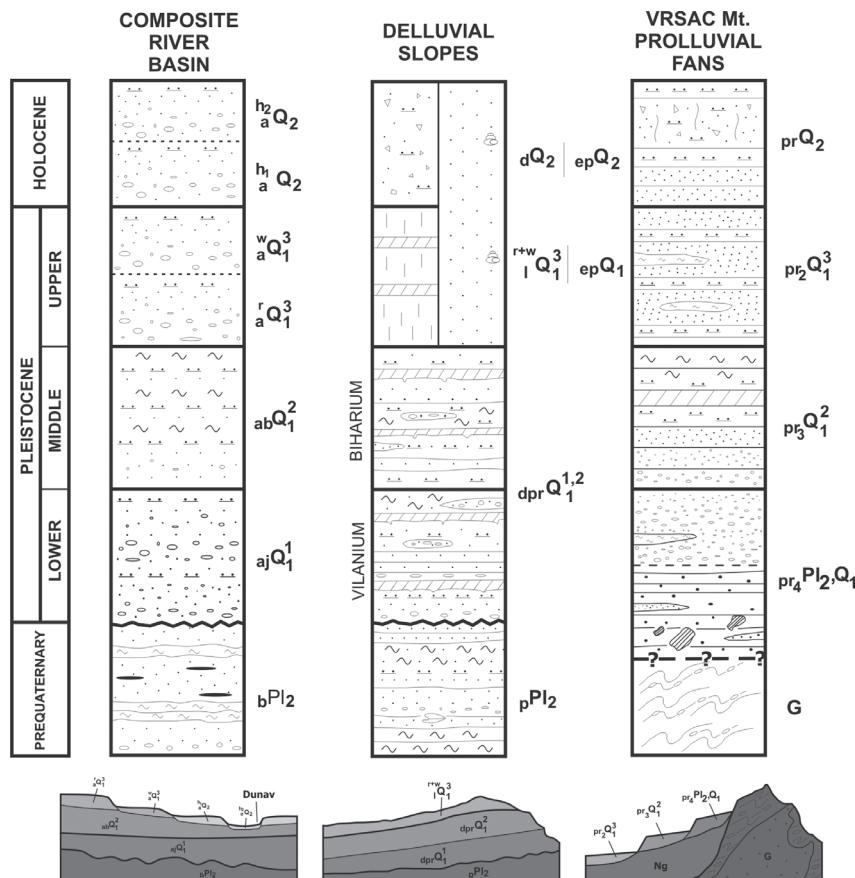


Figure 1. Correlation chart of Quaternary sediments in Vojvodina (North Serbia) based on depositional models of sedimentation
Slika 1. Korelacijski prikaz kvartarnih sedimenata u Vojvodini (Sjeverna Srbija) baziran na depozicijskom modelu sedimentacije.

cene age are separated: beds with *Unio davillai* (shore sediments), and aludinian beds (basin sediments).

The Lower Pleistocene - older phase of fluvial cycle. On the beginning of Quaternary, during strong uplift and regression of lacustrine waters, the Pannonian rivers were composed strong intermountain flow basin in which are deposited "alluvial sediments of increased thickness". Pleistocene fluvial sequences in the eastern part of the Pannonian Basin in Hungary have been studied and well described on the base of multi-proxy records by NÁDOR et al. (2003).

The thicker river sediments are represented by **older**, polycyclic-fluvial, and **younger**, fluvial-marsh sediments. Because of changes in hydrodynamic and climatic conditions, the character of fauna is changed and new genera and species appear (*Vivipara boeckhi*, *Unio sturi*, *Corbicula apsheronica* etc.). Ornamented fauna of Levantian age is totally absent.

The Lower Pleistocene proluvial funs, established along profiles in Sava valley and slopes of Vršac Mts., illustrate processes of older Quaternary river accumulation in rising areas. At the same time, in Pannonian realm are formed denudational aprons by processes of erosion and accumulation.

Middle and Upper Pleistocene – younger phase of river cycle. Because of cold condition, and due to glaciations in surroundings of mountain areas, Pannonian Basin was transformed into wet steppe. The Danube and other Pannonian rivers, with shallow troughs and weak transport capability, were spreaded in many flooding lakes, swamps and marshes. Inter-calations of sediments with domination of land or mixed land-marsh fauna indicates on repeated partial or total draining.

During Upper Pleistocene, the valleys of all Pannonian rivers were clearly defined and marked with terrace escarpments 20-30 m and 7-12 m of relative height. The older are incised into river-swamp sediments of Middle Pleistocene, and loess and eolian sands cover their terrace plains. Faunal associations of mentioned terraces are correspond to younger Pleistocene fauna. River terraces of similar relative heights are separated in Transilvanian Basin in Romania (JAKAB, 2007), and author considers them as easternmost part of the Carpathian Basin.

Chronological equivalents of river cycle are: deluvial-proluvial aprons, deposited on slopes during Middle Pleistocene, loess formation, deposited during Upper Pleistocene, and eolian sands, which continue deposition in Holocene.

Postglacial period is characterized by formation of the youngest sediment of valleys and slopes. In river valleys are forming the youngest erosional and accumulative relief features belonging to alluvial plains and on denuded slopes. Fauna complex is almost identical as Upper Pleistocene, but without representatives of cold mammalian fauna.

Tectonically, for the whole Pliocene is characteristic balance between slow subsidence in area of sedimentation and uplift of mountain realm. The same trend during few million years resulted in deposition of mostly very thick shallow-water lithofacies. The filling of basin happened quick, with so-called "deltaic system", from marginal to central parts.

Interpretation of isopachs of the Early Quaternary poly-cyclic stream deposits in subsidence areas was the basis on which a system of large depressions in the Neogene basin was reconstructed. The compression, mainly responsible for structural inversion and formation of the newest morphostructures, was associated with the intralithospheric stress generated in the Adriatic plate and the Dinarides-Hellenides border area. This event resulted in movements along strike-slip and reverse faults under the Neogene (MAROVIĆ et al, 2002).

Continual moving of river channel courses toward the rising blocks during the Pleistocene and Holocene led to the development of the valley systems of terraces by all Pannonian rivers in the subsidence belts. At the same time, in the uplift areas, the river channels were deeply incised and they formed systems of erosional-accumulative terraces and deluvial aprons on the slope sides.

The same trend of tectonic and erosion-deposition processes are continued from the Upper Pliocene to the present. It resulted in the creation of newest relief and various morphostructures during the unique Quaternary fluvio-denudation system.

References:

- JAKAB, S. (2007): Chrono-toposequences of soils on the river terraces in Transylvania (Romania).– Catena, 71, 406–410.
- MAROVIĆ, M., DJOKOVIĆ, I., PEŠIĆ, L., RADOVANOVIC, S., TOLJIĆ, M. & GERZINA, N. (2002): Neotectonics and seismicity of the southern margin of the Pannonian basin in Serbia.– In: S. CLOETHING, F. HORVATH, G. BADA and A. LANKREIJER (eds.): Neotectonics and surface processes in the Pannonian Basin and Alpine/Carpathian System. EGU Stephan Mueller Special Publication Series, 3, 277–295.
- NÁDOR, A., LANTÓS, M., TÓTH-MAKK, A. & THAMÓBOZSÓ, E. (2003): Milankovitch-scale multi-proxy records from fluvial sediments of the last 2.6 Ma, Pannonian Basin, Hungary.– Quaternary Science Reviews, 22, 2157–2175.
- RAKIĆ, M., STEJIĆ, P. & SIMONOVIC, S. (2002): Paleogeography of southeastern part of Pannonian Basin during Pliocene and Quaternary. Proceedings of XVII Congress of Carpathian-Balkan Geological Association in Bratislava.– Geologica Carpathica, Special issue, 53, 6 p.

"This work has been supported in part by the Croatian Science Foundation under the project 4425".

Geotehnički istražni radovi i monitoring za potrebe sanacije klizišta na cesti Bastajski Brđani – Veliki Miletinac

Geotechnical investigations and monitoring for landslide remediation on the road Bastajski Brđani – Veliki Miletinac

Stjepan Strelec¹, Kristijan Grabar², Željko Miklin³ & Jasmin Jug¹

¹ Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet, Hallerova aleja 7, 42 000 Varaždin

² SPP d.o.o., Trstenjakova 3, 42 000 Varaždin

³ Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10 000 Zagreb

Ključne riječi: geotehnički istražni radovi, inklinometarska mjerena, hidrogeološka istraživanja, inženjerskogeološka istraživanja, model tla, sanacija klizišta

Key words: geotechnical investigations, inclinometer measurements, hydrogeological investigations, engineering-geological investigations, soil model, landslide remediation

Uvod

Za vrijeme istražnih radova cesta Bastajski Brđani – Veliki Miletinac bila je dijelom uništena i prijetilo je zatvaranje prometa u slučaju da se nastavi klizanje padine. Područje istraživanja nalazi se na sjeveroistočnim padinama na LC 37128 u mjestu Bastajski Brđani. Istraživanje terena i sanacija ceste već je prije neuspješno rađena, tako da je potrebna ponovna sanacija. Za istu je bilo neophodno izvršiti detaljna istraživanja koja bi definirala kliznu plohu i inženjerskogeološki model padine.

Karakterizacija klizišta

Aktivno klizište sa dubokom kliznom plohom. Dimenzije: približna širina mase u pokretu $W_d = 60$ m, dužina mase u pokretu $L_r = 130$ m. Slobodna voda prisutna je u tijelu klizišta. Tip klizanja je složen, a razvoj klizišta retrogresivan (delapsivan). Osnovom prisutnog raslinja radi se o starom klizištu s recentnom promjenom u dinamici kretanja. Od deformacija podudarnih sa smjerom klizanja vidljive su: tangencijalne pukotine, radikalne u stopi, ispuštanje u tijelu klizišta, najahavanje u stopi, vlačne pukotine, te pukotine sa skokom. Sekundarna klizanja formirana su vododerinama i jarugama na samom tijelu klizišta, gdje dolazi do mikroodrona kojima su formirane retencije površinskih voda, a iste dodatno kvase koluvij.

Obim i rezultati istražnih radova

Terenski istražni radovi bitni su za utvrđivanje vrste tla, njenih fizikalnih i mehaničkih karakteristika, rasporeda i debljine slojeva, utvrđivanja podataka o podzemnoj vodi.

Geodetskim snimanjem terena ostvario se uvid u zatečeno stanje na području istraživane lokacije. Ovom se snimkom dobiva podloga za izradu inženjerskogeološke karte, i formiranje presjeka (uzdužni i poprečni). Kod geodetske snimke

bitno je da se detaljno registriraju pojave naglih skokova i zavrnjenja na terenu, pukotine, pojave izvora i blatnih tokova.

Temeljem inženjerskogeološkog kartiranja detektirane su pršinaste gline i prapor pleistocenske starosti kao osnovne naslage. Uočena je ritmička izmjena krupnijih sedimenata i prapor. Šljunci i pijesci lateralno izkljinjavaju te su ograničenog prostiranja. Ta vertikalna i horizontalna raznolikost razlog je nastajanja klizišta i nestabilnih padina.

Prilikom bušenja triju istražnih bušotina provođen je statički penetracijski test, a iz jezgrene cijevi uzeti su reprezentativni uzorci za ispitivanje u laboratoriju. Ispitivanjima su utvrđene tri vrste vezanog sedimenta, i to: prašinaste gline (CL-ML) indeksa plastičnosti 15–21%, gline niske plastičnosti (CL) indeksa plastičnosti 21–30%, te proslojci glina visoke plastičnosti (CH) indeksa plastičnosti 31 do 37%. Utvrđeni minimalni mehanički parametri glina iznose: kut unutrašnjeg trenja $\phi = 22$ do 24° , kohezija $c = 5$ do 9 kN/m^2 .

Dvije bušotine opremljene su opremom za inklinometarska mjerena. Inklinometarska mjerena izvedena su u vrijeme smršivanja klizišta i bilježenog pada razina podzemnih voda, kroz vrlo kratak vremenski period (ukupno 30 dana sušnog perioda). Izmjereni pomaci bili su malih iznosa, ali sukladni su smjerom utvrđene dinamike gibanja kliznog tijela. Utvrđeno je kako je neophodno nastaviti inklinometarska mjerena u dužim vremenskim periodima (svakih 30 dana).

Geoelektrična istraživanja, provedena na tri geofizička profila, izdvojila su tri kategorije tla prema električnim otpornostima: $< 20 \Omega\text{m}$ kao gline, $20–80 \Omega\text{m}$ kao prašinasto-pjeskovite gline, $80–150 \Omega\text{m}$ kao sediment s povećanom saturacijom.

Na hidrogeološkoj karti izdvojene su lokalne razvodnice, koje samo djelomično (kod niskih voda) odvajaju slivove. Kod visokih voda slivovi se ponašaju kao jedan i prelivaju se iz jednog u drugi. Upravo se to prelivovanje, zapravo podzemna bifurkacija događa u zoni klizišta Bastajski Brđani.

Zaključak

Geološka građa terena, fizičko-mehanički parametri slojeva tla u kombinaciji s hidrogeološkim uvjetima u tlu i ljudskim aktivnostima osnovni su uzroci pokretanja klizišta.

Istraživanjem se utvrdilo da je padina izgrađena od više, prema mehaničko-fizičkim karakteristikama, različitih slojeva tla. Prema svim provedenim istraživanjima i analizama klizanje se odvija u glinovito prašinastim materijalima u kojima su mjestimice prisutni proslojci sa povećanim postotkom pjeska i šljunka. Takvi proslojci omogućavaju brže i lakše procjeđivanje vode koja nailaskom na nepropusnije glinovite slojeve nastavlja procjeđivanje po tom kontaktu. Ukoliko su u tlu prisutni takvi uvjeti da procijedena voda nema mogućnost brze evakuacije iz padine ona se počne nakupljati u tlu, te se povećavaju porni pritisci. Konačno, kombinacija s povećanim pornim pritiscima i prirodnim "slabim" mehaničkim karakteristikama tla dovodi do pojave nestabilnosti.

Prilikom odabira primjenjivih sanacijskih rješenja treba ispuniti uvjet da se po završetku sanacije cesta vrati na poziciju koju je imala prije pojave svih nestabilnosti. U ovom slučaju moguće je ponuditi čitav niz tehničkih rješenja sanacije, no ističu se dvije mogućnosti sanacije trase ceste: odabir oblika temeljenja potporne konstrukcije (zamjene tla) sa dubokim iskopom zasjeka 12–14 m ili plići iskop te temeljenje na

pilotima dužine 10 m. Vrlo je važno oborinsku vodu sakupiti prije i poslije predmetne lokacije te ispustiti na adekvatan način u okoliš. Plitkim drenovima presjeći mogućnost procjeđivanja po posteljici kolničke konstrukcije, a duboko dreniranje padine izvesti na način da se projektira ugradnja temeljnog drena. Sanacija preostalog dijela padine neće se vršiti jer ne ugrožava nikoga nizvodno i bit će prepušten prirodnom formiranju reljefa.

Literatura:

- GALOVIĆ, I. & MARKOVIĆ, S. (1979): Osnovna geološka karta SFRJ I: 100.000, list Virovitica, L 33-83, Geološki zavod, Zagreb, 1971-1975, Savezni geološki zavod, Beograd.
- GALOVIĆ, I., MARKOVIĆ, S. & MAGDALENIĆ, Z. (1981): Osnovna geološka karta SFRJ I: 100.000, tumač za list Virovitica, L 33-83. Institut za geološka istraživanja Zagreb, 1976, Savezni geološki zavod, Beograd, 44 str.
- GONZALEZ DE VALLEJO, L. & FERRER, M. (2011): Geological Engineering, CRC Press, Taylor and Francis Group, London, England, 700 p.
- SISGEO Instruction Manual (2003): INCLI2 version 3.0, 33 pages FIELD S.r.l., Lallio (BG), Italy.
- STRELEC, S., MIKLIN, Ž., GRABAR, K. & FILIPOVIĆ, A. (2013): Geotehnički elaborat za potrebe sanacije klizišta na LC37128 u mjestu Bastajski Brdani, SPP d.o.o., Trstenjakova 3, Varaždin, 60 str.

Geološki profil Jamskog sustava Lukina Jama–Trojama na Sjevernom Velebitu

Geologic cross-section along the Lukina jama–Trojama Cave system

Andrej Stroj¹ & Ivo Velić²

¹Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10 000 Zagreb

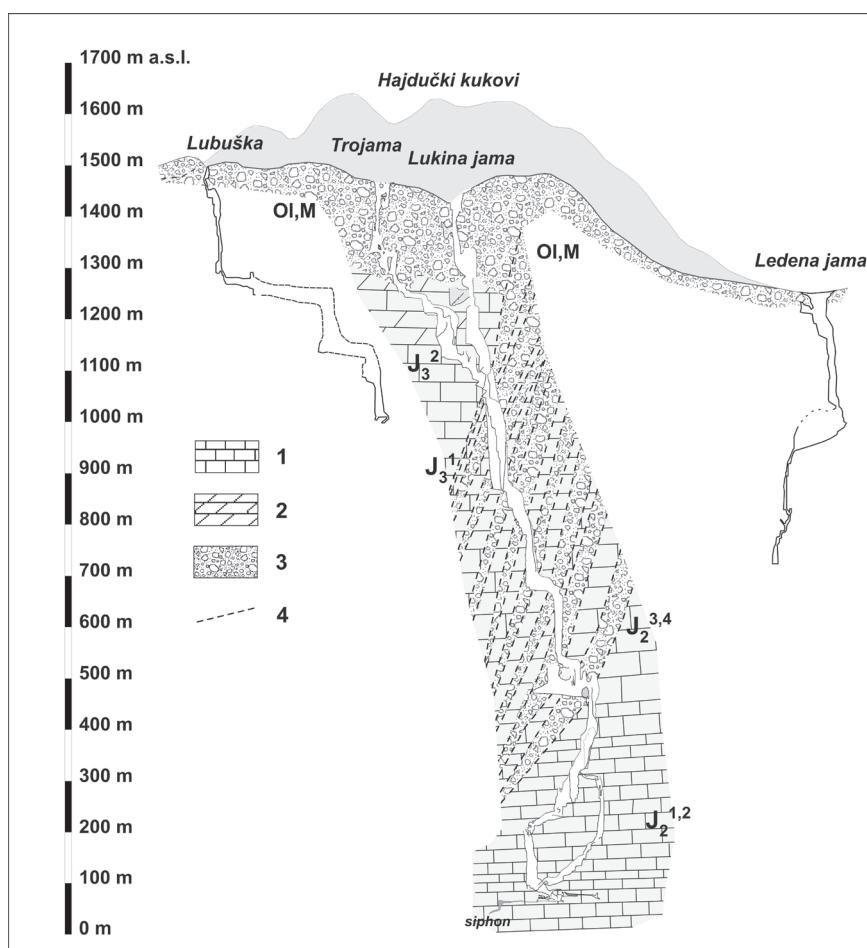
²Hrvatska geološka ljetna škola, Pančićeva 5, 10 000 Zagreb

Ključne riječi: geologija, srednja i gornja jura, speleologija, Lukina jama–Trojama, Sjeverni Velebit

Key words: geology, Middle and Upper Jurassic, speleology, Lukina jama–Trojama Cave system, North Velebit

Speleološka istraživanja dubokih speleoloških objekata u krškim područjima Hrvatske omogućila su neposredna geološka istraživanja stijena duboko ispod površine terena (LACKOVIĆ, 1993; LACKOVIĆ et al., 1999, 2011; STROJ, 2004; BAKŠIĆ et al., 2005). U okviru speleoloških ekspedicija u Lukinu jamu 1993. i 1994. godine obavljena su geološka opažanja i mjerjenja, te uzorkovanja i naknadne

analize uzoraka stijena po profilu jame. Na temelju dobivenih rezultata izrađen je litološki profil do dna jame (LACKOVIĆ, 1993). Usljed nedostatka provodnih fosila u analiziranim uzorcima, stratigrafsku pripadnost pojedinih stijena na profilu nije bilo moguće detaljno odrediti. Zbog toga je prilikom novijih ekspedicija 2010. i 2011. godine uzorkovanje stijena u Lukinoj jami ponovljeno.



Slika 1. Geološki profil Hajdučkih kukova na Sjevernom Velebitu s najdubljim jamama: Jamski sustav Lukina Jama–Trojama, Lubuška i Ledena jama (Legenda: 1 – vapnenci; 2 – dolomiti; 3 – Velebitske vapnenačke breče; 4 – rasjed, približni položaj).

Figure 1. Geologic cross-section of the Hajdučki kukovi area on Northern Velebit with profiles of the deepest caves: Lukina jama–Trojama cave system, Lubuška cave and Ledena jama (Legend: 1 – limestones; 2 – dolostones; 3 – Velebit limestone breccia; 4 – fault, approximate position).

U izvadenim uzorcima pronađeni su provodni fosili srednjojurske i gornjojurske starosti. Nalazima foraminifere *Bosniella croatica* (GUŠIĆ) određena je alelensko–bajocijska starnost vaspencima u najdubljem dijelu jame na dubini od 1300 m. Iznad tih slojeva, na oko 950 m dubine utvrđeni su vaspenci s presjecima foraminifere *Paleopfenderina salernirana* (SARTONI & CRESCENTI) koja je provodna za batski kat srednje jure. Premda paleontološki nije dokazana zastupljenost vaspenaca kalovijskoga kata je neupitna. U konkordančiji sa slojevima srednjojurskih vaspenaca utvrđene su gornjojurske karbonatne naslage raspona oksford–kimeridž nalazima foraminferskih vrsta *Kurnubia palastiniensis* HENSON, *K. jurasica* (HENSON), *Chablaisia chablaisensis* (SEPTFONTAINE), *Andersenolina alpina* (LEUPOLD) i vaspnenačke alge *Salpingoporella sellii* (CRESCENTI) na dubinama od 400 do 360 m.

Jama je razvijena u masivnim Velebitskim vaspnenačkim brečama (ranije nazivanim Jelarskim naslagama prema BAHUN, 1963) do dubine od oko 250 m, gdje se nalazi kontakt s dolomitičnim vaspencima gornje jure (Sl. 1). Sam kontakt je postupan, od breče preko intenzivno razlomljenih do slojevitih dolomitičnih vaspenaca. U dijelu jame od 400 do 980 m dubine ponovno prevladavaju vaspnenačke breče, ali se ovdje nalaze u nepravilnim izmjenama sa slojevitim vaspencima normalnog stratigrafskog slijeda. Pojave breča na dubinama do 980 m ispod površine terena objašnjene su modelom tektoniziranih zona zapunjениh Velebitskim brečama koje presijecaju jurske vaspnence u normalnom slijedu. Ovakva interpretacija pojave breča značajno se razlikuje u odnosu na prethodni geološki profil jame na kojem su

breče prikazane u kontinuiranom pojasu, a njihov odnos prema slojevitim vaspencima nije objašnjen (LACKOVIĆ, 1993). Istraženi profil Lukine jame predstavlja značajni doprinos poznavanju dubinske geološke grade Sjevernoga Velebita, koja je do sada interpretirana posredno na temelju površinskog prostiranja pojedinih vrsta stijena (npr. VELIĆ & VELIĆ, 2009).

Literatura:

- BAHUN, S. (1963): Geološki odnosi okolice Donjeg Pazarista u Lici. Trijas i tercijarne Jelar-naslage.– Geološki vjesnik, 16, 161–170.
- BAKŠIĆ, D., STROJ, A. & KUHTA, M. (2005): Explorations and Geomorphology of the Velebit Pit on the North Velebit Mt. in Croatia – World's Deepest subterranean Shaft.– 14th International Congress of Speleology, Abstract book. Athens – Kalamos.
- LACKOVIĆ, D. (1993): Lukina jama u sjevernom Velebitu – najdublja u Hrvatskoj.– Vijesti Hrvatskog geološkog društva, 2/30, str. 83, Zagreb.
- LACKOVIĆ, D., ŠMIDA, B., HORVATINČIĆ, N. & TIBLJAŠ, D. (1999): Some geological observations in Slovačka jama cave (-1268 m) in Velebit Mt., Croatia.– Acta carologica, 28/2, 6, 113–120, Ljubljana.
- LACKOVIĆ, D., GLUMAC, B., ASMEROM, Y. & STROJ, A. (2011): Evolution of the Vaternica cave (Medvednica Mountain, Croatia) drainage system: insights from the distribution and dating of cave deposits.– Geologia Croatica, 64/3, 213–221 (doi: 10.4154/GC.2011.18).
- STROJ, A. (2004): Speleomorfološke značajke i geneza sustava Velebita–Dva Javora.– Speleolog, 52, 11–18, Zagreb.
- VELIĆ, I. & VELIĆ, J. (2009): Od morskih pličaka do planine. Geološki vodič kroz Nacionalni park Sjeverni Velebit.– JU NP Sjeverni Velebit, 140 str.

Rekonstrukcija paleoklimatskih varijabilnosti od OIS 5 do OIS 1 na temelju sige iz Manite peći (srednji Velebit)

Speleothem based reconstruction of palaeoclimate variability from OIS 5 to OIS 1 – study of Manita peć Cave (Central Velebit, Croatia)

Maša Surić¹, Robert Lončarić¹, Nina Lončar², Nenad Buzjak³, Petra Bajo⁴, Russell N. Drysdale⁴
& John C. Hellstrom⁵

¹ Odjel za geografiju, Centar za istraživanje krša i priobalja, Sveučilište u Zadru, Ul. dr. F. Tuđmana 24 i, Zadar

² Odjel za geografiju, Centar za istraživanje krša i priobalja, Sveučilište u Zadru, Trg kneza Višeslava 9, Zadar

³ Geografski odsjek, Zavod za fizičku geografiju, PMF, Sveučilište u Zagrebu, Marulićev trg 19/II, Zagreb

⁴ School of Geography, Faculty of Science, The University of Melbourne, Carlton 3010, Victoria, Australia

⁵ School of Earth Sciences, The University of Melbourne, Parkville, 3010 Victoria, Australia

Ključne riječi: paleoklimatske promjene, kvartar, sige, stabilni izotopi, Velebit

Key words: palaeoclimate changes, Quaternary, speleothems, stable isotopes, Velebit Mt, Croatia

Sige, kao sekundarni karbonatni sedimenti, posljednjih su desetljeća zauzele značajno mjesto u istraživanjima promjena u okolišu, prvenstveno paleoklimatskim. Svojim izotopnim sastavom ($\delta^{18}\text{O}$ i $\delta^{13}\text{C}$), varijacijama elemenata u tragovima, sastavom fluidnih inkluzija, organskim sadržajem, petrografske i mineraloškim izmjenama, a posebno mogućnošću da ih se vrlo precizno datira (^{14}C i U-Th) i prostornom distribucijom na područjima koja nisu obuhvaćena istraživanjima jezgri leda i dubokomorskih sedimenata, predstavljaju vrlo vrijedne arhive zapisa paleookolišnih promjena.

S ciljem rekonstrukcije kvarternih paleookolišnih promjena u sjevernoj Dalmaciji, provedena su istraživanja sige iz Manite peći (570 m n.m.) te recentnih uvjeta taloženja u spilji. Naime, vjerodostojan zapis promjena uvjeta taloženja dat će jedino sigovina taložena u izotopnoj ravnoteži sa spiljskom vodom iz koje kristalizira, jer u tom slučaju, na izotopnu frakcionaciju kisikovih stabilnih izotopa (^{16}O i ^{18}O) utječe jedino temperatura. S obzirom da u slučaju recentnih ravnotežnih uvjeta možemo pretpostaviti da se i u prošlosti taloženje odvijalo u izotopnoj ravnoteži (MICKLER et al., 2004), proveden je monitoring današnjih uvjeta. Na mjesечноj je bazi analiziran izotopni sastav oborina i prokapnice ($\delta^2\text{H}$ i $\delta^{18}\text{O}$), praćena je temperatura i relativna vlažnost zraka na površini i u spilji, te je analiziran recentni kalcit ($\delta^{18}\text{O}$ i $\delta^{13}\text{C}$) istaložen tijekom monitoringa. Da se taloženje u prošlosti zaista odvijalo u izotopnoj ravnoteži, potvrđili su i Hendy testovi na 7 proslojaka sige, te replicirani zapis iz dvije različite sige, MP2 i MP3.

Na sigama je duž osi rasta napravljeno oko 600 analiza stabilnih izotopa ($\delta^{18}\text{O}$ i $\delta^{13}\text{C}$) u rezoluciji od 1 mm, dok je vremenski raspon rasta i izotopnih varijacija određen na temelju 27 datiranih uzoraka kalcita (24 U-Th i 3 ^{14}C datacije). Sige su se taložile između OIS 5 i OIS 1 i to u intervalima 106–46 ka i 13–5 ka. Taloženje tijekom LGM-a (OIS 2) nije zabilježeno, dok je također hladni OIS 4 karakteriziran ne-

gativnijim $\delta^{18}\text{O}$ vrijednostima. Topla razdoblja obilježena su višim $\delta^{18}\text{O}$ vrijednostima što se trendom podudara s izotopnim zapisima iz jezgri grendlanskog leda (NGRIP), kao i izotopnim varijacijama sige sjevernoalpskih spilja (BOCH et al., 2011) i turske spilje Sofular (FLEITMANN et al., 2009). Istovremeni zapisi, ali suprotnog trenda zabilježeni u talijanskoj spilji Antro del Corchia Cave (ZANCHETTA et al., 2007) i izraelskim spiljama Soreq i Pequin (BAR-MATTHEWS et al., 2003) upućuju na dominaciju tzv. *amount effect-a* (snižavanje $\delta^{18}\text{O}$ vrijednosti zbog značajno veće količine oborina tijekom toplijih razdoblja) što očito nije bio slučaj u području Manite peći.

Literatura:

- BAR-MATTHEWS, M., AYALON, A., GILMOUR, M., MATTHEWS, A. & HAWKESWORTH, C.J. (2003): Sea-land oxygen isotopic relationships from planktonic foraminifera and speleothems in the Eastern Mediterranean region and their implication for paleorainfall during interglacial intervals.– *Geochim. Cosmochim. Acta*, 67/17, 3181–3199.
- BOCH, R., CHENG, H., SPÖTL, C., EDWARDS, R.L., WANG, X. & HÄUSELMANN, P.H. (2011): NALPS: a precisely dated European climate record 120–60 ka.– *Clim. Past*, 7, 1247–1259.
- FLEITMANN, D., CHENG, H., BADERTSCHER, S., EDWARDS, R.L., MUDELSEE, M., GOKTURK, O.M., FANKHAUSER, A., PICKERING, R., RAIBLE, C.C., MATTER, A., KRAMERS, J. & TUYSUZ, O. (2009): Timing and climatic imprint of Greenland interstadials recorded in stalagmites from Northern Turkey.– *Geophys. Res. Lett.*, 36, L19707.
- MICKLER PJ., BANNER J.L., STERN L., ASMEROM Y., EDWARDS R.L. & ITO, E. (2004): Stable isotope variations in modern tropical speleothems: Evaluating equilibrium vs. kinetic isotope effects.– *Geochim. Cosmochim. Acta*, 68/21, 4381–4393.
- ZANCHETTA, G., DRYSDALE, R.N., HELLSTROM, J.C., FALLICK, A.E., ISOLA, I., GAGAN, M.K. & PARESCHI, M.T. (2007): Enhanced rainfall in the Western Mediterranean during deposition of sapropel S1: stalagmite evidence from Corchia cave (Central Italy).– *Quat. Sci. Rev.*, 26/3–4, 279–286.

Popularizacija geologije u osnovnim i srednjim školama

Popularization of geology in primary and secondary schools

Vicko Sviličić^{1,3} & Zvonko Bumber^{1,2}

¹ UPRIS – Udruga za prirodoslovna istraživanja, Stube S.S. Kranjčevića 10, 22 000 Šibenik, Hrvatska
(info@upris.hr; www.upris.hr)

² Medicinska škola u Rijeci, Gajeva 1, 51 000 Rijeka, Hrvatska

³ Prirodoslovna tehnička škola Split, Matice hrvatske 11, 21 000 Split, Hrvatska

Ključne riječi: edukacija, škole, projekti, geološke zbirke

Key words: education, schools, projects, geological collections

UPRIS – Udruga za prirodoslovna istraživanja osnovana je 2010. godine s ciljem popularizacije znanosti među mladima školske dobi. Iste godine kad je udruga osnovana, njeni članovi sudjelovali su na 4. Hrvatskom geološkom kongresu u Šibeniku na kojem je predstavljen projekt „Geološke zbirke u školama“. Već naredne 2011. godine potpisani je Sporazum o suradnji s Hrvatskim geološkim institutom u svrhu promicanja vrijednosti edukacije i istraživanja na polju geologije, uspostavljanja geoloških zbirki u osnovnim i srednjim školama te zajedničkog zalaganja pri Ministarstvu znanosti, obrazovanja i sporta kako bi geološke zbirke postale pomoćno nastavno sredstvo u školama. Ova suradnja, koja je rezultirala s više projekata na prostoru cijele Republike Hrvatske, traje i danas.

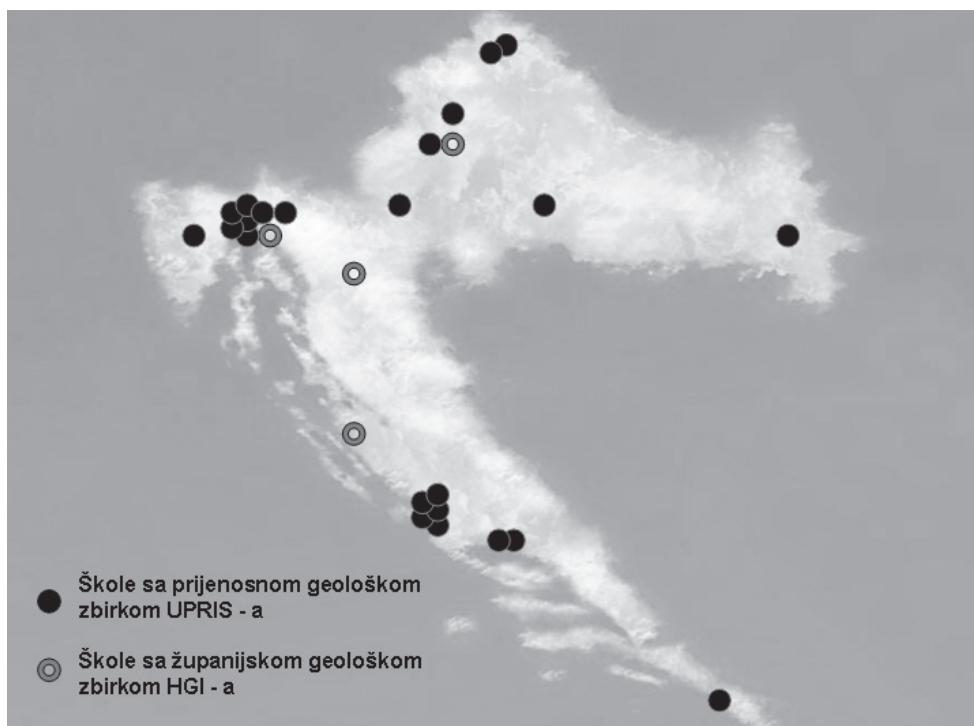
Geološke zbirke prezentirane su nastavnicima osnovnih i srednjih škola na mjestu koje jamči najbržu integraciju ovog

nastavnog sredstva u nastavni proces, na županijskim stručnim skupovima iz geografije. Tijekom 2011. i 2012. godine održana su predavanja o samoj zbirci i geološkim temama koje je moguće obrađivati uz pomoć geološke zbirke na skupovima Istarske, Primorsko – goranske, Ličko – senjske, Zadarske, Šibensko – kninske i Splitsko – dalmatinske županije. Na istim skupovima podijeljene su Geološke karte Republike Hrvatske M 1:300.000 i pripadajući Tumač, dar Hrvatskog geološkog instituta financiran sredstvima MZOS – a povodom 100. obljetnice osnutka Instituta. Tijekom 2014. godine odrađen je projekt „Geološke zbirke u školi“, također financiran sredstvima resornog ministarstva, kojim se osam osnovnih i srednjih škola u Republici Hrvatskoj opremilo geološkim zbirkama. Škole su odabrane po kriteriju izvrsnosti s obzirom da su njihovi učenici osvojili prva mjeseca na Državnom natjecanju iz geografije 2013. godine u kate-



Slika 1. Prijenosne geološke zbirke.

Figure 1. Portable geological collections.



Slika 2. Lokacije škola u Republici Hrvatskoj koje posjeduju geološke zbirke.
Figure 2. Locations of schools in Republic of Croatia that have geological collections.

gorijama od 5.–8. razreda osnovne škole i 1.–4. razreda srednje škole. Ovaj projekt je prezentiran na istom natjecanju u tekućoj godini pred cijelom geografskom zajednicom. U istoj godini odrađen je i projekt „Škola mladih riječkih geologa 2014.“ u suradnji s HGI-om. Završni dio ovog projekta bilo je natjecanje u poznavanju geologije gdje su osvajači drugog i trećeg mjesto osvojili „Prijenosnu geološku zbirku“ UPRIS – a, a osvajači prvog mjesto Županijsku geološku zbirku Primorsko – goranske županije koju je izradio HGI. Ovaj projekt ponovljen je u 2015. godini uz finansijsku potporu Zaklade „Hrvatska za djecu“ gdje su škole osvajači prva tri mesta dobili „Prijenosne geološke zbirke“ UPRIS – a. U tekućoj godini održan je i projekt „Radionice mladih znanstvenika – RI, ST“, financiran od strane MZOS – a. U ovom projektu sudjelovali su učenici osnovnih škola iz Rijeke i Spli-

ta, a za ovaj projekt UPRIS je u suradnji s HGI – om izradio novo nastavno sredstvo nazvano „Geološki stalak“. Za 2016. godinu najavljeni su novi projekti UPRIS – a, a za finansijsku potporu bit će prijavljeni i nastavci već odraćenih projekata s nazivima „Radionice mladih znanstvenika – PU, ZD“ i „Škola mladih splitskih geologa 2016.“

Proteklih pet godina, koliko UPRIS djeluje, ispunjeno je uspjesima: realizirano je više projekata te su novi pripremljeni, održana su predavanja s geološkim temama diljem Republike Hrvatske, 23 osnovne i srednje škole opremljene su prijenosnim geološkim zbirkama, ostvarena je suradnja s HGI – om kod uspostave županijskih geoloških zbirki, podijeljene su geološke karte u više županija, a također je uspostavljena suradnja sa znanstvenim ustanovama, ministarstvima i zakladama.

Geochemical properties of soil and attic dust around the Bor open pit and Cu smelter, Serbia

Geokemijska svojstva tala i tavanske prašine u okolini površinskog kopa i topionice bakra Bor, Srbija

Robert Šajn¹, Trajče Stafilov² & Suzana Eric³

¹ Geological Survey of Slovenia; Dimičeva ul 14, Ljubljana, Slovenia

² Institute of Chemistry, Faculty of Science, Ss. Cyril and Methodius University, Arhimedova 5, Skopje, Macedonia

³ Faculty of Mining and Geology, Univestity of Belgrade, Djušina 7, Belgrade, Serbia

Key words: attic dust, topsoil, trace elements, Bor, Serbia

Ključne riječi: tavanska prašina, tla, elementi u tragovima, Bor, Srbija

The objective of this work was to investigating a distribution of chemical elements in attic dust and topsoil for separation between anthropogenic (man-made) and geogenic (natural) contamination.

The term dust usually comprises street dust and household. However, other types have also been studied in the past. A particular type of household dust, attic dust, has been used in the present work. It represents the dust that accumulates on wooden carpentry of attics, the spaces in which the influence of inhabitants is minimized. The attic dust is derived predominantly from external sources through aerosol deposition and as a result of soil dusting, and less from household activities. The deposition rate of attic dust seems to be uniform with time. Its chemistry, therefore, reflects the average historical levels of the atmospheric pollution. In previous geochemical studies, the properties of attic dust as a sampling medium for the territory of Slovenia (regional-scale) were established.

Municipality Bor is located in southeast Serbia. Basic industries are mining and metallurgy. The discovery of copper ore and its exploitation since 1903 led to quick development of Bor from a village to an industrial and urban centre of Serbia. When mining started, Bor counted 150 houses and c. 700 citizens. Prior to WW II, Bor had a population of 10,000 citizens of which 6,000 worked in the mine. In the year 1990 production reached record levels: c. 150,000 t. of cathode copper (representing 1.5% of world production), c. 340,000 t. of sulphur acid, and c. 4,700 t. of gold. The population of the city itself has reached 40,000 citizens (60,000 in the whole municipality), with some 14,000 people working in the Mining and Smelting Company Bor. The last decade of the past century was marked by the decrease of production and economic decline.

Their influence is primarily seen in old technologies and obsolete equipment, which necessarily cause to air pollution and through that also toward violation and destruction of environment. In time, development and constant increase of mining and metallurgical activities in Bor left catastrophic consequences on the environment.

Due to long lasting metallurgy and mining, the town Bor with its surrounding area (approximately 280 km²) has been selected for the geochemical study. The entire area was divided into cells by a sampling grid 2x2 km, but in urban zone, the sampling density was increased. The chemical element contamination in remote areas has been detected by a sampling cross. The sampling cross is set up in the direction of dominant winds, and covers an area of 1000 km². The whole study area is covered by 86 sampling sites, however 26 in the urban zone, 48 sampling sites in its surroundings, and 12 sampling sites in the sampling cross.

An old house with intact attic carpentry near to each sampling site has been selected. Most of the selected houses were at least 100 years old. To avoid collecting particles of tiles, wood and other construction materials, the attic dust samples were brushed from parts of wooden constructions that were not in immediate contact with roof tiles or floors. Soil was sampled from the surface to the depth of 5 cm close to the house in which attic dust was collected. Within the town, urban soil, such as soil in gardens and grass-plot was sampled. One sample represents the composite material collected at the central sample point itself and at six points within the radius of 50 m around it.

All samples were air-dried. The size fraction of attic dust smaller than 0.125 mm was prepared for the chemical analyses by sieving. Soil samples were gently crushed then the fraction smaller than 2 mm was pulverized. The analyses of digested samples were performed with an atomic emission spectrometry with inductively coupled plasma, ICP-AES, Varian 715-ES. Optimization of instrumental condition for each element was previously done. Total contents of 20 elements were analyzed: Al, As, Ba, B, Ca, Cd, Cr, Cu, Ga, Li, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, Pb, Sr, V and Zn after (total) four-acid digestion (mixture of HClO₄, HNO₃, HCl and HF in the Chemical Institute, Skopje).

The quality control of the applied techniques was performed by standard addition method, and it was obtained that the recovery for the analyzed elements ranges for ICP-

AES between 98.5% and 101.2%. The same method was applied for the determination of some trace elements in the reference standard materials.

In statistical analysis, data from 86 samples of each attic dust and topsoil were used. The multivariate cluster analysis and R-mode factor analysis were used to reveal the associations of chemical elements in the two sample media. The statistical analysis was performed on standardized variables after the Box-Cox transformation. As a measure of similarity between variables, the product-moment correlation coefficient was applied. For orthogonal rotation the varimax method was used. The universal kriging with linear variogram interpolation method was applied to construct the maps of spatial distribution of particular elements and factor scores in soil and attic dust. The basic grid cell size used for interpolation is 100x100 m.

Geochemical anomaly resulting from the mining and copper production shows high contents of As, Cd, Cu, Pb and Zn. Contents of the elements of a chemical association change according to the type of sampling material and distance from the source of contamination. Contents in the soils and attic dust in areas that are situated in more than 10-25 km oscillate within the European (Slovenian) average, while in the soils around copper smelter they exceed the European (Slovenian) average for about 30 times. Anthropogenic source of the mentioned chemical elements is especially obvious in the case of attic dust. Contents of those chemical elements exceed the European (Slovenian) average more than 130 of times. The form of a pollution halo depends strongly on morphology, height above sea level and local winds. The highest contents of the mentioned chemical elements were found in the soils and especially attic dust in the areas around Cu smelter Bor. The maximum contents of the strongest pollutants amount up to 0.10% As, 1.1 % Cu, 0.16% Pb, 0.34% Zn in topsoil and 0.39 % As, 11 % Cu, 0.54% Pb, 0.76% Zn in attic dust. Such concentra-

tions in geochemical investigations typically write in mg / kg, a volume that is 10,000 times smaller!

Geochemical association which was formed as a result of Cu production in attic dust and as a result from natural processes in topsoil includes Cr, Ni in Li. The contents of those elements in soils and attic dust are significantly lower than the European (Slovenian) average. The area of heightened contents of Cr, Li and Ni in attic dust includes the areas around of copper smelter Bor. High concentrations of those elements in topsoil are characteristic for the north east part of the investigated area and are related primarily to the Palaeozoic rocks.

The major natural geochemical association consists of Al, Mg and Ni. High concentrations of those elements are characteristic for the areas of Andesite, Agglomerate, Brecia, Tuff, Tuffite outcropping (2nd volcanic phases) in the western part of investigated area. Their distribution results from natural processes, such as weathering of rocks (content of clay in soil), meteorological conditions and terrain morphology. Contents of the above mentioned chemical elements in the sampling material oscillate, with some exceptions, within the European (Slovenian) average. For this group of elements is characteristic enrichment in the topsoil compared with attic dust unlike before mentioned geochemical associations.

The New Dutch list is used to show the overall situation with respect to contamination of soil. In this case the six chemical elements that are set out in the New Dutch list are used to show the overall hazard caused by anthropogenic contamination (As, Cd, Cu, Pb and Zn). The anthropogenic contamination is a consequence of copper mining, processing and smelting operations that resulted in high concentrations of As, Cd, Cu, Pb and Zn in topsoil. Their high concentrations especially Cu exceed the interventional (critical) levels area of about 180 km²!

Krški reljefni oblici otoka Krka

Karst landforms on Krk island

Ela Šegina¹, Čedomir Benac² & Martin Knez³

¹ Miklošičeva 4a, 1230 Domžale, Slovenija

² Građevinski fakultet, Sveučilište u Rijeci, R. Matejić 3, 51 000 Rijeka, Hrvatska

³ Inštitut za raziskovanje krasa, Titov trg 2, 6230 Postojna, Slovenija

Ključne riječi: ponikve, dolinski oblici, prostorne analize, Krk

Key words: dolines, valley-forms, spatial analysis, Krk

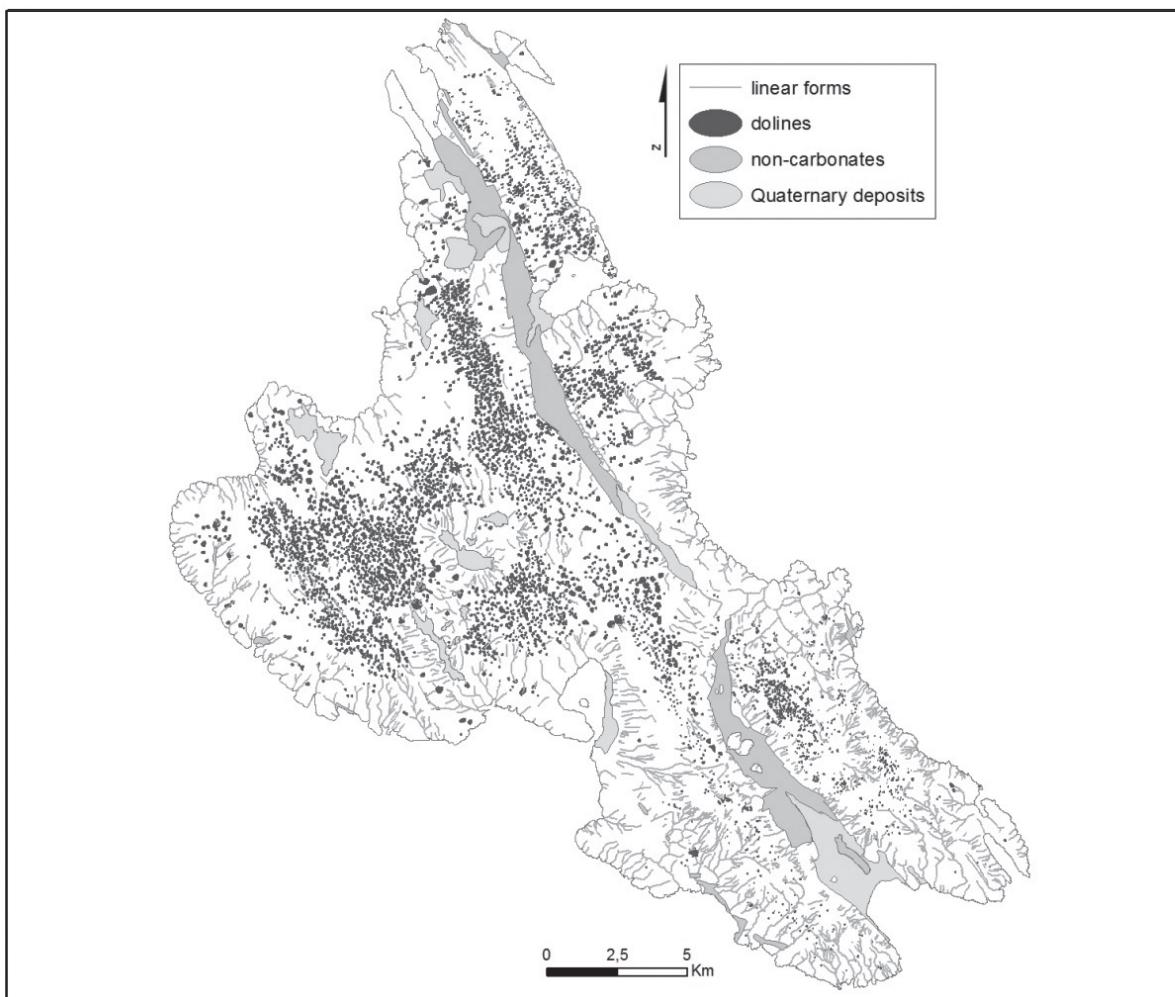
In this paper karstic relief, with an emphasis on distribution of dolines and linear forms will be presented. The Island of Krk is one of two biggest Adriatic islands (405 km^2). It is located in the north-eastern part of the Adriatic Sea channel area, between the Istrian peninsula and the Vinodol coast. This island consists mainly of carbonate rocks: Cretaceous limestones, dolomitic limestones and dolomitic breccias, Palaeogene limestones and carbonate breccias. Outcrops of siliciclastic rocks (marls and flysch) are restricted in relatively narrow, compressed and isolated zones. This island is part of the External Dinarides, and its major orographic axis and geological structures have a Dinaric strike (NW–SE to NNW–SSE). This dominant strike of tectonic structures has been disturbed by younger diagonal and transverse strike-slip faults during the Pliocene and Quaternary under the influence of re-oriented, a neotectonic regional stress orientated approximately N–S. Due to this, carbonate rock mass are partially extremely deformed and fissured. Present landscape of the Island of Krk is a consequence of simultaneous influence of tectonic movements, and climatic and sea-level changes during Pliocene and Pleistocene.

Due to complex tectonic fabric karst forms that occur on Krk island are numerous and various. Diversity of karst forms has been previously noticed by BENAC et al. (2013). Using a combination of topographic maps (scale 1:5.000), geometrically corrected aerial photography (in resolution 0.5 m, dating in 2004) and field work all together 5 610 depressions and more than 742 km of linear forms, both of various types, have been detected on carbonate rocks. Depressions are mainly dolines of accelerated dissolution type, partly or completely filled with sediments. They reach the density of 61 dolines/km 2 , with average distance $dist_{avg} = 108$ (with similar values in entire area) and median diameter $d_m = 48 \text{ m}$. With decrease of their size the dispersion of dolines distribution over entire area markedly increases. It is evident that dolines developed quite independently of lithology. The main factor of their distribution seems to be recent relief configuration; however, they have been detected even under Quaternary deposits (LAZARIN, 1983; ŠTEFANEK, 2002). On spatially opposite locations, mainly on slopes with higher inclination, appear valley-like forms of tectonic, paleofluvial,

tecto-karstic, karstic and not yet completely defined origin (Fig. 1). Linear forms of tectonic origin are young surface forms, formed mainly by gravitational processes. Morphometrically they are short and unbranched, and developed on steep slopes. They clearly show recent tectonic activity of the area on north-eastern edge of the island and in the south. Tecto-karstic linear forms can seem fluvial in appearance, but have developed by accelerated corrosion along geologic structures with increased permeability. The most obvious tecto-karstic forms developed along strata with high dip. The majority of linear forms on carbonates however follow principles of fluvial erosion: some well-branched systems with direction towards local baselevel reach a length of even 15 km. These old well branched paleofluvial networks with complex drainage patterns (2nd or 3rd order) developed in recently tectonically inactive areas, some of them nowadays being located on high karst plateaus. These forms are now inactive in fluvial sense but are still subject to processes of karstification. They developed characteristic smooth relief with lack of accumulated fluvial and gravitational material. Some of them were strongly tectonically disturbed and have adapted to the drop of groundwater level by cutting canyons in their lower parts of the streams. Clear evidences of contact karst (blind valleys) are rare. Denuded caves which also appear as shallow irregular linear forms with traces of sinter were located in the south of the area.

The majority of valley forms on carbonates are recently dry. Partly and periodically active are solely valleys which cross zones of non-carbonates. Findings of sandstone remnants in the upper parts of valleys proved that non-carbonates covered much wider areas, or that compressed zones of non-carbonates were much more numerous than it was thought. This might have partly contributed to development of complex drainage networks in this bare-rock landscape of today.

The distribution of dolines and valley forms clearly express the competitive relationship between point and linear geomorphic processes. However, the origin of all types of linear forms has not been satisfactorily explained yet. Even though relief forms follow the principle of surface runoff, deposit sediments and form complex drainage networks, there have been clear traces of depth karstification found in the same regions as well.



Slika 1. Prostorni raspored ponikava te linearnih oblika na kršu otoka Krka.

Figure 1. Spatial distribution of dolines and linear forms on karst relief of island Krk.

Literatura:

BENAC, Č., JURAČIĆ, M., MATIČEC, D., RUŽIĆ, I. & PIKELJ, K. (2013): Fluviokarst and classical karst: Examples from the Dinarics (Krk Island, Northern Adriatic, Croatia).— Geomorphology (0169-555X) 184.

LAZARIN, M. (1983): Uvjeti temeljnog tla i specifičnosti temeljenja petrokemijskog kompleksa u Omišlju.— Diplomski rad. Građevni institut, OOUR Fakultet graditeljskih znanosti Sveučilišta u Rijeci.

ŠTEFANEK, Ž. (2002): Vodoopskrbni sustav Krka, podustav Ponikve.— Studija vodozahvata. Hidroinženjeri d.o.o. Zagreb.

Using multivariate statistics for clarifying the element sources in soil in the area of Sisak, Croatia

Upotreba multivarijantne statistike za određivanje porijekla elemenata u tlu na području Siska, Hrvatska

Ajka Šorša¹, Goran Durn², Josip Halamić¹, Stjepan Husnjak³, Vesnica Garašić² & Marta Mileusnić²

¹ Croatian Geological Survey, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Croatia (ajka.sorsa@hgi-cgs.hr)

² Faculty of mining, geology and petroleum engineering, University in Zagreb, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Croatia

³ Faculty of Agriculture, University in Zagreb, Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb, Croatia

Key words: multivariate statistics, geochemistry, soil, Sisak

Ključne riječi: multivarijantna statistika, geokemija, tlo, Sisak

The EuroGeoSurveys Geochemistry Expert Group initiated in 2008 the project "Urban Geochemistry in Europe (URGE) – soil, children, health" with the main aim to standardize geochemical studies in the urban areas. Thirteen cities were interested in participating in the project, among them Sisak (Croatia). The Sisak is an ancient and industrial city (SLUKAN ALTIĆ, 2004). In the former Yugoslavia in Sisak was developed heavy industry like steelworks, a thermoelectric power plant, refinery, chemical industry, etc. After 1990s almost all industry in the city collapsed.

The area of Sisak is lowland covered by fine-grained Quaternary deposits (silts, sands, clays, loess) (PIKIJA, 1987a, b). The floodplain sediments of the Sava river are composed of carbonates while those of rivers Kupa and Odra are dominated by siliciclastics. The great meander of the river Kupa is covered by loess. In the rural part of the investigated area hydromorphic soils prevail, while in the urban part technogenic soils (urban soils) predominate (HUSNJAK, 2012).

Composite samples were taken in the topsoil layer from a depth of 0–10 cm with a sampling density of 4 samples/km² in the urban area and 1 sample/km² in the rural area around the city. The sampling grid was regular and squared. The total surface of the researched area was 65.18 km² at which 144 samples were taken. Chemical analyses were performed by Inductively Coupled Plasma Mass Spectroscopy (ICP-MS) for the set of 53 chemical elements in the ACME Anal. Lab., Vancouver, Canada. Soil pH was determined according to HRN ISO 10390 (2005). Quality control (QC) was maintained during sampling and analysis. The QC of the field duplicates showed great variability, this was expected since the urban geochemical data are very variable. Coefficient of variation of the precision of chemical analyses was low and the accuracy of the reference material was good.

Factor analysis (FA) of the data was carried out to reduce the observed variables in order to obtain a better understanding and to simplify its interpretation. Using this approach, the geogenic and/or anthropogenic sources of the factorized

geochemical data were evaluated. In order to perform multivariate statistical analyses the analytical data was screened. The analytical data, except the pH value, were log-transformed to base 10 logarithms (log10) to approach a normal distribution of the data (REIMANN et al., 2008). The factor analysis (FA) was carried out using the statistical software IBM SPSS.

The data were adequate for factorization since the results of the KMO test is 0.763 and Bartlett's test of sphericity < 0.001 (KAISER, 1960). The 8 factors were retained (those with eigenvalues >1) which explain 84.07 of the variance. The factors were rotated by Varimax rotation to simplify its interpretation. The obtained factor scores were stored as a new variable and used for generating geochemical maps in GIS software ArcGIS™, using the extension Geostatistical Analyst. After variogram analyses, the geochemical maps of factors were generated using kriging method. The factor scores at the factor maps were classified to emphasize the highest and lowest values. Factor analysis yielded: 2 geogenic factors (FA 3 and 5), 4 anthropogenic factors (FA 1, 6, 7 and 8), 1 anthropogenic and partly geogenic (FA 4) and 1 geogenic and partially anthropogenic factor (FA 2).

The geogenic were dominantly influenced by the lithological composition of the investigated area (ŠORŠA, 2014; ŠORŠA & HALAMIĆ, 2014). The western part of the investigated area is composed of siliciclastic alluvium of Kupa and Odra rivers. The eastern part of the investigated area is covered by carbonate alluvial sediments of the Sava river. In the middle of the map is the transition zone between siliciclastic and carbonate alluviums which is additionally influenced by the urban and industrial activities. The big meander of the Kupa river is covered by loess deposits which are continued by terrace sediments with similar elements composition towards northwest.

The anthropogenic factors had the highest factor values at the south of the investigated area. They represent the influence of heavy industry and cover the area with industrial

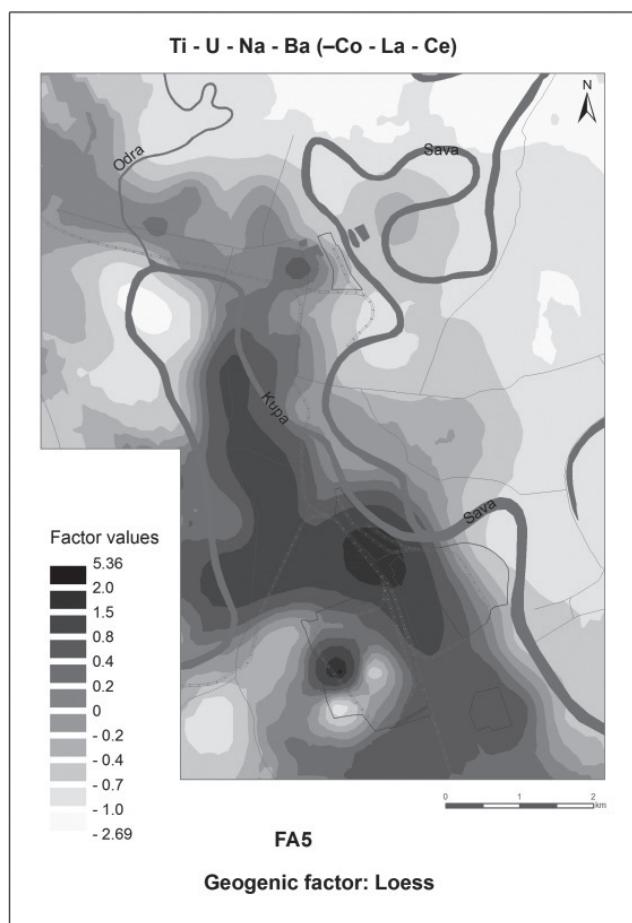


Figure 1. Geogenic factor 5.

Slika 1. Geogeni faktor 5.

facilities, neighborhood settlements and agricultural land across the Sava river. The antique part of Sisak at the north, also was influenced by industry and long-lasting urban de-

velopment. Elevated factor values in the anthropogenic and partially anthropogenic factors were observed in the old part of Sisak, at some agricultural parcels, along frequent roads and in the industrial zones.

The results pointed out that main influence at the urban and rural soils composition were by parent material but the soils also are very good sink for collecting and accumulating trace elements in the long-lasting urban and industrial areas.

References:

- HRN ISO 10390 (2005): Soil Quality - determination of pH.– Croatian Standard Institute, Zagreb.
- HUSNJAK, S. (2012): Compiled pedological map of the Siska city and its surroundings.– Archive of Croatian Geological Survey, internal report, Zagreb.
- KAISER, H.F. (1960): The application of electronic computers to factor analysis.– Educational and Psychological Measurement, 20, 141–151.
- PIKIJA, M. (1987a): Basic geological map of SFRJ 1: 100.000, sheet Sisak L33-93.– Geological institute Zagreb (1975–1986), Federal geological institute, Beograd.
- PIKIJA, M. (1987b): Basic geological map of SFRJ. Explanation for the map sheet of Sisak L33-93.– Geological institute Zagreb, Federal geological institute, Beograd.
- REIMANN, C., FILZMOSER, P., GARRETT, R.G. & DUTTER, R. (2008): Statistical Data Analysis Explained.– John Wiley & Sons, Ltd., 362 p.
- SLUKAN ALTIĆ, M. (2004): Historical Towns' Atlas, II volume – Sisak.– State archive Sisak & Croatian state archive, Zagreb, 241 p.
- ŠORŠA, A. (2014): Urban geochemistry of the potentially toxic elements in the soils of the Sisak city and its surroundings.– Dissertation of University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Zagreb.
- ŠORŠA, A. & HALAMIĆ, J. (2014): Geochemical Atlas of Sisak.– Public Library Vlado Gotovac Sisak, City Museum Sisak and Croatian Geological Survey, Sisak-Zagreb, 200 p.

Karakterizacija antropogenih čestica iz recentnih sedimenata savskog aluvija područja Jakuševca, Zagreb

Characterization of anthropogenic particles from recent sediments of Sava alluvium in the Jakuševec area, Zagreb

Marin Šoufek¹, Ivan Razum¹, Snježana Mikulčić Pavlaković¹, Darko Tibrilaš² & Marta Crnjaković¹

¹ Hrvatski prirodoslovni muzej, Mineraloško-petrografska odjel, Demetrova 1, 10 000 Zagreb, Hrvatska

² Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geološki odsjek, Mineraloško-petrografska zavod, Horvatovac 95, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: recentni sediment, antropogene čestice, savski aluvij, spalionica PUTO

Key words: recent sediment, anthropogenic particles, alluvium of Sava river, PUTO incinerator plant

Neophodan preduvjet za utvrđivanje kriterija za prepoznavanje antropogenog utjecaja (prisutnosti polutanata) u prirodnom okolišu je s jedne strane dobro definiran granulometrijski, mineralni i kemijski sastav recentnih sedimenata, a s druge strane sastav i karakteristike pretpostavljenih polutanata. U posljednje vrijeme istraživanja antropogenih čestica u sedimentima u blizini urbanih područja sve su brojnija (FOTT et al., 1998, KUKIER et al. 2003, KAASIK et al. 2004, LUA, et al. 2009). Ovim istraživanjem obuhvaćeni su recentni sedimenti aluvija rijeke Save u blizini zagrebačkog odlagališta otpada, Jakuševca s ciljem prepoznavanja, karakterizacije i usporedbe takvih čestica s produktima sagorijevanja otpada spalionice PUTO kao jednim od mogućih izvora antropogenog utjecaja.

Istraživanjem recentnog sedimenta (do dubine od 30 cm) otkriveno je da su u njemu, osim minerala koji su odraz litologije izvornih stijena i podloge, prisutne i antropogene čestice raznolike morfologije i kemijskog sastava. U frakciji 32-125 µm one čine do 2 % netopivog ostatka sedimenta. Od prepoznatih antropogenih čestica u lakoj frakciji ističu se čestice stakla koja se javljaju kao bezbojne, smeđe, zelenkaste do gotovo crne kuglice i kao stakla različitih, nepravilnih oblika. Uz spomenute, u antropogene čestice mogli bi uvrstiti i neke prozirne minerale koji također mogu nastati kao produkt raznih industrijskih procesa (klinozoisit, pirokseni, fluorit). U teškoj frakciji dominiraju opáki minerali među kojima se karakterističnom morfologijom ističu antropogene magnetične sferične čestice (Sl. 1). Na temelju morfologije površine i kemijskog sastava (SEM-EDS) moguće je razlikovati više tipova sferičnih čestica. Na nekim česticama česta je pojava jedne dominantne šupljine. Površine sferičnih čestica variraju od glatkih do zrnatih s oktaedarskim kristalima. Kemijski sastav potvrđuje da se radi o magnetitu s promjenjivim sadržajem drugih elemenata (Si, Ca, Mg, Al, Na, K) (Tab. 1).

U uzorcima pepela iz spalionice PUTO, prikupljenima u razdoblju od 1998. do 2000. godine, metodom rentgenske

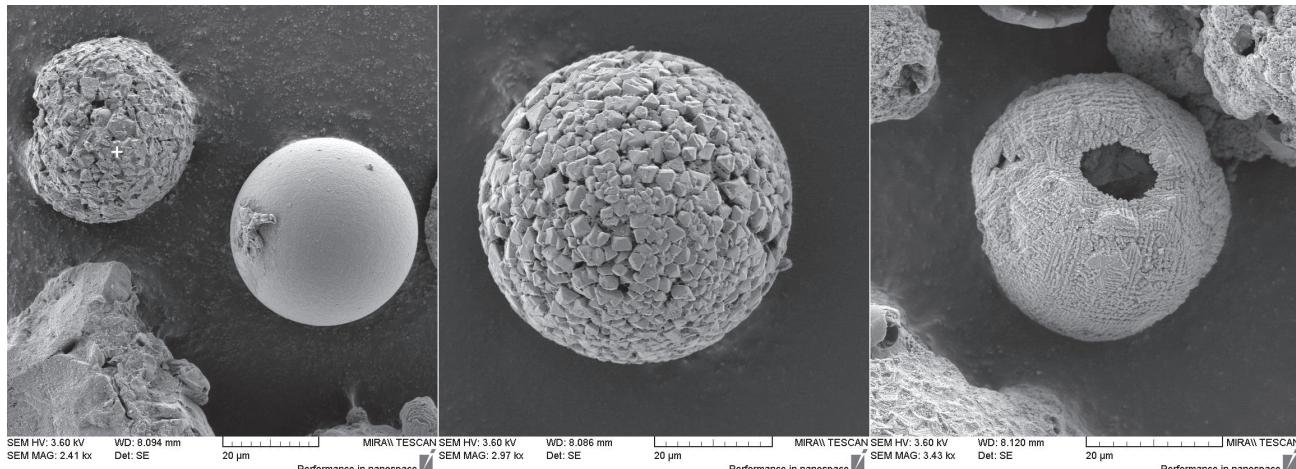
difrakcije kao dominantne faze utvrđene su halit, silvin, kalcit, hematit, burkeit, trona i kremen. U teškoj i lakoj frakciji pepela od 32 do 125 µm javljaju se čestice sličnih morfoloških karakteristika (Sl. 2) s opisanim antropogenim česticama iz recentnog sedimenta. Na njima su izvršene SEM-EDS analize čiji rezultati ukazuju na znatnu kemijsku različitost (Tab. 1), stoga glavninu antropogenih čestica u recentnom sedimentu savskog aluvija ne možemo vezati samo za proekte spaljivanja otpada spalionice PUTO.

Istraživanje je pokazalo da je u recentnim sedimentima moguće otkriti prisutnost antropogenih čestica i s velikom vjerojatnošću ih vezati uz određene izvore.

Tablica 1. Kemijski sastav odabranih antropogenih čestica iz recentnog sedimenta i iz pepela spalionice PUTO.

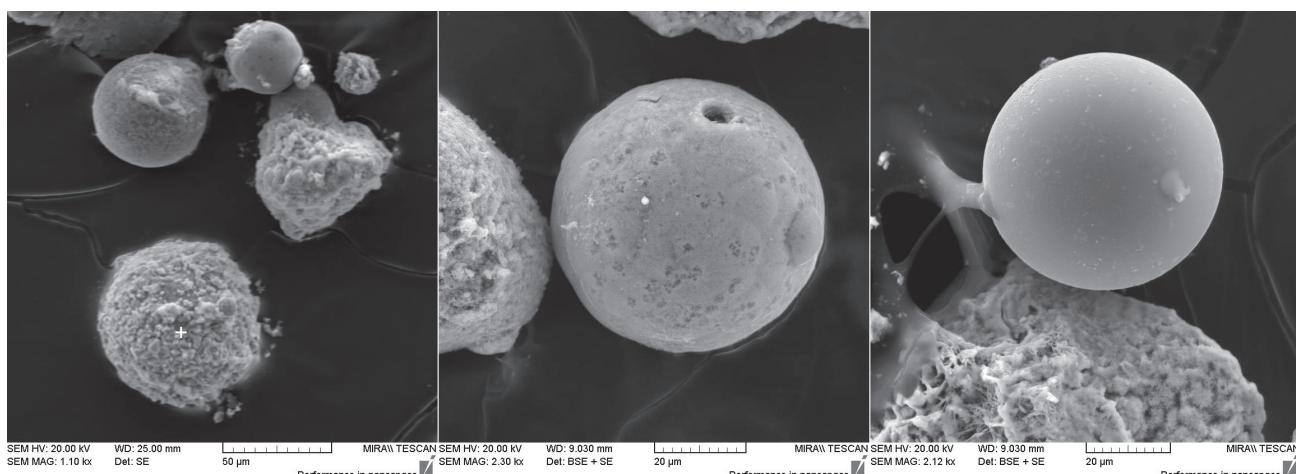
Table 1. Chemical composition of selected anthropogenic particles from recent sediment and PUTO fly ash.

Čestica iz recentnog sedimenta		Čestica iz pepela spalionice PUTO	
Element	norm. C (wt.%)	Element	norm. C (wt.%)
O	36,48	O	29,57
Fe	51,54	Na	1,12
C	7,47	Mg	2,71
Al	2,08	Al	3,47
Mg	0,97	Si	8,18
Si	0,68	S	2,30
Ca	0,30	Ca	12,78
Na	0,49	Fe	14,74
Total	100,01	Co	0,51
		Cu	1,30
		Zn	1,84
		Mo	1,90
		Ba	19,56
		Total	100,00



Slika 1. Antropogene sferične čestice iz recentnog sedimenta savskog aluvija („+“ označava mjesto analize).

Figure 1. Anthropogenic spherical particles from recent sediment of Sava alluvium („+“ marks the analyzed point).



Slika 2. Antropogene sferične čestice iz pepela spalionice PUTO („+“ označava mjesto analize).

Figure 2. Anthropogenic spherical particles from PUTO fly ash material („+“ marks the analyzed point).

Literatura:

- FOTT, J., VUKIC, J. & ROSE, N.L. (1998): The spatial distribution of characterized fly-ash particles and trace metals in lake sediments and catchment mosses: Czech Republic.– Water, Air, and Soil Pollution, 106, 241–261.
- KAASIK, M. & ALLIKSAAR, T. (2004): Spheroidal particles as passive tracers of spreading and deposition of fly ash from high-temperature combustion.– EURASAP Newsletter, 53, 28–35.

- KUKIER, U., ISHAK, C.F., SUMNER, M.E. & W.P. MILLER (2003): Composition and element solubility of magnetic and non-magnetic fly ash fractions.– Environmental Pollution, 123, 255–266.
- LUA, S.G., CHENB, Y.Y., SHANA, H.D. & BAIA S.Q. (2009): Mineralogy and heavy metal leachability of magnetic fractions separated from some Chinese coal fly ashes.– Journal of Hazardous Materials, 169, 246–255.

Eocenski karbonatni mikrofacijesi Dinarskog predgorskog bazena sjeverne Dalmacije

The Eocene carbonate facies of the Dinaric foreland basin in the northern Dalmatia

Jelena Španiček, Vlasta Čosović & Ervin Mrinjak

Department of Geology, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102A, 10 000 Zagreb, Croatia

Key words: eocene, Čikola, fore-land basin, carbonate platform, foraminiferal limestones

Ključne riječi: eocen, Čikola, predgorski bazen, karbonatna platforma, foramiferski vapnenci

Uz istočnu obalu Jadranskoga mora, smjerom SZ-JI pružaju se izdanci paleogenskih naslaga koji tvore manje-više kontinuirani pojasci (različite širine). U kanjonu rijeke Čikole (sjeverna Dalmacija) provedena su istraživanja paleogenskih naslaga, uzorkovan je te sedimentološki i mikropaleontološki interpretiran 308 m deboe slijed naslaga.

Najstariji istraživani sedimenti su plitkomorski vapnenaci gornjokredne (kampske) starosti, na koje se transgresivno nastavljaju naslage paleogenske starosti.

Najstariji dio paleogenskih naslaga sastoji se od ciklične izmjene vapnenaca tipa *mudstone* do *packstone* u kojima nalazimo ostatke ostrakoda, rijetke bentičke foraminifere i oogonije chara. U istim sedimentima su nađeni ostaci gastropoda (*Stromatopsis* sp.). Ciklus završava tankolaminiranim vapnencima s proslojcima ugljena. Prepoznata su ukupno 24 ciklusa, ukupne debljine 26 metara. Sedimentološke strukture i teksture te fosilni sadržaj upućuju na taloženje u okolišima smanjenog saliniteta (bočati okoliši) niske energije.

U središnjem dijelu paleogenskog slijeda, izmjenjuju se sitnozrnati foraminferski *packstone* i *wackstone* tipovi vapnenaca gornjoiperske starosti (SBZ 12, SERRA-KIEL et al., 1998), koji sadrže brojne velike bentičke foraminifere (alveoline poput *Alveolina* aff *levantina* Hottinger, konične foraminifere poput *Coskinolina liburnica* (Stache), HOTTINGER, 1966; HOTTINGER & DROBNE, 1984) sa slojevima gdje su foraminifere rijetke.

Najmlađe istraživane naslage su vapnenci *wackestone* do *grainstone* tipa s kućicama numulita i ortofragmina, a sam slijed završava vapnencima tipa *grainstone* u kojima su brojne kućice velikih bentičkih foraminifera (numuliti i ortofragmidi), fragmenti koralja, mahovnjaka i ostaci crvenih algi.

S obzirom na fosilni sadržaj (velike bentičke foraminifere) te strukturne i teksturne osobine, vapnenci s velikim bentičkim foraminiferama su se taložili na prostoru unutar njega dijela karbonatne rampe (DROBNE et al., 2010). Foraminferski vapnenci u kojima numuliti i ortofragmine dominiraju, ukazuju na taloženje u središnjem dijelu karbonatne rampe (ČOSOVIĆ et al., 2004).

Istraživani slijed foraminferskih vapnenaca taložio se u plitkom i relativno širokom bazenu koji se počeo formirati nakon gornjokredne tektonске dezintegracije Jadranske karbonatne platforme kao posljedica dinarske orogenetske kompresije (VLAHOVIĆ et al., 2005). Iako se dubina bazena ispred uzdižućeg Dinarskog planinskog pojasa postupno povećavala, stvaranje akomodacijskog prostora bilo je najvećim dijelom u ravnoteži s brzinom karbonatne sedimentacije. Taloženje ovog debelog slijeda agradacijskih vapnenaca signalizira početak stvaranje Dinarskog predgorskog bazena i najava je „burnih događanja“ koja su uslijedila u gornjem eocenu (BABIĆ et al., 2010; VLAHOVIĆ et al., 2012).

Literatura:

- BABIĆ, L.J., ZUPANIĆ, J. & LUŽAR-OBERITER, B. (2010): Evolution of a Dinaric foreland basin fill: flysch and molasse of North Dalmatia.– In: HORVAT, M. (ed.): 4th Croatian Geological Congress, Šibenik 2010, Excursion Guide-book, Zagreb, 179–201.
- ČOSOVIĆ, V., DROBNE, K. & MORO, A. (2004): Paleoenvironmental model for Eocene foraminiferal limestones of the Adriatic carbonate platform (Istrian peninsula).– Facies, 50, 61–75.
- DROBNE, K., ČOSOVIĆ, V., MORO, A. & BUCKOVIĆ, D. (2011): The role of the Paleogene Adriatic carbonate platform in spatial distribution of alveolinids.– Turkish journal of earth sciences, 20/6, 721–751.
- HOTTINGER, L. & DROBNE, K. (1980): Early Tertiary conical imperforate foraminifera.– Razprave, 4 razr. SAZU, 22, 90 p., Ljubljana.
- HOTTINGER, L. (1960): Über paleocaene und eocaene Alveolinen.– Eclogae geol. Helv, 53, 265–283.
- SERRA-KIEL, J., HOTTINGER, L., CAUS, E., DROBNE, K., FERRÁNDEZ, C., JAÜHRI, A.K., LESS, G., PAVLOVEC, R., PIGNATTI, J., SAMSÓ, J.M., SCHÄUB, H., SIREL, E., STROUGO, A., TAMBARÉAU, Y., TOSQUELLA, J., ZAKREVSAYA, E. (1998): Larger foraminiferal biostratigraphy of the Tethyan Paleocene and Eocene.– Bull. Soc. Géol. France, 169/2, 281–299.
- VLAHOVIĆ, I., MANDIĆ, O., MRINJAK, E., BERGANT, S., ČOSOVIĆ, V., DE LEEUW, A., ENOS, P., HRVATOVIĆ, H., MATIČEC, D., MIKŠA, G., NEMEC, W., PAVELIĆ, D., PENCINGER, V., VELIĆ, I. & VRANJKOVIĆ, A. (2012):

Marine to continental depositional systems of Outer Dinarides foreland and intra-montane basins (Eocene-Miocene, Croatia and Bosnia and Herzegovina).– In: Journal of Alpine geology, 54. 29th IAS Meeting of Sedimentology - Schladming, Austria 2012. Field trip guide, 405-470.

VLAHOVIĆ, I., TIŠLJAR, J., VELIĆ, I. & MATIČEC, D. (2005): Evolution of the Adriatic Carbonate Platform: paleogeography, main events and depositional dynamics.– Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 220, 333–360.

Arheološki lokalitet Sv. Kvirin kao jedan od izvora onečišćenja tla olovom (Sisak, Hrvatska)

Archaeological site St. Kvirin as one of the lead sources for soil pollution (Sisak, Croatia)

Rosana Škrgulja¹, Josip Halamić² & Ajka Šorša²

¹ Gradske muzeje Sisak, Ulica kralja Tomislava 10, 44 000 Sisak (rosana.skrgulja@muzej-sisak.hr)

² Croatian Geological Survey, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Croatia

Ključne riječi: olovo, rimska razdoblje, Sisak, Segestica, Siscia, lokalitet Sv. Kvirin

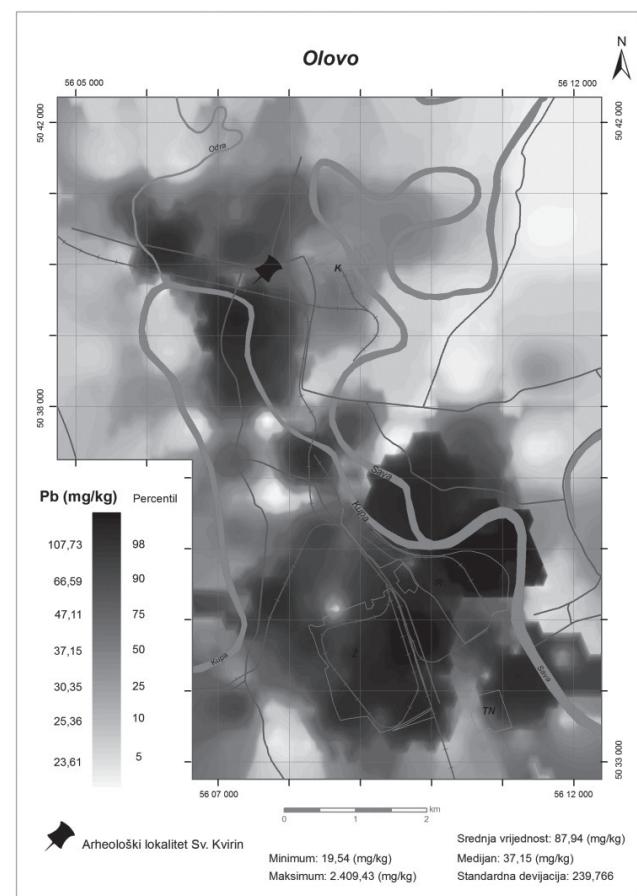
Key words: lead, Roman period, Sisak, Segestica, Siscia, Sv. Kvirin site

Intenzivna upotreba olova u rimsko doba, i kasnije razvojem teške industrije, uzrokovala je njegovo nakupljanje u tlu (ŠORŠA & HALAMIĆ, 2014). Područje s visokim koncentracijama olova nalazi se u urbanoj cjelini Siska koja pokriva terene antičkih naselja Siscije i Segestice (Sl. 1). Siscija je od 262. do 387. godine bila kovnica novca za potrebe antičkog Rimskog Carstva (BUZOV, 2009) te je olovo oslobođano u okoliš procesima taljenja rude i kovanja novca. Olovo je također u to vrijeme, kako je već navedeno, bilo široko korišten metal. Povišeni sadržaji olova u tlu na području Siska zabilježeni su i uz frekventnije prometnice gdje se nakupljalo iz ispušnih plinova vozila. Olovo u južnoj industrijskoj zoni koja obuhvaća željezaru, rafineriju i termoelektranu oslobođeno je u okoliš iz industrijskih pogona. Ono je raspršeno vjetrom u okolna naselja Caprag, Kanak i Crnac i na poljoprivredne površine na lijevoj obali rijeke Save. Ostali, pretežito ruralni dijelovi istraživanog područja imaju niske koncentracije olova u tlu.

Područje grada Siska naseljeno je od prapovijesti i jedno je od najznačajnijih arheoloških nalazišta u sjeverozapadnoj Hrvatskoj. Osobito su značajni nalazi iz mlađeg željeznog doba (450.pr.n.e. do 35.pr.n.e.), kada se ovdje nalazilo veliko naselje urbanog karaktera, Segestica, i razdoblja rimske vladavine (35.pr.n.e. do 5.st.n.e.), kada se ovdje nalazi rimski vojni logor iz kojeg se ubrzano razvija civilno naselje koje je u 1.st. dobilo status kolonije, Siscia. Prikupljanje arheoloških nalaza u Sisku je započelo još krajem 18. stoljeća, a u 19. stoljeću provode se i prva ciljana istraživanja. Lokalitet Sv. Kvirin smješten je u sjevernom dijelu grada (Sl. 1.). Istraživanja na njemu provode se od 2003. godine, a prostornim planom Grada Siska planirano je uređenje arheološkog parka. Istraživanjima su otkriveni ostaci velikih arhitektonskih cjeлина iz rimskog i novovjekovnog razdoblja. Najznačajniji su ostaci sjevernog ulaza u Sisciju i pripadajućeg obrambenog zida – bedema.

Istraživanjima je prikupljena velika količina pokretnih arheoloških nalaza, koji pripadaju rimskom razdoblju. Većinu nalaza čine ulomci keramičkih predmeta, zatim metalni predmeti i kosti. Neuobičajeno je veliki broj predmeta od olova i

olovne šljake. Od olovnih predmeta najzastupljenije su olovne pločice koje se u domaćoj stručnoj literaturi često nazivaju rimske robne markice ili olovne tesere (RADMAN-LIVAJA, 2014). To su četverokutne pločice (Sl. 2), ponekad pravokutne, koje u jednom kutu imaju kružnu perforaciju, a na jednoj ili obje strane urezan natpis. Često su služile kao trgovачke etikete. Natpisi su različiti, uglavnom se radi o imenu proizvoda, količini ili težini, cijeni. Česta su i osobna



Slika 1. Prostorna raspodjela olova u tlu na području Siska.

Figure 1. Spatial distribution of lead in the soil at the area of Sisak city.



Slika 2. Olovna pločica sa lokaliteta Sv. Kvirin u Sisku.

Figure 2. Lead plate discovered at the archaeological site Sv. Kvirin in the city of Sisak.

imena, ali nije jasno na koga se odnose: proizvođača, primatelja, kupca, radnike ili robe koji su bili zaduženi za izvršenje posla ili obradu robe (BORAS, 2015). Kroz perforaciju u kutu provlačila se špaga ili metalna žica, pomoću koje se pločica mogla vezati za vreće, bale, recipijente ili sanduke, a u nekim slučajevima i na proizvode koji su bili predmetom trgovine (RADMAN-LIVAJA, 2013). Osim ovakvih pločica, sa natpisom i perforacijom, na lokalitetu su pronađene i pločice bez natpisa i/ili bez perforacije. Uz njih, pronađeni su i predmeti koji su služili pri izradi tih trakica: smotuljci olovne trake, veći komadi olova i utezi. Nalazi tih

predmeta ukazuju na to da su pločice izrađivane na samom lokalitetu ili u blizini.

Olovo je u rimskom svijetu imalo mnoge namjene. Osim već spomenutih robnih markica, služilo je za izradu vodovodnih cijevi, tanadi za praće, posuda, sarkofaga i mnogih drugih uporabnih predmeta, zatim kozmetičkih preparata i boja; sidera za brodove, kod spajanja i fiksiranja kamenih blokova i spomenika. Rudnici olova nalazili su se diljem Carstva, a olovo se talilo i u blizini Siska. Poznati su rudnici na području Zrinske, Trgовске i Petrove gore (KOŠČEVIĆ & MAKJANIĆ, 1995). Pločice s lokaliteta Sv. Kvirin izrađene su od olova koje je dobiveno taljenjem otpadnog materijala, što je zanimljivo s aspekta proučavanja korištenja resursa u rimskom razdoblju.

Literatura:

- BORAS, I. (2015): Tragovi u olovu.– Katalog izložbe, Sisak, 8–9.
- BUZOV, M. (2009): Siscijska kovnica.– U: CAMBI, N. (ur.): Dioklecijan, Tetrarhija i Dioklecijanova palača o 1700. obljetnici postojanja, Književni krug, Split, 621–645.
- KOŠČEVIĆ, R. & MAKJANIĆ, R. (1995): Siscia, Pannonia Superior, BAR International series 621, Oxford, 19–23
- RADMAN-LIVAJA, I. (2013): Two lead tags from Štrbinci (Certissia?).– Arheološki radovi i rasprave. (ARR) 17, Zagreb, 357–360.
- RADMAN-LIVAJA, I. (2014): Tesserae Sisciensiae/Olovne tesere iz Siska, Zagreb, 166.
- ŠORŠA, A. & HALAMIĆ, J. (2014): Geokemijski atlas Siska.– Narodna knjižnica i čitaonica Vlado Gotovac Sisak, Gradski muzej Sisak i Hrvatski geološki institut, Sisak–Zagreb, 200.

Geološka i geomorfološka obilježja špiljskog sustava Matešićeva – Popovačka špilja kod Slunja

Geological and geomorphological features of Matešićeva – Popovačka cave system near Slunj

Neven Šuica¹, Neven Bočić², Uroš Barudžija³ & Maša Paić⁴

¹ Društvo za istraživanje, zaštitu i promociju geološke baštine „Petris”, Kralja Tomislava 19, Karlovac (neven.suica@gmail.com)

² Sveučilište u Zagrebu, PMF, Geografski odsjek, Zavod za fizičku geografiju, Marulićev trg 19/II, 10 000 Zagreb (nbocic@geog.pmf.hr)

³ Sveučilište u Zagrebu, RGNF, Zavod za mineralogiju, petrologiju i mineralne sirovine, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb (uros.barudzija@rgn.hr)

⁴ Hrvatsko geomorfološko društvo, Marulićev trg 19/II, 10 000 Zagreb (mpaic3@gmail.com)

Ključne riječi: špiljski sustav, speleologija, geospeleologija, speleogeneza, donja kređa, Slunj, Hrvatska

Key words: cave system, speleology, geospeleology, speleogenesis, lower Cretaceous, Slunj, Croatia

Špiljski sustav Matešićeva špila – Popovačka špilja nalazi se oko 2 km istočno od Slunja. Riječ je o speleološkom objektu s vodenim tokom (potok Popovac) koji je nastavak površinskog toka formiranog na području brda Kremenita glava (458 m), izgrađenog od permskih pješčenjaka. Potok Popovac ponire na rasjednom kontaktu dolomita gornje jure s vapnencima donje krede. Na istome kontaktu nalazi se i ulaz u Matešićevu špilju koja ima funkciju (povremenog) ponora, dok je Popovačka špilja (u kanjonu rijeke Korane) stalni izvor. Genitalno pružanje ovog špiljskog sustava je otprilike sjeverozapad-

jugoistok. Slojevitost unutar špilje vrlo je teško odrediva zbog zdrobljenosti stijenskog materijala i/ili prekrivenosti stijene sigom. Cijeli sustav formiran je u fosilifernim vapnencima donje krede (apt-alb). U radu su korištene metode speleološkog, geološkog i geomorfološkog kartiranja špiljskog sustava kako bi se potvrdile osnovne pretpostavke njegove geneze i recentni utjecaj (hidro)geoloških faktora na sustav. Blizina prometnice kao i relativno laka prohodnost (prema speleološkim mjerilima) čine ovaj špiljski sustav vrlo zahvalnim za detaljna specijalistička (geo)istraživanja.

Preliminarna geoarheološka istraživanja na lokalitetu Viničica kod Josipdola (Hrvatska)

Preliminary geoarchaeological research of the Viničica site near Josipdol (Croatia)

Neven Šuica¹ & Boris Olujić²

¹ Društvo za istraživanje, zaštitu i promociju geološke baštine „Petris”, Kralja Tomislava 19, Karlovac (neven.suica@gmail.com)

² Sveučilište u Zagrebu, Filozofski fakultet, Odsjek za povijest, I. Lučića 3, Zagreb (bolujic@ffzg.hr)

Ključne riječi: Japodi, gradina, brusni kamen, petrografska analiza, trijas, klastiti, Viničica, Hrvatska

Key words: Japodes, fortress, grindstone, petrographic analysis, Triassic, clastic rocks, Viničica, Croatia

Od 2002. godine do danas traje sustavno istraživanje arheološkog lokaliteta Viničica kod Josipdola. Ovo je središnje gradinsko naselje u kontinuitetu trajalo tijekom dužih razdoblja prapovijesti, eneolitika, brončanog i željeznog doba, a nakon rimskog osvajanja u njezinu podnožju se razvija rimsko municipalno naselje. Brojnost i važnost nalaza, intenzitet života i brojni drugi čimbenici ukazuju da značenje ovog naselja, površine veće od 25 hektara, daleko izlazi iz okvira Republike Hrvatske. Od samog početka ekipa projekta upustila se u mukotrpna i sveobuhvatna multidisciplinarna istraživanja svih aspekata života na ovom prostoru. Između ostalog obavlja se i sustavno speleoarheološko rekognosiranje, u cilju dobivanja više podataka ne samo o kontinuitetu života, nego i o ulozi ovih speleoloških objekata u životu stanovnika Viničice te njihovoj uzročno-posljedičnoj vezi. Ovim ćemo radom predstaviti rezultate do sada obavljenih geoarheoloških istraživanja, ali i pokušati ukazati na sve mogućnosti budućih istraživanja.

Tijekom dosadašnjih istraživanja, uz pronađene ulomke keramičkog posuđa, metalne predmete, novac i ostale nalaze, iz svih arheoloških sondi uzorkovani su i ulomci stijena, odnosno litefakti. Većina uzoraka litefakta vrlo vjerojatno je prapovijesnim stanovnicima Viničice služila kao neka vrsta brusnog kamenja. Odabrani uzorci su petrografska analizirani u svrhu određivanja izvorišta materijala. S obzirom da je neposredni okoliš prapovijesnih stanovnika Viničice u potpunosti izgrađen od karbonatnih stijena, vapnenaca i dolo-

mita, a analizirani uzorci najvećim dijelom predstavljaju klastične sedimentne stijene, – pješčenjake i konglomerate, evidentno je da su pronađeni i analizirani ulomci stijena doneseni s nekog drugog lokaliteta.

Uvidom u OGK 1:100.000, list Ogulin, utvrđeno je da se najbliža lokacija s koje su takvi uzorci mogli biti doneseni nalazi 5 km zapadno od Viničice, kod mjesta Zagorje. Radi se o izdancima stratigrafske jedinice T_1 - *donjetrijaski tinčasti siltiti, pješčenjaci(!) i dolomiti* (VELIĆ & SOKAČ, 1980). Iako se ovi izdanci pojavljuju na području od 0,5 x 4 km, prilikom preliminarne terenske prospekcije terena oni nisu pronađeni zbog nepristupačnosti terena i vremenske ograničenosti istraživanja. Ako se nakon pronalaska ovih izdanaka, uzimanja uzoraka i analize istih, pokaže da je riječ o stijenama istovjetnim kao i analizirani uzorci s lokaliteta Viničica, taj podatak može potvrditi tezu da su tadašnji stanovnici Viničice materijale za svakodnevni život uzimali iz svoje bliže okoline. Ako analize pokažu da je riječ o različitom materijalu, biti će to naznaka kretanja prapovijesnih stanovnika Viničice u mnogo širem radijusu oko naselja ili pak dokaz trgovine i razmjene na manjim i većim udaljenostima.

Literatura:

VELIĆ, I. & SOKAČ, B. (1980): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, list Ogulin, SGZ Beograd – IGI, Zagreb.

The occurrence of phosphate in the Lower Badennian deposits of Čepelovac-1S well in the western part of Drava Depression (Pannonian Basin, Croatia)

Pojava fosfata u donjobadenskim naslagama bušotine Čepelovac-1S u zapadnom dijelu Dravske potoline (Panonski bazen, Hrvatska)

Sanja Šuica, Morana Hernitz Kučenjak, Ninoslav Sabol, Mario Matošević & Renata Slavković

INA, d.d., BD Exploration & Production, Exploration Sector, Research Laboratory Department, Lovinčićeva 4, 10 000 Zagreb, Croatia (sanja.suica@ina.hr)

Key words: phosphate, Lower Badennian, Pannonian Basin, planctonic foraminifera

Ključne riječi: fosfat, donji baden, Panonski bazen, planktonske foraminifere

Cored deposits from the Čepelovac-1S well, located in the western part of the Drava Depression consists of different types of carbonate, mixed carbonate-siliciclastic and siliciclastic sedimentary rocks, predominantly marl and biocalcareous. Among main lithologies, micritic limestone, calcarenaceous sandstone, shale and claystone occur. It is a shallowing upward sequence deposited in shelf environment, with the influence of the sinsedimentary tectonics. Open sea connection is reflected through the presence of planctonic foraminifera which enabled determination of geological age.

Lower Badennian age of sediments has been determined by index fossils and selected species of foraminifera. Standard stratigraphic classification for Paratethys (RÖGL, 1998; KOVÁČ et al., 2007) has been used. Determination of the planktonic foraminiferal genera and species was based on SZCZECHURA (1982), SZCZECHURA (1984), RÖGL (1985), CICHA et al. (1998) and TURCO et al. (2011). Planctonic foraminiferal association is diverse and consists of following genera and species: *Globigerinoides trilobus* (REUSS), *Globigerinoides bisphaericus* (TODD), *Globigerina tarchanensis* (SUBBOTINA & CHUTZIEVA), *Globorotalia cf. bykovae* (AISENSTAT), *Praeorbulina glomerosa* (BLOW), *Globigerinoides quadrilobatus* (d'ORBIGNY) and *Globigerina concina* (REUSS). These (planctonic foraminifera) associations are dominated by warm sea taxa such as Praeorbulina and Globigerinoides indicating stable subtropical climate which corresponds to the Miocene Climate Optimum (ZACHOS et al., 2001; KOVÁČ et al., 2007; KROH, 2007).

The occurrence of phosphate was determined in almost all present lithologies. The highest concentration of phosphate was observed in shale with abundant organic matter, where phosphate appears in form of irregular, probably detrital elongated grains. Apart from terrigenous phosphate grains, phosphate also replaces calcite from the groundmass in the biocalcareous and marl and occurs as skeleton infill of planctonic foraminifera which is an indication of *in situ* authigenesis. This can be an important indicator of depositional

conditions. Authigenic phosphate is usually formed in the protected environment with low sedimentation rate and low terrigenous input. It precipitates in the upper part of organic rich sediments during early diagenesis. Increased concentration of phosphorus in the pore water could be a result of partial decomposition of organic matter. Glauconite can precipitate in the same zone of phosphate formation, while silica and pyrite usually occur in late diagenetic stages.

Characteristics of Lower Badennian deposits from Čepelovac-1S well suggest deposition in protected shelf environment with condensed sedimentation and episodic input of terrigenous material. Beside the occurrence of authigenic phosphate, this type of environment is indicated by presence of authigenic glauconite and silica, as well as pyritized skeletons. Phosphate-bearing deposits could also help to understand conditions in which the organic matter was exposed immediately after sedimentation.

References:

- CICHA, I., RÖGL, F., RUPP, C. & CTYROKA, J. (1998): Oligocene – Miocene foraminifera of the Central Paratethys. – Abhandlungen der Senckenbergerschen Naturforschenden Gesellschaft, Verlag Waldemar Kramer, Frankfurt am Main, 549 p.
- KOVÁČ, M., ANDREYEVA-GRIGOROVICH, A., BAJRAKTAREVIĆ, Z., BRZOBOHATÝ, R., FILIPESCU, S., FODOR, L., HARZHAUSER, M., NAGYMAROSY, A., OSZCZYPKO, N., PAVELIĆ, D., FRED RÖGL, F., SAFTIĆ, B., SLIVA, L. & STUDENCKA, B. (2007): Badenian evolution of the Central Paratethys Sea: paleogeography, climate and eustatic sea-level changes. – Geologia Carpathica, 58/6, 597–606.
- KROH, A. (2007): Climate changes in the Early to Middle Miocene of the Central Paratethys and the origin of its echinoderm fauna. – Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 253, 169–207.
- RÖGL, F. (1985): Late Oligocene and Miocene planktonic foraminifera of the Central aratethys. – In: BOLLI, H.M., SAUNDERS, J.B. & PERCH-NIELSEN, K. (eds.): Plankton Stratigraphy. Cambridge University Press, Cambridge, 155–262.
- RÖGL, F. (1998): Paleogeographic Considerations for Mediterranean and Paratethys Seaways (Oligocene and Miocene). – Ann. Naturhist. Mus. Wien, 99 A, Wien, 279–310.

- SZCZECHURA, J. (1984): Morphologic variabiliy in the *Globigerinoides-Orbulina* group from the middle Miocene of the Central Paratethys.– Acta paleontologica polonica, 29/1–2, 3–39.
- SZCZECHURA, J. (1982): Middle Miocene foraminiferal biochronology and ecology of SE Poland.– Acta paleontologica polonica, 27/1–4, 3–60.
- TURCO, E., IACCARINO, S.M., SALVATORINI, G., RIFORGIA-TO, F. & VERDUCCI, M. (2011): Revisiting the taxonomy of the intermediate stages in the *Globigerinoides-Praeorbulina* group.– Stratigraphy, 8/2–3, 163–187.
- ZACHOS, J., PAGANI, M., SLOAN, L., THOMAS, E. & BILLUPS, K. (2001): Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present.– Science, 292, 686–693.

Preliminary Research Results of Granitoids from the Croatian part of the Pannonian Basin Basement

Preliminarni rezultati istraživanja granitoida iz hrvatskog dijela podloge Panonskog bazena

Sanja Šuica¹ & Vesnica Garašić²

¹ INA, d.d.; BD Exploration&Production; Exploration Sector; Research Laboratory Department; Lovinčićeva 4, 10 000 Zagreb, Croatia (sanja.suica@ina.hr)

² Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb; Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Croatia

Key words: granitoid, Pannonian Basin, basement, granodiorite, quartz monzodiorite, alkali feldspar granite

Ključne riječi: granitoid, Panonski bazen, podloga bazena, granodiorit, kvarcni monzodiorit, alkalijsko feldspatski granit

The granitoids are present in a number of the cores from oil wells drilled in the basement of the Pannonian Basin, but generally appear in the three different areas - west of the Moslavačka Mt, the eastern part of Drava depression and the Slavonia-Srijem depression (Đeletovci-Privlaka). The whole rock analysis was performed on three samples by the methods of inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) and X-ray fluorescence (XRF). The rocks are classified on the basis of the relationship of quartz, alkali feldspar and plagioclase, according to recommendations of IUGS (LE MAITRE, 1989).

Granodiorite from the Johovac-2 well (west of the Moslavačka Mt.) is hypidiomorphic to allotriomorphic granular rock. The rock-forming minerals are quartz, plagioclase, orthoclase, biotite (around 5%), muscovite and accessory zircon. Major element analysis showed that the rock is acidic (65.45% SiO₂) and peraluminous (A/CNK=1.37). Upper crust-normalized (TAYLOR-MCLENNAN, 1985) REE pattern does not deviate significantly from the standard and has a slightly convex shape (Eu/Eu*=1.036). Upper crust-normalized (TAYLOR-MCLENNAN, 1985) trace elements abundance pattern (spider diagram) is spiked with peaks at Cs and Ti, and a marked troughs at Ta and Nb, and less pronounced troughs at Rb, Ba, K, Hf and Zr. The rock plots in the field of volcanic arc granites in discrimination diagrams separating different types of granite by tectonic positions (Ta-Yb; Rb-(Yb+Ta); Rb-(Yb+Nb); Nb-Y).

Quartz monzodiorite from Obod-34 well (the eastern part of Drava depression) is poikilitic to hypidiomorphic granular rock. The rock-forming minerals are plagioclase, orthoclase, hornblende (15-20%), quartz, magnetite and accessory apatite. Hornblende has a bright greenish-brown to dark green pleochroism. The rock is neutral (56.4% SiO₂), and metaluminous (A/CNK=0.805). Upper crust-normalized (TAYLOR-MCLENNAN, 1985) REE pattern shows a slight depletion of LREE, peak at Eu (Eu/Eu*=1.391) and a slight enrichment (less than twofold) of the MREE and HREE. Spider diagram has convex pattern with marked peaks at U and Ti and trough at K. Discrimination diagrams can not

separate tectonic position of the rock. In the Nb-Y and Rb-(Yb+Nb) diagram it plots in the field of within plate granite (WPG), but close to the border with volcanic arc granite (VAG). On the other hand, in the Ta-Yb and Rb-(Yb+Ta) diagram it plots in the field of VAG, but close to the border with WPG. This ambiguous position reflects the fact that the rock has a slight trough at Ta accompanied with slight peak at Nb.

Alkali feldspar granite from Privlaka-1 well (the area of Đeletovci-Privlaka) is hypidiomorphic granular rock. The rock-forming minerals are quartz, orthoclase, microcline, plagioclase, brown biotite (<1%), subordinated chloritized green hornblende and idiomorphic zircon. The rock is highly acidic (72.59 %, SiO₂), and metaluminous, but close to the border with peraluminous and peralkaline field (A/CNK=0.99). Upper crust-normalized (TAYLOR-MCLENNAN, 1985) REE pattern shows slightly enriched pattern (less than threefold) with trough at Eu (Eu/Eu*=0.413). Spider diagram also reveals enriched pattern, with marked troughs at Ba, Sr and Ti. The rock plots in the field of WPG in discrimination diagrams (Ta-Yb; Rb-(Yb+Ta); Rb-(Yb+Nb); Nb-Y).

Preliminary research results of granitoid from the Pannonian Basin basement indicate that these rocks from three geographically different areas have different petrographic and geochemical characteristics. These may indicate differences in: a) the source of granitic magma, b) the degree of partial melting of source rocks, c) ways of modification of primary magma during ascent into higher levels, d) conditions of crystallization of magma, e) the origin of granitic magma in various geotectonic positions.

References:

- LE MAITRE, R.W. (1989): A Classification of Igneous and Glossary of Terms.– Oxford, London, Edinburgh, Boston, Melbourne: Blackwell Scientific.
 TAYLOR, S.R. & MCLENNAN, S.M. (1985): The Continental Crust: Its Composition and Evolution.– Oxford, London, Edinburgh, Boston, Palo Alto, Melbourne: Blackwell Scientific.

Hidrogeološki odnosi dijela južne Dalmacije i Hercegovine

Hydrogeological relations in part of south Dalmatia and Herzegovina

Josip Terzić¹, Jasmina Lukač Reberski¹, Tihomir Frangen¹, Josip Rubinić²,
Ivana Boljat¹ & Hrvoje Buric¹

¹ Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Hrvatska

² Radmila Matejčić 3, 51 000 Rijeka, Hrvatska

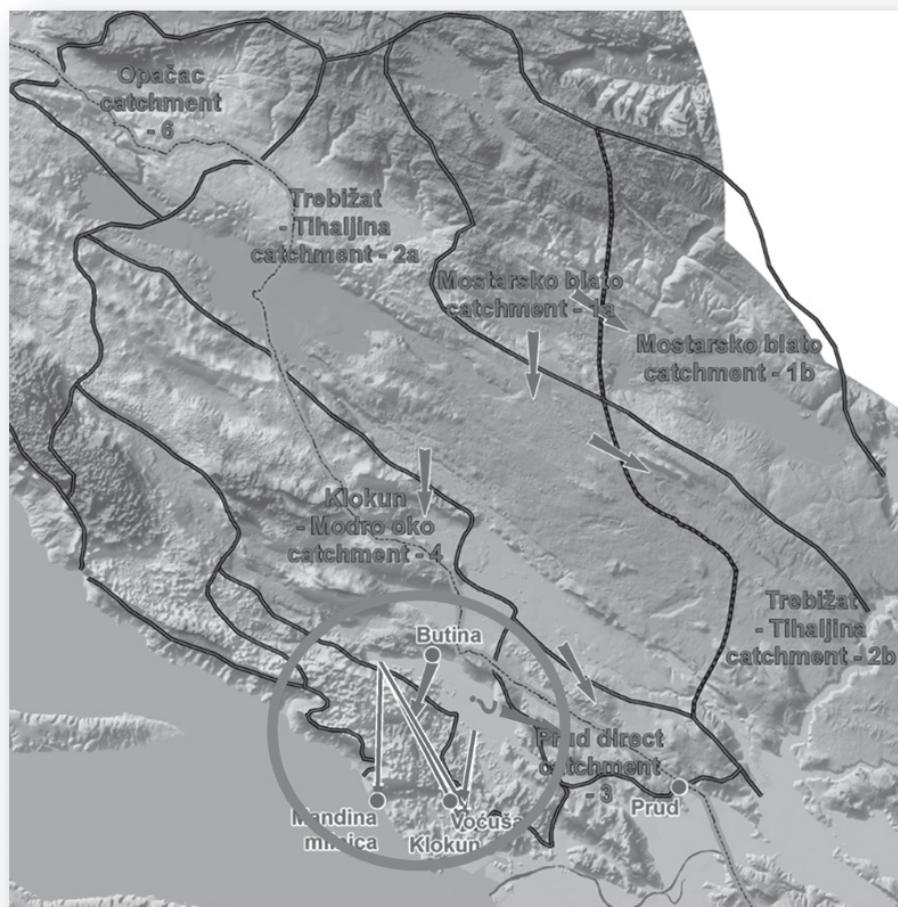
Ključne riječi: krška hidrogeologija, sustav krških vodonosnika, trasiranja podzemnih tokova, hidrokemijske analize, vodne bilance

Key words: karst hydrogeology, karst aquifer system, tracing experiments, hydrochemical analyses, water balances calculations

Krški teren desne obale rijeke Neretve obilježen je izrazitom složenošću i isprepletenošću hidrogeoloških odnosa. Unatoč brojnim istraživanjima i trasiranjima podzemnih tokova u ovom sustavu još je uvijek prisutan veliki broj nepoznanica i nedoumica. Podzemne veze, površinski tokovi koji poniru i

ponovno se pojavljuju, krška vrela, estavele i ponori, i danas predstavljaju izazov za hidrogeološka istraživanja.

Pri novim istraživanjima tako su korištene brojne prethodno objavljene publikacije među kojim se ističu: BO-NACCI et al. (2013), IVIČIĆ (2000), i SLIŠKOVIĆ (2014).



Slika 1. Istraživo područje: sljevovi i podsljevovi koji odražavaju izuzetno složene hidrogeološke odnose. Novo trasiranje podzemnih tokova istaknuto u krugu.

Figure 1. Research area: catchments and sub-catchments which express extremely complex hydrogeological conditions. New tracing experiment pointed out in circle.

Nedavna istraživanja provode se sa svrhom rasvjetljavanja ovih složenih međuodnosa, u području od slijeva Mostarskog blata na sjeveru i slijeva izvora Opačac na zapadu, pa sve do zone izviranja: od Gradca (Mandina mlinica), preko Baćinskih jezera i Klokuna, do Modrog oka i manjih izvora u Desnama, do snažnog krškog vrela Pruda kod Metkovića. U suradnji s kolegama iz Instituta za hidrotehniku iz Sarajeva analizirani su i stalni i povremeni ponirući tokovi, prvenstveno Vrioštice, Tihaljine i Trebižata, pa sve do Lištice i Mostarskog blata. Svrha istraživanja, osim upoznavanja ovih podzemno-površinskih odnosa, zapravo je zaštita brojnih vodoopskrbnih izvora u slijevnom području (Butina, Banja, Klokun, Modro oko, Prud), zaštita ekosustava Baćinskih jezera, te predlaganje rješavanja prekogranične zaštite između Hrvatske (HR) i Bosne i Hercegovine (BiH).

Opsežnom hidrogeološkom analizom, s obilnim korištenjem hidrokemijskih i izotopnih podataka, te novim i starim trasiranjima podzemnih tokova, sustav je shematski podijeljen u dijelove (podsljevove; Slika 1): (1) slijev Mostarskog blata u dva podsljeva, a zapadni dio (1a) podzemno utječe na južne izvore, (2) slijev Trebižat-Tihaljina, također u dva dijela gdje samo najistočniji dio (2b) ne utječe na izvore u istraživanoj zoni, (3) malog izravnog slijeva Pruda, (4) slijeva Modro oko-Klokun koji se proteže relativno daleko na zapad iza Biokova i Makarskog primorja, (5) neposrednog slijeva Baćinskih jezera i Mandine mlinice, te (6) izvora Opačac koji izravno doprinosi vodama Tihaljine. Nakon hidrogeološkog postavljanja ovakve razdjеле, hidrološkim je bilanciranjem utvrđeno kako značajan udio voda koje se infiltraju u sjevernim podsljevovima u BiH ulazi u sljevove

Pruda i južnijih izvora sve do Mandine mlinice. Hidrokemijski podatci su dodatno potkrijepili činjenicu o povezanosti izvora u HR s vodonosnicima u BiH preko povišenih koncentracija sulfata koje opadaju „stepenicu-po-stepenicu“ prema jugu, a posljedica su otapanja gipseva i anhidrita u hercegovačkom krškom podzemlju. Temeljem cjelogodišnjeg opažanja, povremenim uzorkovanjima i laboratorijskim analizama, te mjerjenjima protoka i razine automatskim mjeračima (tzv. logerima), došlo se do značajnih spoznaja. Opažanja se u ponešto smanjenom intenzitetu nastavljaju.

Zahvala

Rad je utemeljen prvenstveno na istraživanjima koja su obavljena u sklopu triju velikih projekata: (1) projekta Osnovne hidrogeološke karte RH, temeljnog projekta Hrvatskog geološkog instituta; (2) projekta DRINKADRIA finansiranog od strane IPA Adriatic programa EU; i (3) projekta „Hidrogeološka i paleolimnološka istraživanja Baćinskih jezera“ finansiranog od strane Hrvatskih voda.

Literatura:

- BONACCI, O., ŽELJKOVIĆ, I. & GALIĆ, A. (2013): Karst rivers' particularity: an example from Dinaric karst (Croatia/Bosnia and Herzegovina).— Environmental Earth Sciences, 70, 963–974.
IVIČIĆ, D. (2000): Sliv izvora desne strane donjeg toka Neretve.— Vodič ekskurzija 2. hrvatskog geološkog kongresa u Cavatu, Hrvatski geološki institut, Zagreb.
SLIŠKOVIĆ, I. (2014): Vode u kršu slivova Neretve i Cetine.— Hrvatski geološki institut, Zagreb, 171 str.

Minerali glina u površinskom sedimentu istočnog dijela Jadranskog mora: raspored, porijeklo i transport

Clay minerals in surface sediments of the eastern Adriatic Sea: distribution, origin and transport

Darko Tibljaš¹, Kristina Pikelj^{1,2} & Nina Trinajstić¹

¹ Geološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Horvatovac 95 i Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb, Croatia (dtibljas@geol.pmf.hr, kpikelj@geol.pmf.hr)

² Lancaster Environment Centre, University of Lancaster, LA1 4YQ Lancaster, United Kingdom (k.pikelj@lancaster.ac.uk)

Ključne riječi: Jadransko more, „krystalinitet“ illita, minerali glina, XRD analiza

Key words: Adriatic Sea, illite “cristallinity”, clay minerals, XRD analysis

Minerali glina u Jadransko more u najvećoj mjeri donašani su sa zapadne obale talijanskim rijekama, te u manjoj mjeri s istočne strane albanskim rijekama. Analiza površinskih sedimenata uzorkovanih pretežito s talijanske strane Jadranskog mora, pokazala je da su najčešći minerali glina u sedimentu illit i smektit, dok je zastupljenost klorita, kaolinita i serpentina manja, a njihov longitudinalni raspored odraz je općeg površinskog ciklonalnog strujanja (TOMADIN, 2002).

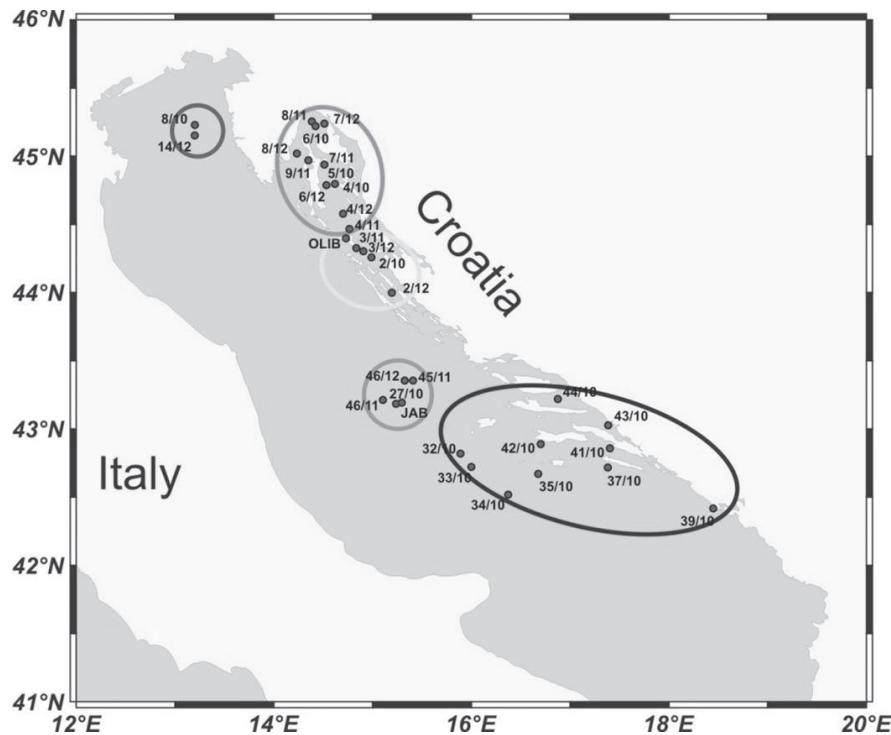
Relativno malen donos terigenog sitnozrnatog sedimenta u područje hrvatskog dijela istočne strane Jadranskog mora posljedica je karbonatnog sastava stijena zaleda te slabo razvijene mreže, uglavnom krških, rijeka. Radi toga je ovo područje generalno prekriveno krupnozrnatim miješanim karbonatno-siliciklastičnim sedimentom, uglavnom pijeskom (PIKELJ, 2010).

U namjeri da se nadopuni postojeća slika sadržaja, rasporeda i porijekla minerala glina u površinskom sedimentu Jadranskog mora, za ovo istraživanje sakupljena su i analizirana 33 uzorka sedimenta istočnog dijela Jadrana (Sl. 1) i to sa prostora u kojima je prema prijašnjim istraživanjima utvrđen prosječno veći udio muljevite frakcije (PIKELJ, 2010). Granulometrijska analiza provedena je kombiniranim metodom mokrog sijanja i sedigrafa. Udio karbonatne komponente određen je na cijelovitom uzorku te na frakciji $< 2 \mu\text{m}$ volumetrijom plina (CO_2) nastalog tretiranjem uzorka klorovodičnom kiselinom. Semikvantitativni mineralni sastav određen je rendgenskom difracijom (XRD) na praškastom uzorku na neorientiranim preparatima frakcije $< 2 \mu\text{m}$ dobivene centrifugiranjem. Vrste prisutnih minerala glina određene su istom metodom i na istoj veličinskoj frakciji, ali na orijentiranim preparatima, koji su dodatno bubreni etilen glikolom i žareni na temperaturama od 400° i 550°C , te snimljeni nakon svakog tretmana. Kako bi se ustanovila eventualna prisutnost kaolina i serpentina, u reprezentativnim uzorcima je uklonjen klorit tretiranjem kipućom klorovodičnom kiselinom, te su ponovno snimljeni prije i poslije žarenja na 550°C . „Kristalinitet“ illita odnosno Küblerov indeks (KI) (KÜBLER, 1967) određen je sljedeći standardnu proceduru (KISCH, 1991), a kristalinitet smek-

tita prema BISCAYE (1965). Zbog različitih eksperimentalnih uvjeta izmjerene vrijednosti „krystaliniteta“ nisu se mogle direktno uspoređivati s onima koje navodi TOMADIN (2002), ali je bilo moguće uspoređivati njihove relativne vrijednosti.

Od ukupno 33 uzorka sedimenta, 23 ih je određeno kao mulj, a 10 kao pijesak, s varirajućim udjelom frakcije $< 2 \mu\text{m}$ u rasponu od 2,5 do 53 %. Udio karbonatne komponente kreće se od 23 do 90 % u cijelovitim uzorcima, a značajni udjeli, 17 do 35%, određeni su i u frakciji $< 2 \mu\text{m}$. U neorientiranim preparatima pored minerala glina detektirani su karbonati i kvarc. Od karbonatnih minerala najzastupljeniji je kalcit (nisko-magnezijski i visoko-magnezijski kalcit), a podređeni su dolomit i aragonit. Od minerala glina najzastupljeniji su smektit, illit, klorit, kaolinit, dok je serpentin nađen u trgovima. S obzirom na prostorni raspored lokacija uzorkovanja i na dobivene rezultate, na istraženom području definirano je pet potpodručja: zapadna Istra, sjeverni Jadranski Jadran, srednji Jadran, Jabučka kotlina i južni Jadran. U finoj frakciji sedimenata s područja zapadno od Istre dominantni minerali glina su jako dobro i dobro „krystalizirani“ illit (kako ih definira TOMADIN, 2002) i klorit, uz koje su kao sporedni do tragovi determinirani slabo kristalizirani smektit, kaolinit i serpentin. U uzorcima s područja sjevernog Jadrana glavni minerali glina su illit, kod kojeg su izmjerene najviše vrijednosti Küblerovog indeksa, te kaolinit, dok su sporedni klorit i slabo kristalizirani smektit. Na području srednjeg Jadrana glavni minerali glina su dobro do srednje dobro kristalizirani illit i kaolinit, a kao sporedni do tragovi prisutni su klorit i vrlo slabo kristalizirani smektit. U Jabučkoj kotlini glavni minerali glina su jako dobro i dobro kristalizirani illit, kaolinit i smektit, a sporedan je klorit. U sedimentima južnog Jadrana u sitnoj frakciji uz jako dobro i dobro kristalizirani illit, glavni sastojci su idobro kristalizirani smektit te kaolinit, sporedan je klorit, a utvrđena je i prisutnost serpentina.

Dobiveni rezultati potvrdili su rezultate prethodnih istraživanja o općim karakteristikama površinskog sedimenta u hrvatskom dijelu Jadranskog podmorja i to prvenstveno kod krupno-zrnatih frakcija (PIKELJ, 2010). Značajan udio



Slika 1. Lokacije uzorkovanja i pet područja koja se razlikuju po vrsti minerala glina.

Figure 1. Sampling locations and five regions distinguished on the basis of clay-mineral composition.

muljevite frakcije očekivan je s obzirom da su uzorci ciljano sakupljeni iz zona koje su prema prethodnim istraživanjima određene kao muljevite. U skladu s povećanom frakcijom muljevite komponente, udio karbonatnih minerala u sedimentu je također očekivano nešto niži (~50%) u odnosu na prijašnje rezultate, ali je i dalje dosta visok pa je čak i u frakciji $<2 \mu\text{m}$ značajan udio karbonatne komponente (u prosjeku 25%). U skladu s prijašnjim rezultatima od karbonata su nađeni u najvećoj mjeri kalcit, koji s obzirom na različite udjele MgCO_3 (0-15%) ukazuje i na biogeni i na terigeni izvor. Aragonitu se pripisuje biogeno porijeklo, dok je dolomit pronađen ispred zapadne Istre, u Jabučkoj kotlini i ispred ušća Neretve, gdje je pojačan terigeni donos (bilo recentan ili subrecentan). Utvrđeno prisustvo illita, smektita, klorita, kaoliničita i serpentina u tragovima usporedivo je s podacima koje je dobio TOMADIN (2002). Provedena istraživanja pokazala su da je smektit nešto zastupljeniji u prostoru zapadno od Istre, a pogotovo u Jabučkoj kotlini i južnom Jadranu. Smektit potjeće iz flišnih naslaga, ali povećane koncentracije u južnom Jadranu vjerojatno su posljedica blizine talijanskih vulkana. Iako izrazito niski izmjereni indeksi „kristaliniteta“ smektita odudaraju od rezultata za zapadnu stranu Jadrana (TOMADIN, 2002) moguće je izdvojiti zone slabije i bolje kristaliziranog smektita, koje daju naslutiti podudaranje s onima u zapadnom Jadranu. „Kristaliniteti“ illita dobro se podudaraju s onima koje je za zapadnu stranu Jadrana dao TOMADIN

(2002). Niske vrijednosti KI registrirane su u sedimentima u sjevernom Jadranu, pri čemu odudara slabije „kristalizirani“ illit u Kvarneru, te u Jabučkoj kotlini i južnom Jadranu. Niske vrijednosti KI u sedimentima dalje od obale ukazuju na izvorišno područje u metamorfni terenima, a illit je najvjerojatnije donesen rijekama iz Italije, bilo danas (zapadno od Istre) ili za niže razine mora (Jabučka kotlina, južni Jadran). Mogući izvor slabo „kristaliziranog“ illita u sedimentu bliže obali najvjerojatnije su naslage fliša.

Literatura:

- BISCAYE, P.E. (1965): Mineralogy and sedimentation of recent deep-sea clay in Atlantic Ocean and adjacent seas and oceans.– Geol. Soc. Am. Bull., 76, 803–832.
- KISCH, H.J. (1991): Illite crystallinity recommendations on sample preparation, X-ray diffraction settings and interlaboratory samples.– J. Metamorph. Geol., 9, 665–670.
- KÜBLER, B. (1967): La cristallinité de l'illite et les zones tout à faire supérieures du métamorphisme.– U: Etages Tectoniques, Colloque de Neuchâtel 1966, 105–21.
- PIKELJ, K. (2010): Sastav i porijeklo površinskih sedimenata dna istočne strane Jadranskog mora.– Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, 239 str.
- TOMADIN, L. (2000): Sedimentary fluxes and different dispersion mechanisms of the clay sediments in the Adriatic Basin.– Rend. Lincei, 9/11, 161–174.

Possibilities of Utilization of Rock Mass in Natural Stone Deposits

Mogućnosti iskorištenja stijenske mase u ležištima prirodnog kamena

Ivan Tomašić & Zrinka Vidović-Tisanić

Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, 10 000 Zagreb, Pierottijeva 6, Croatia

Key words: Utilization of Rock Mass, Natural Stone, Stone Blocks

Ključne riječi: iskoristivost stijenske mase, prirodni kamen, kameni blokovi

In this article it is presented how small blocks and tombolons could be economically exploited and processed under certain circumstances today. The assumption that permanent increase of discontinuity density has great influence on the utilization of rock mass in deposits is verified. The problem is analyzed in two dimensions. It is determined that the exploitation and processing of the small stone blocks and tombolons increase the available reserves due to rational utilization. It is also assumed that increase of discontinuity density in m^1/m^2 (in real conditions in m^2/m^3) causes the arithmetic decrease a stone blocks pieces of specific sizes (in our case stone surfaces). If the exploitation of different stone block sizes achieves higher utilization of the rock mass, than exploitation of aggregates and fillers increases utilization of rock mass much more. It also enables cumulative increase of stone resources. This approach (DEYOUNG, JR. 1981) shows great similarity with the Lasky's law (1):

$$(G = a + b \cdot \log T_0) \quad (1)$$

The model is based on discontinuities measured on the limited stone wall surface ($6m \times 6m$) during the field research in the quarry of dolomite marble Sivec next to the Prilep in Macedonia. On the measured discontinuities intersected in quarry many examples of possible cross-section with different position and discontinuity density were analyzed.

There are two variants of exploitation (I and II) which are shown in the analyzed examples. The first one (I) refers to an example where the deposit exploitation allows the corresponding machines to make only vertical and horizontal cuts. This manner is used primary in healthy rock mass when the discontinuities are in a favorable spatial relationship and also at the increased distance. It yields high utilization and produce lower costs. If the rock mass is intersected by less favorable positions of the discontinuities, the first (I) variant of exploitation gives low utilization of stone blocks (in this example block's surfaces) which should produce more waste, while exploitation costs would grow. The second (II) variant of exploitation involves performing the inclined cuts or separation of the rock mass along the surface of natural discontinuity with the appropriate machinery.

Decision should be made whether to apply I or II variant of the exploitation making vertical and horizontal cuttings (TOMAŠIĆ, 1982) or separation of the blocks along

natural discontinuities, or using slanting cuts, or to shift more fractured parts of rock mass on the base stage, where than it will be decomposed along the discontinuities. The example is shown and analyzed as a two-dimensional problem. Research results are shown using a hypothetical diagram on Fig. 1. The diagram indicates the importance of production of the different stone products with respect to size or weight. Scale of discontinuity density can be spread to the left, without loss of curvature of both curves.

It means in practice, if the small stone blocks and tombolons could be multiplied and additionally processed the added value should increase while the benefits and effectiveness of such production would be higher. Production costs will be also slightly higher. This approach leads to enhancement of the usability of the rock mass in deposits or quarries of natural or dimension stone. The question is where are the possible limits of the total utilization of reserves? The limits of total utilization of reserves could be detected in the future regarding the potential of natural stone, stone blocks, tombolons, aggregates and fillers that we plan to produce (curve 2, Fig. 1). In particular, this means that Croatian natural stone of calcareous composition, mostly limestone may be further rationally and sustainable exploited.

All the results of the discontinuity analysis and utilization of stone blocks from the rock mass indicate that Lasky's law can be fully applied to the deposits of natural stone. This conclusion is based on hypothetical assumptions obtained on analysis and results shown in this article (Fig. 1). Because of specific relation, which is, that during the exploitation, size of the block reduces (curve 1). Arithmetically in accordance with the increase of discontinuity density (in our example block's surfaces) we can achieve exact mathematical formula.

Deriving reliable exact method of prediction of exploitation it is important to notice that the Lasky's law, instead of the logarithmic form, can be written (TOMAŠIĆ & VIDOVIC-TISANIĆ, 2013) in exponential form (2):

$$T + c \cdot e^{kG} \quad \text{or} \quad T_0 + c \cdot 10^{kG_0} \quad (2)$$

which is recognized as the solution of ordinary differential equation $dT/dG=kT$ that establishes the best connection between the arithmetic change of G 's and exponential change of T 's. The constant k determines the prefix that decides if you are talking about exponential growth of T 's (positive k)

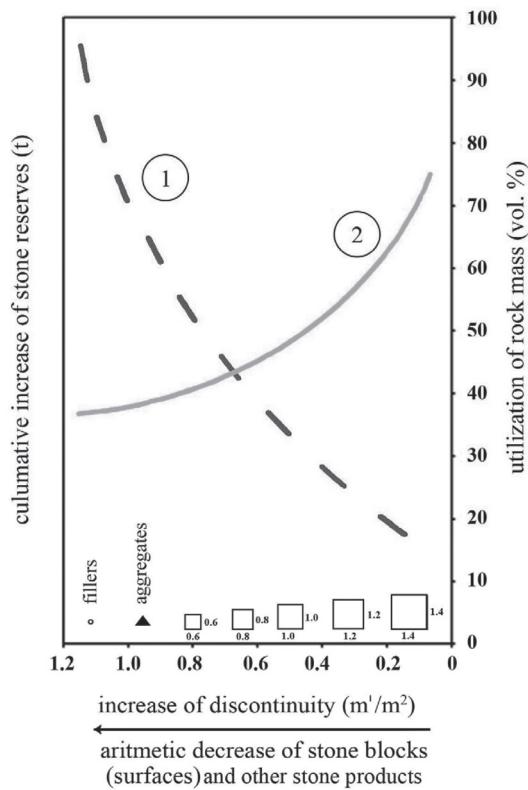


Figure 1. Hypothetical diagram (1) of possible cumulative increase of stone resources for different purposes and diagram of rock mass utilization (2).

Slika 1. Hipotetski dijagram (1) mogućeg kumulativnog porasta kamenih resursa za različite namjene i dijagram iskorištenja stijenske mase (2).

or their exponential decline (negative k), and also determines the speed of change. The value of constants k and c depends on the characteristics of rock mass of each deposit and also determines the value of the ultimate points on the curve (1), (Fig. 1).

Curve (2) in Fig. 1 refers to the utilization of rock mass in three different sizes of blocks (in our case the block surfaces 1.4×1.4 ; 1.2×1.2 and 1.0×1.0). It is in direct relation with the share of discontinuity density in rock mass accord-

ing to the principle of exponential decline, and fall to the left (the higher discontinuity density the lower the utilization of stone blocks) for a specified stone blocks dimensions (surfaces).

The hypothetical curve (1) shows the cumulative increase of natural stone block resources in tons according to the Lasky's law. Accordingly, if discontinuity density increases, then block size reduces arithmetically while reserves (in t or m^3) grow geometrically, or exponentially. This means that at a certain discontinuity density more than one size of blocks should be exploited (in our case the surface). Besides the exploitation of stone blocks (expressed in tons) the rest of the stone should be used for the production of very small stone blocks, stone cubes, aggregates, fillers (in t or m^3) and stone for sculpturing. In this regard, the utilization of rock mass would be even more increased. Total reserves of stone would also be increased.

Finally it is necessary to say that only the usage of real block volume and other mentioned stone products can provide the actual curve (curve 1 in Fig. 1). This approach will increase the value of deposits and increment in the revenue due to the added value, i.e. enabled with the great scale of different stone products. Some carbonate stone deposits (such as limestone in Croatia) are particularly suitable for this approach. It would enable sustainable exploitation and production of stone products. We believe that in the future these assumptions will be better validated and justified.

References:

- DEYOUNG, J.H., JR. (1981): The Lasky Cumulative Tonnage-grade Relationship-A, reexamination.– Economic Geology, Vol. 76, 1067–1080.
 TOMAŠIĆ, I. (1982): The utilization of building material deposits in dependence on the fabric and technology of exploitation.– The Mining-Metallurgy Bulletin, Vol. 29, 332–342, Ljubljana.
 TOMAŠIĆ, I. & VIDOVIĆ-TISANIĆ, Z. (2013): Potential of Medium to More Fractured Natural Stone Deposits.– Key Engineering Materials, Vol. 548, 39–47.

Organski facijesi Dimić člana (Poštak, Hrvatska)

Organic Facies of Dimići Member (Poštak Mt., Croatia)

**Tamara Troškot-Čorbić¹, Vladimir Veseli¹, Igor Vlahović², Ivo Velič³, Josipa Velič²,
Bruno Tomljenović², Lilit Cota¹ & Goran Bejdic¹**

¹ INA-Industrija nafte d.d., Exploration Sector, E&P Laboratory Department, 10 000 Zagreb, Croatia

² University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, 10 000 Zagreb, Croatia

³ Croatian Geological Summer School & Geolog d.o.o., 10 000 Zagreb, Croatia

Ključne riječi: organski facijes, kimeridž, Poštak jedinica

Key word: organic facies, Kimmeridgian, Poštak unit

During recent investigations the most complete succession of Kimmeridgian deeper marine deposits has been documented at the slopes of the Poštak Mt., where it was determined that deposits from the famous Lemeš locality correspond to the upper part of the complete succession. Therefore new informal stratigraphic unit Poštak is proposed, as a formation composed of three members: Rastičovo, Dimići and Lemeš.

Deposits underlying Poštak unit are of the Oxfordian age, and are composed of thick-bedded light brown oncoid-peloid-bioclastic limestones composed of algal-balls oncoids, rounded intraclasts, peloids, gastropods, bivalves, small benthic foraminifera and abundant micrite matrix. These limestones were deposited in the low-energy shallow subtidal.

(A) Lower part of the Poštak unit, the Rastičovo member, is composed of alternation of light-brown thick-bedded limestones with rare bivalve and echinoderm bioclasts and thin intraclastic-peloid-skeletal intercalations. These deposits of probably lower Kimmeridgian age were deposited contemporaneously with the formation of the intraplatform trough connected to the open sea.

(B) Middle part of the Poštak unit, the Dimići member, is characterized by alternation of light grey and greenish-grey limestones with radiolarians and dark grey, thin-bedded to laminated, mostly recrystallized radiolarian limestones enriched in organic contents. They usually comprise numerous greybrown chert layers and/or nodules with abundant radiolarians infilled by microquartz. Frequent fractures, fissures and microstylolites are commonly infilled by dark organic matter, and therefore laminated limestones have significantly higher total organic contents. These middle Kimmeridgian rocks were deposited in deepest parts of the intraplatform trough, and therefore are spatially restricted.

(C) Upper part of the Poštak unit, the Lemeš member, is composed of well-bedded light grey to light brown limestones with rare chert nodules. They contain calcitized radiolarians, ammonites, aptichi, pelecypods, gastropods, echinoids, planktonic foraminifera, rare belemnites and finely dispersed or within stylolites and fissures concentrated organic matter. Towards the younger parts of the unit gradual

increase of frequency and thickness of layers comprising material transported from the contemporaneous shallow-marine environments is visible. Limestones of the Lemeš member gradually infilled the intraplatform trough, although planktonic fauna, especially relatively frequent layers with ammonites of the Upper Kimmeridgian to Lower Tithonian age, indicate still preserved connection with the open sea.

Overlying Tithonian deposits are not present at the Poštak Mt., since limestones of the Poštak unit are in tectonic contact with the Lower Cretaceous deposits and irregular contact zone is infilled by polymictic carbonate breccia corresponding to Velebit ('Jelar') breccia.

According to the detailed geochemical investigation the fine-grained, laminated limestones of the Dimići member have an excellent generation potential and represent very good to excellent oil-prone source rocks. Organic matter content ranges between 0.35 and 11.9%, in average 2.97% TOC. Petroleum potential is good (between 1.17 and 67.00 mg HC/g rock, in average 18.25 mg HC/g rock). Organic facies AB/B (after JONES, 1984, 1987) is determined, characterized by high organic matter content, excellent hydrocarbon potential and high transformation ratio. Type II kerogen dominates, but occasionally, the type I kerogen is present as well. According to microsolubility and strong yellow to yellow-orange fluorescence, organic matter represents a mixture of algal, bacterially degraded kerogen and migrated bitumen. Amorphous organic matter gradually changes from lamalginite to bituminite I and finally to organo-bituminous-mineral groundmass, i.e. to matrix bituminite. Solid bitumen is incorporated in all structural types. Phytoplankton is represented by prasinophycean phycomata and dinoflagellate cysts. Throughout the geological columns quantitative variations in cyanobacterial and liptinite/liptodetrinite content may be microscopically observed. Variations in C_{27} and C_{29} regular sterane were documented as well. Bitumen reflectance is in the range from 0.15 to 0.30% R_o (asphaltite group). Organic facies AB/B is characterized with high organic sulfur content (up to 10%). Stable carbon isotope values ($\delta^{13}C$) range from -27.79 to -24.65‰ in kerogen and from -29.53 to -25.55‰ in bitumen.

According to maturity parameters (T_{max} , PI, TAI, fluorescence color, vitrinite reflectance, bitumen reflectance, biomarker maturity parameters M/H, $22S/(22S+22R)$, R_c , $R_m(MDR)$, $20S/(20S+20R)$, $\beta\beta/(\beta\beta+\alpha\alpha)$, T_s/T_m) organic facies AB/B, i.e. the source rocks of the Poštak area generally reached onset of oil generation.

References:

- JONES, R.W. (1984): Comparison of carbonate and shale source rocks.– In: PALACAS, J.G. (ed.): Petroleum Geochemistry and Source Rock Potential of Carbonate Rocks. AAPG Studies in Geology, 18, 163–180, Tulsa.
- JONES, R.W. (1987): Organic facies.– In: BROOKS, J. & WELTE, D. (eds.): Advances in petroleum geochemistry 2. Academic Press, London, 1–90.

Ocjena metoda za izračun hidrauličke vodljivosti pijeska

Evaluation of methods for calculating hydraulic conductivity of sand

Kosta Urumović¹, Željko Duić², Maja Briški¹ & Qani Kadiri³

¹ Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10 000 Zagreb

² Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

³ Građevinsko-Arhitektonski Fakultet u Prishtini, Kodra e Diellit pn, 10 000 Prishtina

Ključne riječi: hidraulička vodljivost, granulometrijska krivulja, efektivna poroznost, efektivno zrno

Key words: hydraulic conductivity, particle-size distribution curve, effective porosity, porosity, effective grain size

Hidrogeološka svojstva naslaga opisuju prostor poroznog medija kroz koji struji voda. Ta su svojstva brojčano izražena hidrogeološkim parametrima. U tom smislu postoje tri osnovna hidrogeološka (HG) parametra: hidraulička vodljivost, poroznost i specifična površina. Hidraulička vodljivost je mjera lakoće prolaska vode kroz stijenu, poroznost izražava obujam šupljina u obujmu stijene, a specifična površina izražava veličinu nepravilne dodirne plohe između pora i krutine. Ti se parametri određuju laboratorijski i putem analogije s nekim lako mjerljivim svojstvom, kao npr. granulomerijskim sastavom materijala. U ovom radu ocjeniti će se više često korištenih metoda za određivanje hidrauličke vodljivosti analizom granulometrijskog sastava uzorka iz bušotine. Za verifikaciju ispravnosti relacija koje ju izražavaju nužno je raspolagati hidrauličkim pokusima kojima je izvedivo pouzdano identificirati stvarnu vrijednost hidrauličke vodljivosti.

Često korištene metode određivanja hidrauličke vodljivosti analizom granulomerijskog sastava su: Hazenova, Slichterova, Terzagijeva, Beyerova i USBR te Kozeny - Carman metoda. Navedene su metode primjenjene za analizu uzorka različitih vrsta pijesaka iz bušotina na četiri pokusna polja

- crpilišta. Točnost rezultata verificirana je analizom podataka pokusnog crpljenja na crpilištima. Podatci su svrstani u dvije skupine ovisno o vrsti i sortiranosti zrna.

Prva skupina su podatci sa dva crpilišta na kojima je vodonosnik izgrađen od jednoličnih, srednjozrnih pijesaka koji zadovoljavaju kriterije praktično svih metoda izračuna hidrauličke vodljivosti na temelju veličine efektivnoga zrna. To su crpilišta u Donjem Miholjcu i Belom Manastiru. Druga skupina su podaci o vodonosnicima izgrađenim pretežito od srednjozrnih pijesaka u kojima se pojavljuju raznovrsni proslojci prahovitih frakcija koji znatno otežavaju primjenu klasičnih metoda efektivnog zrna, iako je sortiranost zrna u njihovim uzorcima unutar granica koje su postavljene za primjenjivost tih metoda. To su crpilišta Čepin kraj Osijeka i Ravnik kraj Pitomače.

Sažetak rezultata postupka verifikacije pojedinih obrazaca za izračun hidrauličke vodljivosti ilustriran je Tablicom 1. Pogreške, odnosno odstupanje izračunanih iznosa od srednje vrijednosti hidrauličke vodljivosti vodonosnika identificiranog hidrauličkim testom, prikazane su za sve uzorce.

U prvom je planu izražena izvrsna bliskost veličine hidraulički identificirane srednje hidrauličke vodljivosti s rezultatima

Tablica 1. Iznosi srednje pogreške izražene u postotku verificirane veličine hidrauličke vodljivosti.

Table 1. Mean error expressed in percent of verified value of hydraulic conductivity

Metoda	HAZEN	SLICHTER	TERZAGHI (uz srednji promjer zrna)			BEYER	USBR	KC40	K (m/dan) iz hidrauličke identifikacije
			Daa	Dag	Dah				
Donji Miholjac	-6,7%	8,5%	13,6%	7,6%	1,9%	0,5%	-73,7%	-0,5%	24
Livade B. Man.	20,8%	19,3%	13,3%	9,3%	5,2%	33,1%	-63,0%	-0,1%	22
Čepin	-35,2%	-35,6%	-8,4%	-15,6%	-22,5%	-32,7%	-80,6%	-32,7%	12
Ravnik	-74,1	-74,2	-92,5	-93,3	-94,1	-74,9	-79,6	-7,8%	10

Napomena 1. Sivom svjetlijom bojom označena su vrlo precizna rješenja (odstupanje manje od 10 %), a sivom tamnjijom bojom neprihvatljive pogreške (odstupanja preko 60 %);

Napomena 2. Daa – aritmetičko srednje zrno; Dag – geometrijsko srednje zrno; Dah – harmoničko srednje zrno.

Note 1. Very accurate solutions (discrepancy of less than 10%) are marked as light grey; unacceptable error (discrepancy of more than 60%) are marked in darker grey.

Note 2. Daa - arithmetic mean grain size; Dag - geometric mean grain size; Dah - harmonic mean grain size.

svih primijenjenih metoda osim metode USBR za sve slojeve kod pokusnih polja Donji Miholjac i Livade – Beli Manastir, gdje je vodonosnik izgrađen pretežito od srednjezrnih pijesaka, a koeficijent ujednačenosti oko ili ispod 2. Metoda Kozeny – Carman uz korištenje efektivne poroznosti (URUMOVIĆ & URUMOVIĆ, 2014) i efektivnog zrna D_{40} redovito daje najtočnije rezultate (URUMOVIĆ, 2013). Od empirijskih metoda, posebice su značajni izvrsni rezultati ostvareni s korigiranim metodama Slichtera i Terzagija, čime se dokumentirano opovrgavaju navodi nekih autora (CHENG & CHEN, 2007; ODONG, 2008) da primjena ovih metoda rezultira s znatno podcijenjenim vrijednostima hidrauličke vodljivosti. Zanimljiva je redovita i značajna podcijenjenost iznosa hidrauličke vodljivosti ostvarenih primjenom USBR metode koja se kod nas vrlo često koristi. Potvrđuje se dakle da je primjena ove metode u prezentiranju propusnosti vodonosnika vrlo prijeporna. Druga dva pokusna polja, crpilišta Čepin i Ravnik, karakteriziraju vodonosnici izgrađeni pretežito od sitnozrnastih pijesaka s učestalim proslojcima praha. U takvim je uvjetima dosta teško prikupiti reprezentativne uzorke što može dovesti do prijeporne primjene svih obrazaca. Za lokaciju Čepin ostvarene su ipak relativno približne vrijednosti K metodama Hazena, Slichtera, Beyera i Kozeny - Carmana s podcijenjenim iznosom od oko -30%, dok je rezultat izračuna dobiven primjenom USBR metode više nego dvostruko lošiji (Tab. 1). Zanimljivo je da su prosječne vrijednosti K ostvarene primjenom Terza-

gijeve metode, kod koje s koristi veličina prosječnog zrna, najblže verificiranom iznosu.

Poseban je primjer pokusno polje crpilišta Ravnik. Ovdje u zahvaćenom vodonosniku prevladavaju sitnozrnasti pijesci često interkalirani vrlo tankim proslojcima praha. Rezultat je mala referentna hidraulička vodljivost, 10 m/dan, karakteristična za sitnozrnaste pijeske. Ovdje sve prikazane metode generiraju neprimjerene vrijednosti hidrauličke vodljivosti, pa rješenje valja tražiti primjenom Kozeny-Carmanove jednadžbe sa korištenjem efektivnog zrna D_{40} .

Literatura:

- CHENG, C. & CHEN, X. (2007): Evaluation of methods for determination of hydraulic properties on an aquifer-aquitard system hydrologically connected to river.– Hydrogeol. J., 15, 669–678.
- ODONG, J. (2008): Evaluation of Empirical Formulae for Determination of Hydraulic Conductivity based on Grain-Size Analysis. Jour. Amer. Science, 4/1, ISSN1545-1003.
- URUMOVIĆ, K. (2013): Parametarska kvantifikacija hidrogeoloških svojstava klastičnih naslaga na primjerima pokusnih polja u sjevernoj Hrvatskoj.– Disertacija, Rudarsko geološko naftni fakultet, Zagreb, 163 str.
- URUMOVIĆ, K. & URUMOVIĆ K. Sr. (2014): The effective porosity and grain size relations in permeability functions.– Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss., 11, 6675–6714, doi:10.5194/hessd-11-6675-2014.

Pleistocenski taložni sustavi područja Jadranskog mora

Pleistocene depositional systems of the Adriatic sea

Vlatka Vaniček¹ & Marijan Kovačić²

¹ Agencija za ugljikovodike, Miramarska 24, 10 000 Zagreb

² Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Horvatovac 102A, 10 000 Zagreb

Ključne riječi: pleistocen, Jadransko podmorje, formacije

Key words: Pleistocene, Adriatic offshore, formations

Uvod

Pleistocenske su naslage široko rasprostranjene u podmorju Jadrana, te su i dokazane dubokim buštinama na gotovo cijelom hrvatskom dijelu Jadranskog mora. Unatoč brojnim izrađenim buštinama, dosadašnja istraživanja uglavnom su bila usredotočena na sjeverni dio Jadrana, dok su središnji i južni dijelovi bili zapostavljeni. U ovom radu bit će prikazane analizirane naslage pleistocenske starosti hrvatskog dijela cijelog Jadranskog bazena.

Prema dosadašnjim saznanjima u hrvatskom dijelu Jadranskog bazena tijekom pleistocena su postojale tri odvojene depresije: Padska, Dugootička i Jadransko-jonska. Za okvire razdoblja pleistocena primijenjena je zadnja ratificirana klasifikacija u kojoj kat/doba delasij čini sastavni dio ovog razdoblja te time pleistocen obuhvaća vremenski raspon od prije 2,558 milijuna godina do prije 11 700 godina.

Metode

Interpretacija je obavljena koristeći podatke 31 bušotine (te-renske analize sastava stijena u toku bušenja, interpretacija karotažnih dijagrama, paleontološki zapisi) i 16 seizmičkih profila (VANIČEK, 2013).

Rezultati, diskusija i zaključak

Rezultati su pokazali da je početkom pleistocena u cijelom Jadranskom bazenu taložena formacija Outer Santerno, čiji završetak taloženja odgovara novoj diferencijaciji prostora u donjem kalabriju (Sl. 1). Tada se stvaraju dvije aktivne depresije u Jadranskom bazenu, s različitim razvojem naslaga. Na području sjevernog Jadrana, nakon formacije Outer Santerno, od kalabrija do ionija taložene su formacije Porto Garibaldi, Carola i Ravenna, a ukupna debljina pleistocenskih naslaga u središnjem dijelu depocentra prelazi 1500 m. Prostorno rasprostiranje formacija Porto Garibaldi, Carola i Ravenna u hrvatskom dijelu Jadrana relativno je malo u odnosu na njihov poznat cijelokupni opseg sedimenata koji se nalazi na talijanskom kopnenom području, kao i u talijanskom podmorju, dok se u hrvatskom podmorju nalaze istaloženi samo manji, najistočniji dijelovi njihovih taložnih sustava. Na području Republike Italije nalaze se mjesta na kopnu gdje su formacije

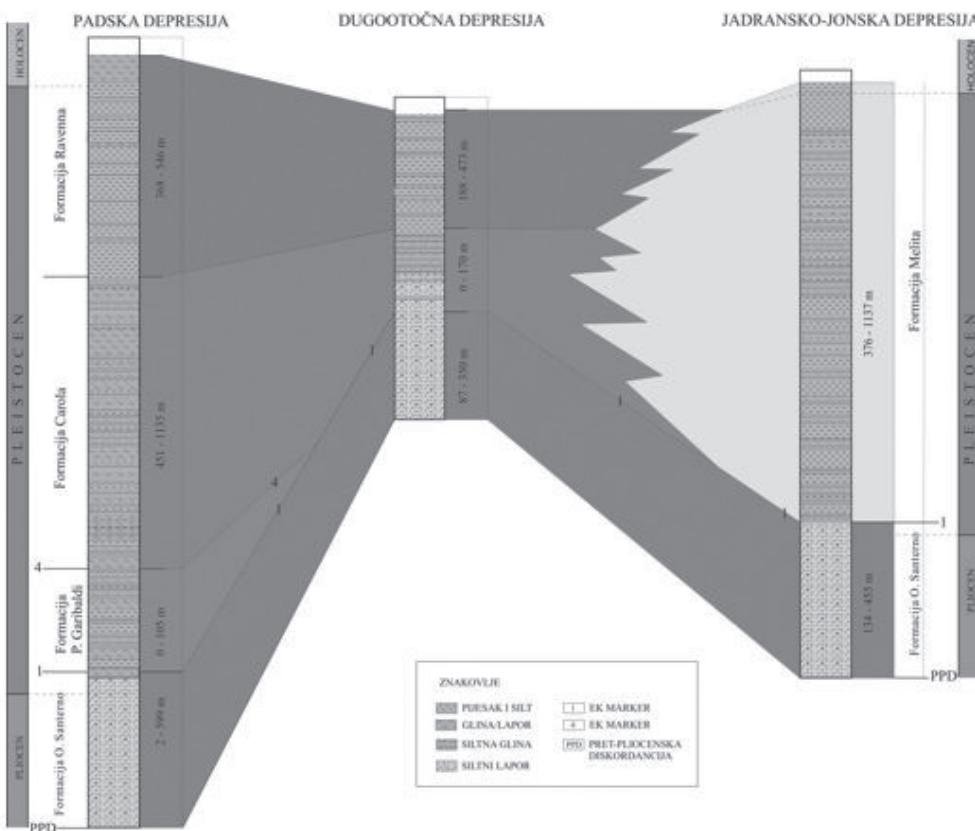
prvi put opisane (*locus typicus*), brojne bušotine na kojima je primijenjeno i dodatno razrađeno nazivlje te plinska polja gdje su određeni paratipovi. Obzirom da se radi o uglavnom talijanskim formacijama, imena navedenih formacija preuzeta su iz talijanske stručne nomenklature te iz brojnih objavljenih radova (RUGGIERI & SPROVIERI, 1977, DONDI et al., 1982, 1982a, 1985, GHIELMI et al., 2013, DONDA et al., 2013, TINTERRI & LIPPARINI, 2013).

Prva proučavana formacija je formacija Outer Santerno, čiji vršni dio pripada pleistocenu, dok je glavnina te formacije taložena tijekom pliocena. Njeno taloženje ustanovljeno je u svim depresijama Jadranskog bazena u jednoličnom sastavu koji čine uglavnom sitnozrnat materijali, poput gline, siltne gline, često laporovite, s mjestimičnim proslojcima silta i pijesaka, te slabo vezani pješčenjaci.

Taloženje klastita sljedeće pleistocenske formacije Porto Garibaldi odvijalo se u dubokom moru, a čine je sitnozrni materijali poput siltova i gline. Konkordantno slijede sedimenti formacije Carola u kojoj se uočava ciklična izmjena dva različita facijesa: facijes s nizom slojeva gdje se izmjenjuju proslojci s česticama sitnog pijeska i česticama pelitnih dimenzija, uglavnom nelitificirani ili slabo litificirani te facijes vezan uz deblji homogeni paket isključivo siltoznih glina. Obje formacije vezane su uz taloženje iz mutnih struja, a obuhvaćaju Tc-Te intervale Bouma sekvenscije. Taloženje pleistocenskih sedimenata u sjevernom Jadranu završava taloženjem u sve plićem moru, u facijesima prodelte, čela delte i deltne ravnice formacije Ravenna. Taloge ove formacije čine klastični sedimenti raznih veličina zrna, uglavnom su prisutni srednjezrnat kvarni pijesci te silt, mjestimično tinjčasti s proslojcima sive i sivozelene gline, rijetkim pojавama frakcije dimenzija šljunka te tragovima ugljena u vršnim dijelovima formacije.

Interpretacijom seizmičkih profila te smjera unosa materijala, prostornog rasprostiranja formacija kao i njihove progredacije, zaključeno je kako Padska depresija i Dugootička depresija u pleistocenu čine jednu cjelinu.

U do sada objavljenim člancima, na području srednjeg i južnog dijela Jadrana, prepoznato je nekoliko strukturnih jedinica u kojima se odvijalo taloženje pleistocenskih naslaga, no rezultati rada analize pleistocenskih naslaga to nisu potvrdili. Sve primijenjene analize dovele su do istog zaključka,



Slika 1. Shematski geološki stupovi pleistocenskih naslaga Jadranskog bazena prema podacima iz istražnih bušotina.

Figure 1. Schematic geological columns of Pleistocene deposits of Adriatic basin based on wells data.

a to je postojanje samo jedne depresije s jednom formacijom taloženom u dva depo centra. Pleistocensi sedimenti u ovoj depresiji opisani su i izdvojeni kao jedna formacija nazvana Melita, koja je najbolje razvijena na bušotini Melita-1, po kojoj i dobiva ime, a opisana je u radu VANIČEK, 2013. Glavna karakteristika ove formacije je taloženje homogenog paketa sitnije zrnatih sedimenata gdje prevladavaju mekane siltne gline, u izmjeni s tankim proslojcima siltova, a u gornjem dijelu formacije uočen je ugljen. Sporadično se uočavaju kvarcni i glinoviti pijesci, povremeno s povećanom glinovitom komponentom. Debljina formacije u depocentru prelazi 1000 m.

Zaključno, taloženje se na prostoru hrvatskog dijela Jadrana tijekom pleistocena odvijalo u svega dvije aktivne depresije: Padskoj depresiji (depocentar je uz granicu epikontinentalnog pojasa Republike Hrvatske) i Južno-jadranskoj depresiji (s dva depocentra: prvi se nalazi zapadno-jugozapadno od Visa, a drugi jugozapadno od Dubrovnika).

Literatura:

DONDA, F., CIVILE, D., FORLIN, E., VOLPI, V., ZECCHIN, M., GORDINI, E., MERSON, B & DE SANTIS, L. (2003): The northernmost Adriatic Sea: A potential location for CO₂ geological storage? – Marine and Petroleum Geology, 20, 148–159.

DONDI, L., MOSTARDINI, F. & RIZZINI, A. (1982): Evoluzione sedimentaria e paleogeographica della Pianura Padana. – U: CREMONI, G. & RICCI LUCCHI, F. (eds.): Guida alla geologia del margine Appenninico-Padano. Guida Geolo. Regionali, Soc. Geol. It., Bologna, 47–58.

DONDI, L., MOSTARDINI, F. & RIZZINI, A. (1982a): Lessico delle Formazioni del bacino padano orientale. – U: CREMONI, G. & RICCI LUCCHI, F. (eds.): Guida alla geologia del margine Appenninico-Padano. Guida Geolo. Regionali, Soc. Geol. It., Bologna, 205–229.

DONDI, L., RIZZINI, A. & ROSSI, P. (1985): Recent geological evolution of the Adriatic Sea. – U: STANLEY D.J. & WEZEL F.C. (eds.): Geological Evolution of the Mediterranean Basin. New York, Springer-Verlag, 195–214.

GHIELMI, M., MINERVINI, M., NINI, C., ROGLEDI, S. & ROSSI, M. (2013): Late Miocene-Middle Pleistocene sequences in the Po Plain – Northern Adriatic Sea (Italy): The stratigraphic record of modification phases affecting a complex foreland basin. – Marine and Petroleum Geology, 42, 50–81.

RUGGIERI, G. & SPROVIERI, R. (1977): A Revision of the Italian Pleistocene stratigraphy. – Geologica Romana, 16, 133–139.

TINTERRI, R. & LIPPARINI, L. (2013): Seismo-stratigraphic study of the Plio-Pleistocene foredeep deposits of the Central Adriatic Sea (Italy): Geometry and characteristics of deep-water channels and sediment waves. – Marine and Petroleum Geology, 42, 30–49.

VANIČEK, V. (2013): Pleistocene taložine u hrvatskom dijelu podmorja Jadrana. – Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, 219 str., Zagreb.

Vulkanoklastične stijene dubokih bušotina sjevernog Banata (Vojvodina, Srbija)

Volcanoclastic rocks from deep wells of northern Banat (Vojvodina, Serbia)

**Alan Vranjković¹, Predrag Cvijić¹, Vladislav Gajić¹, Olivera Popov¹, Goran Bogićević¹,
Boriša Vučković¹, Branimir Šegvić² & Marina Galamboš¹**

¹ NTC-NIS Naftagas, Put Šajkaškog odreda 9, 21 000 Novi Sad, Srbija

² Université de Genève, Section des Sciences de la Terre et de l'environnement, 13 Rue des Maraîchers, 1205 Genève,
Switzerland

Ključne riječi: Tercijarni vulkanizam, Panonski bazen, sjeverni Banat, vulkanoklastične stijene

Key words: Tertiary volcanism, Pannonian basin, northern Banat, volcanoclastic rocks

Rezultati novijih istraživanja vulkanskih i vulkanoklastičnih stijena ispune Panonskog bazena upućuju na njihov sve veći značaj u pronaalaženju potencijalnih ležišta ugljikovodika (BIGUNAC et al., 2012). Nabušene vulkanoklastične stijene sjevernog Banata pripadaju dvama stratigrafskim horizontima: paleogenu i badenu. Do sada poznata ležišta nafte i plina u vulkanoklastičnim stijenama na navedenom prostoru vezana su isključivo za paleogenski horizont, šireg prostora polja Miloševac. Miocenski post-orogenetski vulkanizam koji slijedi nakon gornjokredno-donjopaleogenskog subdukcjskog vulkanizma (PAMIĆ et al., 1995) može se podijeliti u 4 skupine: (1) gornjooligocenski-donjomiocenski post-kolizijski granitoidi i kalcijsko-alkalijski vulkaniti (npr. CVETKOVIĆ et al., 2000), (2) vulkanizam donjeg i srednjeg miocena (PAMIĆ, et al. 1995; PAMIĆ & PECSKAY, 1996) (3) srednjomiocenski bazaltno-andezitno-dacitni vulkanizam (LUGOVIĆ et al., 1990; PAMIĆ et al., 1995) i (4) gornjomiocenski bazaltni vulkanizam (PAMIĆ et al., 1995; PAVELIĆ, 2001). Istraživačkom bušotinom na prostoru sjevernog Banata, ovdje označenom VV-1 (Miloševac), izbušenom početkom 2015. godine, ciljano su izdvojene, nabušene i jezgrovane stijene vulkanoklastičnog kompleksa na dubini od 1901 metar. Ukupna debljina vulkanoklastičnog kompleksa iznosi 109 metara u intervalu od 1901-2010. Dosadašnje spoznaje temeljene na palinološkim analizama sličnog materijala iz susjednih bušotina, stijene ovog kompleksa svrstavaju kronostratigrafski u paleogen. Prognozni geološki stup bušenja koji je proizašao iz seizmogeološke interpretacije 3D seizmičkog bloka, superpozicijski smješta navedene vulkanoklastične stijene između badenskog sprudnog kompleksa u krovini (fossiliferi vapnenci, vapnenački pješčenjaci, pješčenjaci i konglomerati) i magmatsko-metamorfne paleozojske podloge. U sličnom položaju u Dravskoj depresiji (Hrvatska) i na sjeveru Mađarske, vulkanoklastične stijene su litostatigrafski svrstane u Tar mađarsku formaciju starosti karpat-baden (17,5-14,79 Ma) (PÓLA et al., 2002). Za sada uradene paleontološke analize stijena navedenog kompleksa u bušotini VV-1 pokazale su se fosilno sterilne, onemogućujući time točniju kronostratigraf-

sku odredbu. Jezgrovani kompleksi sačinjavaju bijeli do svijetlosivo-zeleni, piroklastični, tuftični, sitnozrnasti konglomerati i sivo-zeleni do zeleni tuftični pješčenjaci. Homogeni i masivni sitnozrnasti konglomerati, konglomeratični pješčenjaci i pješčenjaci se postupno izmjenjuju u decimetarsko-metarskim slojevima. Provedene petrografske analize tuftičnih konglomerata sa uzoraka sa sita i jezgrovanog materijala opisuju ih kao granulometrijski heterogene stijene, sa veličinom klasta do 1cm. Klastični fragmneti detritalnog podrijetla zastupljeni su odlomcima granitoida i pripadajućih mineralnih zrna. Kristaloklasti sanidina dimenzija do nekoliko milimetara, kvarca te devitrificirani finozrnasti materijal glavni su piroklastični sastojci. Vezivo stijene predstavlja matriks istog mineralno sastava kao i klasti. U manjoj mjeri utvrđen je i kalcitni cement. Konglomeratični pješčenjaci i pješčenjaci istog su sastava kao i prethodno opisani konglomerati. Mineraloške analize urađene na 12 uzoraka iz jezgrovanog materijala pokazuju manje više isti mineralni sastav: kvarc, plagioklasi, kalsijski feldspati (sanidin, najčešći), muskovit, minerali glina (kaolinit, ilit/smektit), zeoliti (Na-predstavnici) i kalcit.

Uvod u istraživanja, opisan u ovom sažetku bit će dopunjeno sa rezultatima detaljnih biostratigrafskih, mineraloških, geokemijskih, petrofizikalnih i sedimentoloških analiza.

Literatura:

- BIGUNAC, D., KRIZMANIĆ, K., SOKOLOVIĆ, B. & IVANIČEK, Z. (2012): Pyroclastic flow sediment (ignimbrite) in Miocene Tar Formation, Drava Depression.– Nafta 63/9–10, 307–314.
 CVETKOVIĆ, V., PECSKAY, Z. & PRELEVIĆ, D. (2000): Lamprophyric rocks of the Miocene Borac eruptive complex (Central Serbia, Yugoslavia) – Acta Geologica Hungarica, 43, 25–41.
 LUGOVIĆ, B., MAJER, V. & STUMPFL, E.W. (1990): Geochemical characteristics of basaltic andesites from Baranja. (Croatia, Yugoslavia).– Geološki vjesnik (Zagreb), 43, 135–142.
 PAMIĆ, J., MCKEE, E.H., BULLEN, T.D. & LANPHERE, M.A. (1995): Tertiary Volcanic Rocks from the Southern Pannonian Basin, Croatia. International Geology Review, 37, 259–283.

- PAMIĆ, J. & PÉCSKAY, Z. (1996): Geochronological and K/Ar ages of Tertiary volcanic formations from the southern part of the Pannonian basin in Croatia - based on surface and subsurface data.– Nafta, 47, 195–202.
- PAVELIĆ, D. (2001): Tectonostratigraphic model for the North Croatian and North Bosnian sector of the Miocene Pannonian Basin System.– Basin Research, 13, 359–376.
- PÓLA, T., ZELENKA, T., MÁRTON, E., PÉCSKAY, Z.I. & SEGHE-DI, I. (2002): Miocene volcanism of Cserhát mountains (Hungary): An integrated volcanoclastic-geochronologic study.– Geologica Carpatica, 51/5, 325–343.

Novi nalazi srednjomiocenskih fosila s lokaliteta Bukova glava (Našice, Hrvatska)

New Middle Miocene fossils from Bukova glava (Našice, Croatia)

Davor Vrsaljko¹, Sanja Japundžić¹, Marija Bošnjak Makovec¹, Željko Bortek² & Jasenka Sremac³

¹ Hrvatski prirodoslovni muzej, Geološko-paleontološki odjel, Demetrova 1, 10 000 Zagreb

² Našicecement d.d. Tajnovac 1, 31 500 Našice

³ Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geološki odsjek, Geološko-paleontološki zavod, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb

Ključne riječi: srednji miocen, makrofosili (mekušci, ribe), Bukova glava, Našice, Hrvatska

Key words: Middle Miocene, macrofossils (Mollusca, fishes), Bukova glava, Našice, Croatia

Lokalitet Bukova glava nalazi se u jugozapadnom dijelu aktivnog ležišta sirovine za cement, u krugu tvornice „Našicecement“ d.d., nedaleko grada Našice (Sl. 1). Ukupna debljina srednjomiocenskih naslaga (gornji baden–sarmat) iznosi 97 m. Biokalkareniti, biokalciruditi i lapori dolaze u srednjim i gornjim dijelovima stupa. Lapori su iznimno fosilferni, dobro uslojeni i često fino laminirani uz izmjenu svjetlijih i tamnijih lamina, a sadrže visoki udio organske tvari i piroita. Debljina im varira od nekoliko centimetara do sedam metara (PAVELIĆ et al., 2003).

Tijekom 2014. godine istraživani su lapori u kojima je pronađena brojna makrofossilna fauna. Od mekušaca brojnošću se ističu školjkaši *Tellina (Moerella) donacina* LINNÉ, koje nalazimo kao monotipske nakupine po slojnim plohama (Sl. 2). U tim horizontima osobito su česti još nalazi fosilnih riba,

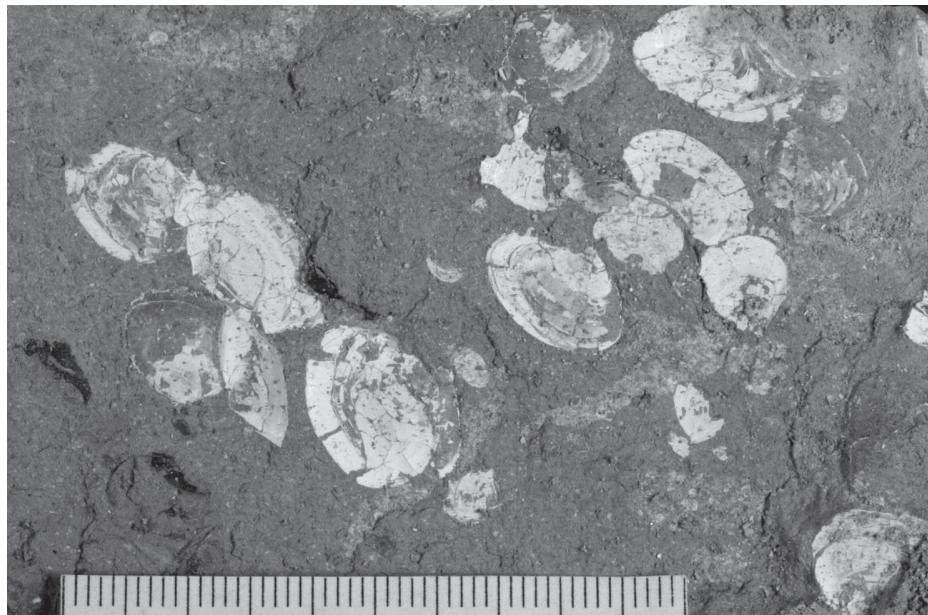
ježinaca i koprolita. Pronađene su cjelovite ribe i fragmenti ribljih ostataka iz porodica Clupeidae i Caproidae te vrste *Callionymus macrocephalus* GORJANOVIĆ-KRAMBERGER (Sl. 3a), *Belone cf. tenuis* (Sl. 3b) GORJANOVIĆ-KRAMBERGER te drugi neodređeni primjerici. Vrsta *Callionymus macrocephalus* pronađena je dosada samo u Radoboju (GORJANOVIĆ-KRAMBERGER, 1882), a vrsta *Belone tenuis* u Jurjevčanima u blizini Jastrebarskog (GORJANOVIĆ-KRAMBERGER, 1898).

Prema ukupnoj fosilnoj zajednici istraživane naslage pristajući gornjobadenskom potkatu, te determiniraju relativno dubokovodne, anoksične marinske okoliše. S obzirom na bogatstvo srednjomiocenske fosilne faune na lokalitetu Bukova glava planirana su daljnja i detaljnija paleontološka istraživanja.



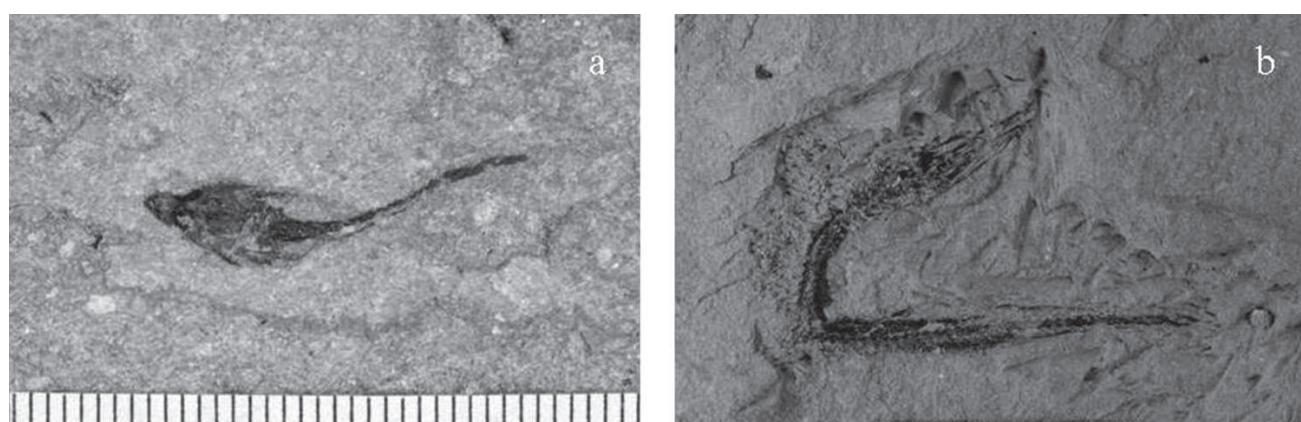
Slika 1. Ležište Bukova glava pokraj Našice, Hrvatska.

Figure 1. Bukova glava locality near Našice, Croatia.



Slika 2. Fosilni školjkaš *Tellina (Moerella) donacina* LINNÉ, (mjerilo u mm).

Figure 2. Fossil lamellibranchiata *Tellina (Moerella) donacina* LINNÉ, (Scale bar in mm).



Slika 3. Fosilne ribe: a) *Callionymus macrocephalus* GORJANOVIĆ-KRAMBERGER; b) *Belone cf. tenuis* GORJANOVIĆ-KRAMBERGER (mjerilo u mm).

Figure 3. Fossil fishes: a) *Callionymus macrocephalus* GORJANOVIĆ-KRAMBERGER; b) *Belone cf. tenuis* GORJANOVIĆ-KRAMBERGER (Scale bar in mm).

Literatura:

- GORJANOVIĆ-KRAMBERGER, D. (1882): Die Jungtertiä Fischfauna Croatiens. I Teil. Beitr. Pal. Oest. Ung. Orients, 2, 86–135.
 GORJANOVIĆ-KRAMBERGER, D. (1898): Über fossile Fische von Tüffer in Steiermark und Jurjevčani in Kroatien. Glasnik hrv. nar. društva, 10, 25–34.

PAVELIĆ, D., KOVACIĆ, M., MIKNIĆ, M., AVANIĆ, R., VRSALJKO, D., BAKRAČ, K., TIŠLJAR, J., GALOVIĆ, I. & BORTEK, Ž. (2003): The evolution of the Miocene environments in the Slavonian Mts. area (northern Croatia).– In: VLAHOVIĆ I. & TIŠLJAR J. (eds.): Field Trip Guidebook: Evolution of depositional environments from the Palaeozoic to the Quaternary in the Karst Dinarides and the Pannonian Basin, 22nd IAS Meeting of Sedimentology, 173–181.

Mineralogical characterization of Bronze Age Pottery from Hallstatt, Austria

Mineraloška karakterizacija brončanodobne keramike iz Halštata, Austrija

Karin Wriessnig¹, Verena Schiffel¹, Maria Mayrhofer¹, Franz Ottner¹ & Marta Mileusnic²

¹ Institute of Applied Geology, University of Applied Life Sciences Vienna, Peter Jordan-Strasse 70, A-1190 Vienna, Austria
(karin.wriessnig@boku.ac.at)

² Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb, Pierottijeva 6, HR-10 000 Zagreb, Croatia

Key words: Bonze Age Pottery, X-Ray Diffraction, Clay Minerals, Firing Experiments

Ključne riječi: brončanodobno lončarstvo, rendgnska difrakcija, minerali glina, eksperimenti pečenja

7000 years ago people started salt mining in Hallstatt. Pottery was used in everyday life and also as grave goods. During the last 200 years archeologists excavated various ceramic products and many potsherds from Bronze Age, Iron Age and Roman times.

For this study about 30 different shards were selected. Additionally samples from some clay pits in the surrounding of Hallstatt were analyzed and also used for firing experiments. Bulk and clay mineral composition of shards and potential raw materials were determined by X-Ray Diffraction (XRD) and Simultaneous Thermal Analysis (STA). Cation exchange capacity of all samples and grain size distribution and consistency limits of the raw materials were measured. Trace elements were analyzed by ICP-MS to obtain information about the provenance of the raw material for the pottery.

The trace element composition of the clay samples and the pottery did not match. This proves that the pottery was not produced in Hallstatt, but imported in exchange for the salt.

The mineral content of pottery depends on raw material, possible additives and firing temperature. In many of the shards limestone was used as grog. Clay minerals from the raw materials are transformed into new silicate minerals during the firing process. Especially smectites and vermiculites are very sensitive to temperatures above 550°C. At this temperature an irreversible dehydroxilation occurs.

In some of the analyzed shards considerable amounts of smectite were detected. It seems implausible that the firing temperature did not exceed 550°C, because such pottery would not be durable and it is well known that the kilns allowed much higher temperatures.

The most probable explanation is that during thousands of years of burial in the soil of Hallstatt smectite did recrystallize.

Chlorite and illite were the dominant clay minerals in the analyzed raw materials. The best results of firing experiments were found with clays free of carbonates.

Beaverite as weathering product on waste rocks from the Pb-Zn mine Rudnik, Serbia

Beaverit u jalovini iz olovno-cinčane rude Rudnika, Srbija

Alena Zdravković, Aleksandar Pačevski, Aleksandra Rosić, Kristina Šarić, Vesna Matović & Suzana Erić

University of Belgrade - Faculty of Mining and Geology, Đušina 7, 11 000 Belgrade, Serbia

Key words: beaverite, sulphates, alunite supergroup, secondary minerals, Pb-Zn mine

Ključne riječi: beaverit, sulfati, grupa alunita, sekundarni minerali, rudnik olova i cinka

The Pb-Zn mine "Rudnik" is located in central Serbia, near Gornji Milanovac, around 120 km southern of Belgrade. A decades-long mining exploitation in this area left behind numerous locations with huge masses of waste rocks. The weathering of this waste material, which mostly contains variably mineralized rocks, has caused formation of numerous secondary mineral species. These secondary minerals differ in composition, mode of occurrence, color and petrography of host rocks. In this study we present characteristics of one type of the secondary mineral phases – beaverite $\text{Pb}(\text{Fe}^{+3}, \text{Cu})_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$, which belongs to alunite supergroup.

Beaverite-bearing rocks are subvolcanic quartzlatites that show a very high alteration degree. They are porphyritic in texture and are composed of quartz, plagioclase, sanidine and

mafic minerals as primary mineral phases. Quartz appears mostly as irregularly shaped grains situated within the groundmass and some of these quartz grains are most likely hydrothermal in origin. A few coarser and round quartz phenocrysts are also noticed. Plagioclase and sanidine are partially to intensively transformed into sericite. Mafic phases are totally replaced by a mixture of chlorite, dusty opaque minerals and gypsum. They sometimes show crystal shapes that are typical for amphiboles and micas. Apart of the above mentioned fine-grained quartz, the groundmass also contains gypsum, sericite, chlorite and opaque minerals.

Microscopic examinations have revealed that the primary opaque minerals are represented by galena, chalcopyrite, pyrrhotite, arsenopyrite and sphalerite, whereas covellite was most likely formed by alteration of chalcopyrite. Beaverite

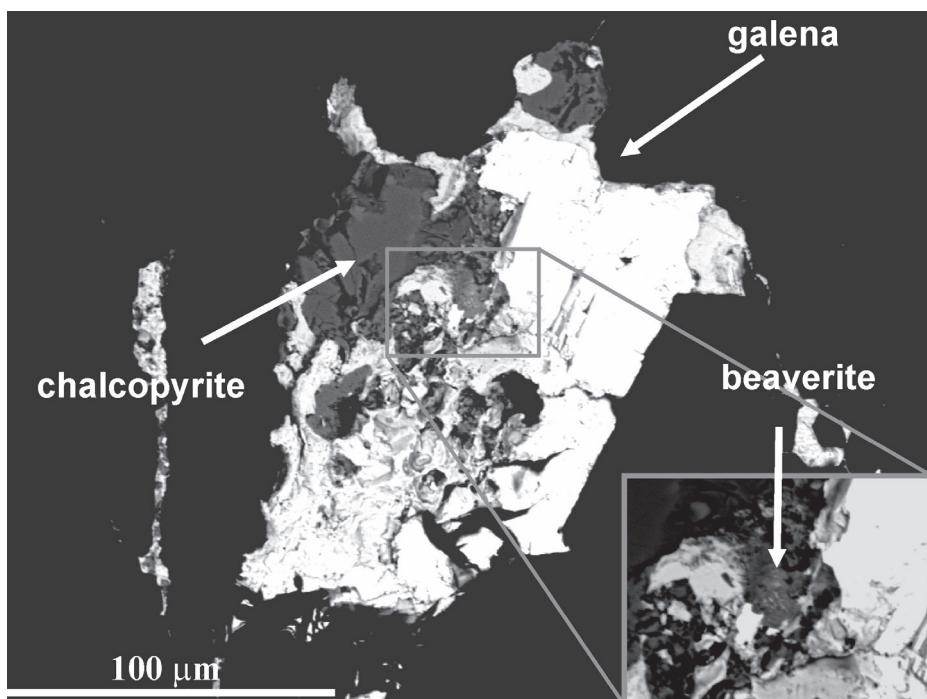


Figure 1. Beaverite on the galena-chalcopyrite contact (BSE image of polished section).

Slika 1. Beaverit na kontaktu galenita i halkopirita (BSE slika nabruska).

occurs in the form of small irregular grains, from 20 to 80 µm in size. Some beaverite grains were identified along the contacts between galena and chalcopyrite (Fig. 1). X-ray powder diffraction analysis confirms that the main secondary phases deposited on the sample surface are gypsum and beaverite. Additionally, small amounts of other sulphate phases, such as anglesite and Cu-melanterite were identified by SEM-EDS analyses. In the studied samples, pyrite is a minor phase, whereas pyrrhotite regularly occurs in significant amounts. It is known that, beside pyrite, pyrrhotite commonly produce Fe^{2+} , SO_4^{2-} , and H^+ ions by the action of moisture and oxygen (LANGMAN et al., 2014) and therewith contributes to formation of high acidic environments. However, in these samples all sulphides acted as sources of high concentration of sulphate and other ions, although with different speed of oxidation. The first stage of sulphide decomposition commenced with oxidation of pyrrhotite. Subsequently, began oxidation of Fe^{2+} to Fe^{3+} followed by hydrolysis. The second

phase involved oxidation and dissolution of galena and chalcopyrite. Chalcopyrite dissolves slower than galena, but its dissolution increases due to high contents of ferric ions as products of pyrrhotite decomposition. In the final phase, solutions became saturated with Fe^{3+} , Pb^{2+} , Cu^{2+} and SO_4^{2-} ions and this, consequently, lead to precipitation of beaverite.

References:

- LANGMAN, J.B., MOORE, M.L., PTACEK, C.J., SMITH, L., SEGO, D., BLOVES, D.W. (2014): Diavik Waste Rock Project: Evolution of Mineral Weathering, Element Release, and Acid Generation and Neutralization during a Five-Year Humidity Cell Experiment.– Minerals, 4/2, 257–278.

The study has been performed within the frame of project No. 176016 of the Serbian Ministry of Education, Science and Technological Development.

Očuvana geobaština Hrvatske- san ili java?

Preserved Croatian geoheritage – dream or reality?

Irina Žeger Pleše & Gordana Zwicker Kompar

Državni zavod za zaštitu prirode, Radnička cesta 80/VII, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: geobaština, georaznolikost, zaštita, upravljanje

Key words: geoheritage, geodiversity, protection, management

Georaznolikosti podrazumijevaju geološku, geomorfološku i pedološku raznolikost odnosno sveukupnost geoloških (stijene, minerali i fosili, tla, lokaliteti, procesi i sl.) i geomorfoloških (oblici i procesi) značajki uključujući njihove zajedničke pojave, odnose, osobine i sustave (GRAY, 2004). Osim toga, georaznolikost predstavlja i značajan prirodni čimbenik na kojem se temelji cjelokupna biološka i krajobrazna raznolikost.

Na relativno maloj površini Hrvatske mogu se izdvojiti brojni geolokaliteti koji su vrijedni za zaštitu i kao takvi su dio geobaštine. Geobaština predstavljaju značajni lokaliteti, stijene, minerali i fosili, geološki procesi, tla te geomorfološki oblici koji imaju ključnu ulogu u razumijevanju zemljine prošlosti na lokalnoj ili regionalnoj razini. To su resursi koji imaju znanstvenu, obrazovnu, kulturnu i/ili estetsku vrijednost, rijetki su ili ugroženi djelovanjem čovjeka, zbog čega ih je potrebno zaštititi i ostaviti budućim generacijama.

Zaštita geoloških, kao i geomorfoloških lokaliteta u Republici Hrvatskoj seže daleko u prošlost. Daleke 1900. godine stupio je na snagu prvi Zakon o pećinama. Arboretum Opeka zaštićen je 1947. godine i predstavlja prvo zaštićeno područje u Hrvatskoj, dok su Rupnica i Hušnjakovo, zaštićeni 1948. godine, bili prvi zaštićeni geolokaliteti što ukazuje na značajan položaj zaštite geobaštine u tom vremenu.

Od tada pa do danas geološki i geomorfološki značajna područja nisu zaštićivana jednakim intenzitetom. U periodu od 1961. do 1970. zaštićeno je 33 geolokaliteta od današnjih 51. U to vrijeme prevladavala je zaštita špilja kao geomorfoloških spomenika prirode. 70-tih godina 20. stoljeća zaštićena su 4, a 80-tih godina 7 geolokaliteta. Prije 16 godina, točnije 1998. godine zaštićeni su posljednji geolokaliteti (geološki spomenik prirode „Gaveznicica-Kameni Vrh“ i poseban paleontološki rezervat „Datule Barbariga“) (MZOIP, 2015).

U zaštiti prirode postoje dvije krovne institucije, Državni zavod za zaštitu prirode i Uprava za zaštitu prirode pri Ministarstvu zaštite okoliša i prirode. Državni zavod za zaštitu prirode je, prema Zakonu o zaštiti prirode, institucija koja obavlja stručne poslove zaštite prirode među kojima je i izrada stručnih podloga za zaštitu te prikupljanje, obrada i analiza prikupljenih podataka vezanih za zaštitu prirode čiji sastavni dio je i georaznolikost. Od osnutka 2003. godine Državni zavod za zaštitu prirode vrednovao je i izradio stručne podloge

za zaštitu 5 geolokaliteta (Crnika, Špilja u kamenolomu Tounj i špilja Tounjčica, Jama Vrtare male, Brbiščica i Gorjanovićev proporni profil u Vukovaru), jedno stručno obrazloženje za zaštitu minerala (Kamene kugle) i jedno za zaštitu fosila dinosaure (DZZP, 2015). Uprava za zaštitu prirode obavlja upravne i stručne poslove zaštite prirode, izdaje rješenja i/ili suglasnost za zaštitu područja te je 2011. godine zaštitila Kamene kugle iz Općine Pojezerje kao zaštićeni mineral (MZOIP, 2015). Javne ustanove za upravljanje zaštićenim dijelovima prirode nacionalnih parkova i parkova prirode te na županijskoj i lokalnoj razini upravljaju zaštićenim prirodnim vrijednostima kao i zaštićenom geobaštinom. One skrbe o očuvanju, istraživanjima, praćenju stanja, interpretaciji vrijednosti i edukaciji.

Sustav zaštite prirode uvažava georaznolikost i geobaštinu kao njegov sastavni dio, no pri provođenju zaštite i prikupljanju podataka nailazi se na mnogobrojne prepreke. Za sada ne postoji jedinstvena baza podataka o georaznolikosti stoga je potrebno razviti metodologiju za prikupljanje podataka kako bi se imao bolji uvid u postojeće vrijedne geolokalitete, te bi se pritom mogla realnije ocijeniti potreba za zaštitom. Za bolje očuvanje ali i što bolje upravljanje geobaštinom potrebno je izraditi kriterije za vrednovanje, preispitati potrebu za novim ili prilagođavanjem postojećih kategorija zaštite te započeti sa revizijom zaštićene geobaštine. Kvalitetnom interpretacijom vrijednosti, primjerom edukacijom te promocijom doprinosi se boljem razumijevanju geobaštine i njezinih vrijednosti u zaštiti prirode.

Zaključno se može reći da je mali dio geobaštine očuvan, a za daljnje i sustavnije očuvanje postaje preduvjeti, ali uz brojne prepreke u provedbi.

Literatura:

- DZZP (2015): Baza podataka.
- GRAY, M. (2004): *Geodiversity: Valuing and conserving abiotic nature.*– John Wiley & Sons, Ltd.
- MZOIP (2015): Upisnik zaštićenih područja Zakon o zaštiti prirode (Narodne novine 80/13).
- ZWICKER, G., ŽEGER PLEŠE, I. & ZUPAN, I. (2008): Zaštićena geobaština Republike Hrvatske, Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb.

SADRŽAJ – CONTENTS

<i>Repetitio est mater studiorum: Do the orogeneses repeat their P-T patterns through the metamorphism in the Slavonian Mts. (Tisia Mega-Unit)?</i>	3
<i>Repetitio est mater studiorum: Ponavljanju li orogeneze svoje P-T obrasce tijekom metamorfizma u Slavonskim planinama (Tisija)?</i>	
Dražen Balen, Iva Lihter & Zita Brigljević	
<i>Prošlost, sadašnjost i perspektive istraživanja ugljikovodika u RH</i>	5
<i>Past, present and perspectives of hydrocarbon exploration in Croatia</i>	
Lilit Cota	
<i>The wonder of peatlands: Archives of environmental changes and human impacts</i>	7
<i>Tresetišta: Arhiv promjena u okolišu i ljudskog utjecaja</i>	
Francois De Vleeschouwer	
<i>Kredno-paleogenski tsunamit na otoku Hvaru i paleomorfološka JZ ruba Jadranske karbonatne platforme s mogućim implikacijama na paleogeografiju zapadnog Tetisa</i>	8
<i>Cretaceous-Paleogene tsunami on the island of Hvar and paleomorphology of SW margin of the Adriatic Carbonate Platform with possible implications on the western Tethyan paleogeography</i>	
Tvrtko Korbar, Alessandro Montanari & Ladislav Fuček	
<i>Kartiranje prostornog rasporeda poroznosti u svrhu procjene kapaciteta geološkog uskladištenja ugljičnog dioksida u dubokim slanim vodonosnicima jugozapadnog dijela Panonskog bazena</i>	10
<i>The porosity distribution mapping to estimate the capacity of the CO₂ geological storage in deep saline aquifers of the south-western part of Pannonian basin</i>	
Bruno Saftić, Iva Kolenković, Marko Risek, Iva Tomljenović & Dario Arandia Krešić	
<i>Application of multiple polynomial regression and artificial neural network for identification of natural background and influence of mining and metallurgical activities</i>	12
<i>Primjena multiple polinomske regresije i umjetne inteligencije za prepoznavanje prirodnih distribucija i utjecaja rudarskih i metalurških djelatnosti</i>	
Jasminka Alijagić & Robert Šajn	
<i>Lito-, bio- i kemostratigrafija naslaga donjega trijasa Vanjskih Dinarida (Plavno, Hrvatska)</i>	14
<i>Early Triassic litho- bio- and chemostratigraphy in the External Dinarides (Plavno, Croatia)</i>	
Dunja Aljinović, Tea-Kolar Jurkovšek, Micha Horacek, Sylvain Richoz, Leopold Krystyn, Duje Smirčić & Bogdan Jurkovšek	
<i>Mikropetrografske karakteristike mikrobijalnih sedimenata na granici perm-trijas (Vanjski Dinaridi, Slovenije i Hrvatske)</i>	16
<i>Characteristics of microbialites at Permian-Triassic boundary (The External Dinarides of Slovenia and Croatia)</i>	
Dunja Aljinović, Tea Kolar-Jurkovšek, Bogdan Jurkovšek, Duje Smirčić, Galina Nestell & Kristijan Širić	
<i>Egerske i srednjemiocenske naslage u području rijeke Sutle</i>	17
<i>Egerian and Middle Miocene sediments in the area of the Sutla River</i>	
Radovan Avanić, Anita Grizelj, Mirjana Miknić, Lara Wacha, Koraljka Bakrač, Ines Galović, Tomislav Kurečić & Monika Špišić	
<i>Evidence of sapropel S1 formation from Holocene lacustrine sequences in Northern Dalmatia (Vrana Lake)</i>	19
<i>Dokazi formiranja sapropela S1 unutar holocenskih jezerskih sekvenci sjeverne Dalmacije (Vransko jezero)</i>	
Koraljka Bakrač, Nikolina Ilijanić, Miko Slobodan & Ozren Hasan	

Procjena rizika od pojave klizišta primjenom GIS-a: brza cesta Varaždin-Krapina GIS based landslide risk assessment: Varaždin-Krapina motorway	21
Nikolina Bakšić, Alen Berta & Višnja Šteko	
Infrared study of O-H stretching region in the nodular and disseminated dravite-schorl series tourmalines from Moslavačka gora (Croatia)	22
Infracrveni spektri O-H vibracijskog područja nodularnog i diseminiranog turmalina dravit-schorl serije iz Moslavačke gore	
Dražen Balen, Zorica Petrinec & Valentina Juranić	
Neogene marine mammals from Vranić sand deposit Neogenski marinski sisavci iz pjeskokopa Vranić	24
Adriano Banak, Martina Đuras, Radovan Avanić, Anita Grizelj & Hrvoje Posilović	
Loess vs. Loess – like sediment, similarities and differences Prapor i lesoliki sediment, sličnosti i razlike	25
Adriano Banak	
Application of X-ray computed tomography (CT) in core sample analysis Primjena CT-a u analizi uzoraka jezgri	26
Adriano Banak, Kosta Urumović & Borna Lužar – Oberiter	
RoofOfRock project: Limestone as the common denominator of natural and cultural heritage along the karstified part of the Adriatic coast – the results from Herzegovina project area RoofOfRock projekt: Vapnenac kao zajednički nazivnik prirodne i kulturne baštine krškog pojasa Jadrana – rezultati iz projektnog područja Hercegovine	27
Uroš Barudžija, Goran Glamuzina, Alojz Filipović, Zoran Prusina, Vedad Demir & Radoslav Dodig	
Metamorfne stijene facijesa plavih škriljavca na Medvednici (SZ Hrvatska) Metamorphic rocks of the blueschist facies on the Medvednica Mt. (NW Croatia)	29
Mirko Belak & Vesnica Garašić	
Geokemijske karakteristike barita i klastičnih stijena Petrove gore Geochemical characteristics of barite and clastic rocks of Petrova Gora mountain	30
Šime Bilić & Vesnica Garašić	
Geokemijsko modeliranje istražnog područja „Sava 3D ekstenzija“ Geochemical modelling of the “Sava 3D extension” exploration area	31
Snježana Blažeković Smožić, Rajko Perica & Filip Presečki	
Geološko-geomorfološki uvjeti razvoja krša u području Dunjaka (općina Vojnić) Geological and geomorphological conditions for karst development in the area of Dunjak (Vojnić municipality)	33
Neven Bočić, Maša Paić, Uroš Barudžija & Neven Šuica	
Geomorfološki značaj okršenih dolina na krškim zaravnima, primjer Unsko-koranske zaravni Geomorphological significance of the karstified valleys on a karst plateaus, example of the Una – Korana plateau	34
Neven Bočić, Mladen Pahernik & Andrej Mihevc	
Evidence of Permian rifting magmatism within the Adria basement: $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ ages, geochemistry and EMPA of the South Adriatic magmatic islets	35
Dokazi o permskom riftnom magmatizmu unutar podloge Adria ploče: $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ starosti, geokemija i elektronska mikroproba južnih jadranskih magmatskih otoka	
Sibila Borojević Šoštarić, Franz Neubauer, Ladislav A. Palinkaš, Ivan Razum, Manfred Bernroider & Johann Genser	

GeoMapping project: mapping shallow geothermal potential in Croatia	37
Projekt GeoMapping: kartiranje plitkog geotermalnog potencijala u Hrvatskoj	
Staša Borović, Vladimir Soldo, Josip Terzić, Leon Lepoša, Kosta Urumović, Luka Boban, Marino Grozdek, Miroslav Ruševljan & Marko Mandić	
Cenomanian-Turonian Boundary in the Northwestern Part of the Adriatic Carbonate Platform (Ćićarija Mtn., Istria, Croatia): Characteristics and Implications	39
Granica cenoman-turon u sjeverozapadnom dijelu Jadranske karbonatne platforme (Ćićarija, Istra, Hrvatska): svojstva i implikacije	
Vlatko Brčić, Bosiljka Glumac, Anita Grizelj, Ladislav Fuček, Hrvoje Posilović, Marija Horvat & Vedran Mihelj	
Utjecaj intenzivnog crpljenja podzemne vode na ekosustave smještene između Koprivnice i Đurđevca	41
Effect of intensive groundwater abstraction on the ecosystems located between Koprivnica and Đurđevac	
Željka Brkić, Ozren Larva, Maja Briški & Tamara Marković	
Micropalaeontological and geochemical record of Holocene salt-marsh and marine stages in submerged sinkholes (Osor, Island of Cres)	43
Mikropaleontološki i geokemijski zapis izmjene morskih i slano-močvarnih okoliša tijekom holocena u potopljenim vrtačama (Osor, Cres)	
Dea Brunović, Slobodan Miko, Nikolina Ilijanić, Valentina Hajek Tadesse, Ozren Hasan, Ivan Razum, Koraljka Bakrač & Martina Šparica Miko	
Seismo-stratigraphic and sedimentologic analysis of Upper Miocene oil and gas fields in Kalinovac	45
Seismo-stratigraphy and sedimentology of Upper Miocene succession in Molve, Gola, Ferdinandovac and Kalinovac oil and gas fields	
Kristina Čikeš, Željka Marić-Đureković, Srebrenka Matej & Vesna Hrženjak	
The benthic foraminifera <i>Rectochrysalidina Gusici n. gen., n. sp.</i> (family Chrysalidinidae Neagu, 1968) from the Lower Campanian of Brač Island, Croatia	47
Bentička foraminifera <i>Rectochrysalidina Gusici n. gen., n. sp.</i> (porodica Chrysalidinidae Neagu, 1968) iz donjokampanskih naslaga otoka Brača, Hrvatska	
Blanka Cvetko Tešović & Felix Schlagintweit	
Newly discovered benthic foraminifera from the Lower Campanian of Brač Island, Croatia	48
Nove bentičke foraminifere otkrivene u donjokampanskim naslagama otoka Brača, Hrvatska	
Blanka Cvetko Tešović & Felix Schlagintweit	
Clockwise rotation in the Serbian segment of the Vardar Zone and in the Danubicum of Eastern Serbia – tectonic implication	50
Rotacija u smjeru kazaljke na satu u srpskom segmentu Vardarske zone i u Danubicum-u istočne Srbije – tektonska implikacija	
Vesna Cvetkov, Emő Márton, Vesna Lesić & Dragana Tomić	
Depth estimation of archeological objects using Euler 3D deconvolution of magnetic data	51
Procjena dubine arheoloških artefakata pomoću 3D dekonvolucije magnetskih podataka	
Vesna Cvetkov, Ilija Vasiljević & Mirko Petković	
Development of a sustainable Minerals Intelligence Network for Europe	52
Razvoj održive Europske mreže podataka o mineralnim sirovinama	
Željko Dedić & Boris Kruk	
Mineral Resources of Croatia in view of the European projects (Snap-See and Min4EU)	53
Mineralne sirovine Hrvatske u okviru europskih projekata (Snap-See and Min4EU)	
Željko Dedić, Boris Kruk & Ljiljana Kruk	

The Sustainable Aggregates Planning in South East Europe	55
Održivo planiranje kamenih agregata u Jugoistočnoj Europi	
Željko Dedić, Slobodan Miko, Zoltán Horváth & Katalin Sári	
Hidraulička svojstva pripovršinskih naslaga Podравine	56
Hydraulic properties of shallow subsurface deposits in Podravina	
Željko Duić & Branko Hlevnjak	
Prilozi poznavanju tektonskog kontakta Tisije i Vardarske zone	58
Towards the understanding of tectonic contact Tisza Mega-unit and Vardar Zone	
Ivan Dulić, Milena Dunčić, Alan Vranjković, Olivera Popov, Goran Bogičević & Janko Sovilj	
Preliminarna istraživanja miocen-pliocenskih progradacijskih serija jugoistočnog dijela panonskog bazena	60
Preliminary study of Miocene-Pliocene progradational series from southeastern part of Pannonian Basin	
Ivan Dulić, Alan Vranjković, Goran Bogičević, Majda Pađen & Marina Galamboš	
Relation of lithified terra rossa-like infillings in limestone cracks and cavities to red paleosols on limestone at the base of the loess sequence on Susak: a high-resolution depth and chronological approach	62
Odnos litificiranih ispuna sličnih terra rossi u pukotinama i šupljinama vapnenaca i crvenih paleotala na vapnencima u najdonjem dijelu lesne sekvene na Susku: dubinski i kronološki pristup visoke rezolucije	
Goran Durn, Lara Wacha, Manfred Frechen, Christian Rolf, Neven Tadej, Mateja Sedak, Sumiko Tsukamoto, Vedran Rubinić & Stjepan Husnjak	
The influence of Fe-oxides and organic matter on aggregation and surface physico-chemical properties of terra rossa and leptosol	63
Utjecaj Fe-oksida i organske tvari na agregaciju i površinsko fizikalno-kemijske značajke Terra rosse i leptosola	
Goran Durn, Ivan Sondi, Nuša Cukrov, Srečo D. Škapin & Neda Vdović	
Fosilna preslica <i>Equisetites</i> sp. s lokaliteta Modrino Selo	64
Fossil horse-tail <i>Equisetites</i> sp. from Modrino Selo locality	
Tamara Đerek & Sanja Japundžić	
The influence of petrographic characteristics on polished stone value for dolerite-gabbro aggregates from Serbia	66
Utjecaj petrografske obilježja na vrijednost poliranog kamena za aggregate dolerita-gabra iz Srbije	
Olivera Đokić, Kristina Šarić, Vesna Matović, Suzana Erić, Nikola Vuković & Vladica Cvetković	
Preliminarni inventar klizišta u Vinodolskoj dolini	67
Preliminary Landslide Inventory in the Vinodol Valley	
Petra Đomlja, Čedomir Benac & Snježana Mihalić Arbanas	
Revitalizacija pruge na željezničkom koridoru Vc, dionica Doboј – granica Republike Srpske/Federacije Bosne i Hercegovine	69
Rehabilitation stripe railway corridor Vc, section Doboј – boundaries of Republic of Srpska/Federation of Bosnia and Herzegovina	
Nedo Đurić	
Promjene okoliša u donjem dijelu doline rijeke Mirne (Istra) tijekom holocena	71
Environmental changes in the lower Mirna River valley (Istria) during Holocene	
Igor Felja, Alessandro Fontana, Stefano Furlani, Vlasta Čosović, Zlatan Bajraktarević & Mladen Juračić	
Porijeklo i sastav sedimenata Novigradskog i Karinskog mora	72
The origin and composition of sediments of Novigrad and Karin Sea	
Željka Fiket, Kristina Pikelj, Željka Žigovečki Gobac, Vladimir Bermanec & Goran Kniewald	

Inženjerskogeološke karakteristike stijenske mase tunela Chenani-Nashri u Indiji Engineering geological characteristics of rockmass in Chenani Nashri tunnel project Marina Filipović & Anton Filipović	74
Trasiranje podzemnih tokova u dinaridskom kršu naftionatom i „slučajno“ trasiranje solju Groundwater tracing experiment in Dinaric karst using naphtionate and “surprise” tracing by salt Tihomir Frangen, Josip Terzić & Goran Kresnik	76
Pelagički karbonati matrihta do paleogena otoka Sv. Andrija – Svetac (srednji Jadran) Pelagic Maastrichtian to Paleogene carbonates on the island of St. Andrija – Svetac (Central Adriatic) Ladislav Fuček, Vlasta Premec Fuček, Nenad Oštrić & Tvrko Korbar	78
Osnovna geološka karta Republike Hrvatske M1:50 000 Cres i Lošinj Basic Geological Map of the Republic of Croatia 1:50 000 the Island of Cres and Lošinj Ladislav Fuček, Dubravko Matičec, Igor Vlahović, Nenad Oštrić, Božo Prtoljan, Tvrko Korbar, Antun Husinec & Boško Korolija	80
Interpretacija 3D seizmike i seizmička karakterizacija miocenskih breča na poljima Obod-Lacići i Kućanci-Kapelna Interpretation of 3D seismic and seismic characterization of Miocene breccias on Obod-Lacići and Kućanci-Kapelna field Igor Futivić, Vlatko Bilić-Subašić & Željka Sladović	82
Dijatomiti u Hrvatskoj: njihov potencijal kao prirodni insekticid Diatomite in Croatia: Their Potential as Natural Insecticide Ines Galović, Josip Halamić, Vlatka Rozman, Zlatko Korunić, Anita Liška, Renata Baličević & Pavo Lucić	83
Muscovite micro textures as a clue for interpretation of sediment transport Mikrotekture muskovita kao ključ pri interpretaciji transporta sedimenta Lidija Galović & Hrvoje Posilović	85
Aktivnosti Odsjeka za zaštitu geološke baštine Activities of the Geoheritage Protection Section Lidija Galović & Marija Bošnjak Makovec	87
Dynamics of the Vrgoračko polje Quaternary sedimentation Dinamika sedimentacije kvarternih sedimenata u Vrgoračkom polju Lidija Galović & Hrvoje Posilović	88
Inženjerskogeološko kartiranje tunela „Omiš“ Engineering geological mapping in the tunnel “Omiš” Davor Garašić & Mladen Garašić	90
Neki speleološki objekti u Zračnoj luci Dubrovnik Some Caves at Dubrovnik airport Mladen Garašić & Davor Garašić	92
Petrology and first U-Pb Zircon Age of Metarhyolite from the Vranica Mt., The Mid-Bosnian Schist Mountains Petrologija i prva U-Pb na cirkonu određena starost metariolita Vranice planine, Srednjebosanske škriljave planine Vesnica Garašić, Ivan Jurković(†), Boško Lugović(†) & Hazim Hrvatović	95
Middle Triassic radiolarians from Mt. Svilaja (External Dinarides, Croatia) Srednjetrijaska radiolarijska fauna Svilaje (Vanjski Dinaridi, Hrvatska) Špela Goričan, Tea Kolar-Jurkovšek, Bogdan Jurkovšek & Dunja Aljinović	97

Biostratigrafija srednjeg i gornjeg trijasa Velebita i Like na temelju vapnenačkih alga i foraminifera	99
Middle and Upper Triassic biostratigraphy of Velebit Mt. and Lika (Croatia) based on calcareous algae and foraminifera	
Tonći Grgasović & Branko Sokač	
Geologija za planinare	102
Geology for mountaineers	
Tonći Grgasović	
Procjena utjecaja sekundarnih defekata karbonatnih materijala na njihovu jednoosnu tlačnu čvrstoću	103
Evaluation of secondary defects on uniaxial compressive strength in carbonate materials	
Vlatko Gulam, Davor Pollak & Tomislav Novosel	
Evaluating Holocene environmental changes using magnetic and geochemical proxies of marine sediments of Novigradsko more catchment	105
Utvrdjivanje okolišnih promjena tijekom holocena pomoću magnetskih i geokemijskih posrednih pokazatelja u morskim sedimentima sliva Novigradskog mora	
Ozren Hasan, Nikolina Ilijanić, Slobodan Miko, Barbara Maher & Martina Šparica Miko	
Holocene palaeo-environmental reconstruction of the Novigradsko more catchment	107
Paleookolišna rekonstrukcija sliva Novigradskog mora tijekom holocena	
Ozren Hasan, Slobodan Miko, Nikolina Ilijanić, Martina Šparica Miko, Koraljka Bakrač & Dea Brunović	
Biostratigraphy and lithology of the Upper Cretaceous and Paleogene of the Eastern Mediterranean region	109
Biostratigrafija i litologija gornje krede i paleogenog područja istočnog Mediterana	
Morana Hernitz Kučenjak, Vlasta Premec Fućek, Gabrijela Pecimotika, Vladimir Veseli, Ivan A. Mesić & Renata Slavković	
Magmatic formation/intrusion age of monzogranite from Omanovac Quarry, Psunj Mt., Croatia	111
Vrijeme intruzije monzogranita Psunja, kamenolom Omanovac, Hrvatska	
Marija Horvat, Urs Klötzli, Eva Klötzli, Domagoj Jamičić & György Buda	
Holocene environmental changes in Baćina lakes	113
Holocenske okolišne promjene u Baćinskim jezerima	
Nikolina Ilijanić, Slobodan Miko, Ozren Hasan, Koraljka Bakrač & Valentina Hajek-Tadesse	
Lake Vrana (the Island of Cres) paleolimnology during the Late Pleistocene/Holocene	114
Paleolimnologija Vranskog jezera (otok Cres) tijekom kasnog pleistocena/holocena	
Nikolina Ilijanić, Slobodan Miko, Ozren Hasan, Koraljka Bakrač, Valentina Hajek-Tadesse & Ines Galović	
Magnetic properties of the lake sediments along the eastern Adriatic coast	115
Magnetska svojstva jezerskih sedimenata istočne jadranske obale	
Nikolina Ilijanić, Barbara Maher, Slobodan Miko & Ozren Hasan	
Visualisation and interpretation of the mineralogical data from the boreholes in Quaternary deposits of the southern part of the Pannonian Basin System, by using multivariate statistics combined with volume interpolation	117
Vizualizacija i interpretacija mineraloških podataka iz bušotina kvartarnih sedimenata južnog dijela Panonskog bazenskog sustava, alatima multivarijatne statističke analize i interpolacije volumena	
Danijel Ivanišević, Lidija Galović, Marija Horvat & Lara Wacha	
Nova pelsonijska (srednji anizik) cefalopodna fauna s područja „<i>Triplex Confinium</i>“* (Poštak, Gologlav, Orlovica), južna Hrvatska	119
New Pelsonian (Middle Anisian) cephalopod fauna from „ <i>Triplex Confinium</i> “* area (Poštak, Gologlav, Orlovica), south Croatia	
Dražen Japundžić, Nediljka Prlj-Šimić, Katarina Krizmanić & Zoran Cuković	

Prvi nalaz fosilnog kukca iz porodice Sciaridae (Diptera, Nematocera) u srednjemiocenskim naslagama Radoboja (Hrvatska)	121
The first fossil insect record of the family Sciaridae (Diptera, Nematocera) in the Middle Miocene sediments of Radoboj (Croatia)	
Dražen Japundžić, Katarina Krizmanić & Enrih Merdić	
Fosilno pero iz srednjomiocenskih naslaga lokaliteta Bukova glava (Našice, Hrvatska)	122
Fossil feather from the Middle Miocene deposits of Bukova glava locality (Našice, Croatia)	
Sanja Japundžić, Marija Bošnjak Makovec, Davor Vrsaljko, Željko Bortek & Jasenka Sremac	
Novi nalazi vrste <i>Callionymus macrocephalus</i> GORJANOVIĆ-KRAMBERGER (Pisces, Callionymidae) iz srednjeg miocena Radoboja	124
New findings of <i>Callionymus macrocephalus</i> GORJANOVIĆ-KRAMBERGER (Pisces, Callionymidae) from the Middle Miocene of Radoboj	
Sanja Japundžić & Dražen Japundžić	
Litostratigrafija kolektorskih stijena ležišta ugljikovodika „Pz+Sm“ Kikinda-Varoš	125
Lithostratigraphy of Reservoir Rocks of the „Pz+Sm“ Reservoir at Kikinda-Varoš	
Radmilo Jovanović	
Prirodne varijacije raspodjele elemenata u sedimentnoj jezgri iz Malostonskog zaljeva	127
Natural variations of element distribution in the sediment core from the Mali Ston Bay	
Mladen Juračić, Igor Felja, Helena Bakić, Maja Romić & Davor Romić	
Upotreba rentgenske tomografske mikroskopije za rekonstrukciju konodontnog aparata <i>Pseudofurnishius murchianus</i> VAN DEN BOOGAARD iz srednjeg trijasa Slovenije	128
Use of X-ray tomographic microscopy for reconstruction of the conodont apparatus <i>Pseudofurnishius murchianus</i> VAN DEN BOOGAARD from the Middle Triassic of Slovenia	
Tea Kolar-Jurkovšek, Carlos Martínez-Pérez, Pablo Plasencia, Philip C.J. Donoghue & Bogdan Jurkovšek	
Brahiopodna fauna iz srednjega trijasa Svilaje (Vanjski Dinaridi, Hrvatska)	129
Brachiopod fauna from the Middle Triassic of Mt. Svilaja (Outer Dinarides, Croatia)	
Tea Kolar-Jurkovšek, Adam T. Halamski, Maria Aleksandra Bitner, Andrzej Kaim & Bogdan Jurkovšek	
Geothermal potential of the Daruvar spa wider area	130
Geotermalni potencijal šireg prostora Daruvarskih toplica	
Slobodan Kolbah, Mladen Škrlec, Staša Borović & Kosta Urumović	
Pločasti vapnenci jadranskog pojasa Dinarskoga krša	132
Platy limestones in the Adriatic belt of the Dinaric karst region	
Tvrtko Korbar, Jernej Jež, Goran Glamuzina, Ladislav Fuček, Bogdan Jurkovšek, Dubravko Matičec, Uroš Barudžija, Matija Krivic & Nenad Kurtanek	
Bauxites in Croatia – mineral resources and beyond	134
Boksiti u Hrvatskoj – više od rudnog bogatstva	
Erli Kovačević Galović & Zoran Peh	
Granica srednjeg i gornjeg miocena (sarmat/panon) u Središnjem Paratetisu (lokalitet Vranović, Slavonija)	136
The Middle/Upper Miocene (Sarmatian/Pannonian) Boundary in Central Paratethys (Vranović locality, Slavonija)	
Marijan Kovačić, Stjepan Čorić, Frane Marković, Đurđica Pezelj, Koraljka Bakrač, Valentina Hajek-Tadesse, Davor Vrsaljko, Marija Bošnjak Makovec, Štefica Kampić, Andelika Ritossa & Željko Bortek	
Provenijencija pleistocenskih sedimenata podmorja istočnog Jadrana	138
The provenance of Pleistocene deposits of eastern part of the Adriatic subsea	
Marijan Kovačić, Vlatka Vaniček, Zoran Peh & Mirja Pavić	

Što hrvatska geologija „duguje“ Muzeju, a što Muzej geologiji?	140
What Croatian geology “owes” to the Museum, what the Museum “owes” to geology?	
Katarina Krizmanić, Dražen Japundžić & Nediljka Prlj Šimić	
Palinološka i mikropaleontološka zajednica sarmata iz bušotina zapadnog dijela Savske potoline	142
Palynological and micropalaeontological Sarmatian assemblages from wells in the western part of the Sava Depression	
Krešimir Krizmanić & Morana Hernitz Kučenjak	
Bronze Age pottery in NW Croatia – raw materials and technology	144
Brončanodobno lončarstvo u SZ Hrvatskoj – sirovine i tehnologija	
Andreja Kudelić, Marta Mileusnić, Adriana Grzunov, Karin Wriessnig, Maria Mayrhofer & Franz Ottner	
Seismic facies analysis of Pliocene fluvial channels: approaches and results	145
Seizmička facijesna analiza pliocenskih fluvijalnih kanala: pristupi i rezultati	
Jordan Kukavica, Jelena Tanasković & Tatiana Olneva	
Jurassic – Cretaceous stratigraphy of the Bohinj area (eastern Julian Alps, NW Slovenia) and its correlation with the Central Dinarides	147
Jurski – donjokredni stratigrafski slijed okolice Bohinja (Julijanske Alpe, SZ Slovenija) i njegove korelacija s Centralnim Dinaridima	
Duje Kukoč & Špela Goričan	
Mineraloška i geokemijska obilježja pliocenskih sedimenata s područja Vukomeričkih gorica	149
Mineralogical and geochemical characteristics of Pliocene sediments from the area of Vukomeričke Gorice	
Tomislav Kurečić & Anita Grizelj	
Primjena LIDAR-a i fotogrametrije u kartiranju otisaka stopala dinosaura	151
Application of LIDAR and photogrammetry for mapping of dinosaur tracksites	
Borna Lužar-Oberiter, Branko Kordić & Aleksandar Mezga	
Kriteriji determinacije sarmatskih naslaga u odabranim istraživačkim bušotinama Savske depresije	154
Criteria for determination of Sarmatian sediments in selected exploratory wells in Sava Depression	
Ana Majstorović Bušić, Jasenka Sremac, Josipa Velić & Tomislav Malvić	
Benkovački prirodni kamen i njegova mikrofiziografska svojstva	156
Benkovac natural stone and its microphysiographic properties	
Ana Maričić, Anja Đukan & Dunja Aljinović	
Measurements of δD and $\delta^{18}O$ in water samples using cavity ring down spectrometry: test area of DRINKADRIA project	158
Mjerenja omjera stabilnih izotopa δD i $\delta^{18}O$ u uzorcima vode metodom prstenaste spektrometrije: test područje DRINKADRIA projekta	
Tamara Marković, Helena Čučuzović & Jasmina Lukač Reberski	
Primjena karotažnih mjerena u praćenju utiskivanja CO_2 i stanja bušotina na projektima EOR-a	160
Application of wire-line logging for CO_2 injection monitoring and well integrity during EOR projects	
Josipa Marković & Zdravko Kosovec	
Lithofacies, biostratigraphy and discontinuity surfaces recorded in deposits across the Pliensbachian–Toarcian transition (Lower Jurassic) in southern Lika and Velebit Mt. (Croatia)	162
Litofacijesi, biostratigrafija i površine prekida taloženja u naslagama na prijelazu plinzbah–toarcij (donja jura) na područjima južne Like i Velebita (Hrvatska)	
Maja Martinuš & Damir Bucković	

The mud mounds in Promina Beds, area of Lišane Ostrovičke (northern Dalmatia)	164
Muljni humci u Prominskim naslagama Lišana Ostrovičkih (sjeverna Dalmacija)	
Ivana Maruščak, Vlasta Čosović, Goran Mikša & Ervin Mrnjek	
Mohovo – novo <i>in situ</i> nalazište vunastog mamuta (<i>Mammuthus primigenius</i> BLUMENBACH) u Hrvatskoj	166
Mohovo – new <i>in situ</i> woolly mammoth (<i>Mammuthus primigenius</i> BLUMENBACH) site in Croatia	
Jadranka Mauch Lenardić & Dražen Japundžić	
Newly discovered dinosaur tracksite on the Islet of Vrsar (Brijuni Archipelago)	168
Novootkriveno nalazište otiska stopala dinosaure na otočiću Vrsar (Brijunsko otočje)	
Aleksandar Mezga, Jan Hinkelmaan, Zlatan Bajraktarević & Blanka Cvetko Tešović	
New dinosaur trackway in the Late Jurassic of Kirmenjak Quarry (Istria)	170
Nova staza kretanja dinosaure u mladoj juri kamenoloma Kirmenjak (Istra)	
Aleksandar Mezga, Filip Šantak & Blanka Cvetko Tešović	
Pleistocensko nalazište „jama Vrtare male“ kod Dramlja (Crikvenica), Hrvatska	172
The Pleistocene site “Vrtare Male pit” near Dramalj (Crikvenica), Croatia	
Kazimir Miculinić, Dražen Japundžić & Tea Rosić	
Značaj strukturne bušotine T-300 u Zagrebu	173
Significance of structural borehole T-300 in Zagreb	
Željko Miklin, Tomislav Novosel, Renato Buljan & Petra Kosorić	
Sanacija tvrđave „Minčeta“	175
Rehabilitation of the fortress “Minčeta”	
Željko Miklin, Stjepan Strelec, Kristijan Grabar & Tomislav Novosel	
2400-year multi-proxy reconstruction of environmental change: the Blue Lake (Modro jezero, Imotski) sediment record	177
Rekonstrukcija promjena u okolišu tijekom posljednjih 2400 godina: Zapis sedimenata Modrog jezera kod Imotskog	
Slobodan Miko, Nikolina Ilijanić, Anja Jarić, Tomislav Brenko, Ozren Hasan, Martina Šparica Miko, Helena Čučuzović & Andrej Stroj	
Submerged Landscapes along the Coast of Croatia: Marine and Lacustrine Sediment Records of Environmental Change (LoLADRIA project)	179
Potopljeni priobalni krajolici Hrvatske: zapisi promjena u okolišu morskih i jezerskih sedimenata (projekt LoLADRIA)	
Slobodan Miko, Nikolina Ilijanić, Ozren Hasan, George Papatheodorou, Koraljka Bakrač, Ivan Razum, Valentina Hajek-Tadesse, Dimitris Christodoulou, Martina Šparica Miko, Helena Čučuzović, Saša Mesić, Dea Brunović & Margarita Iatrou	
Bilobed trails from the Late Jurassic limestones of Kirmenjak Quarry, Istria	180
Dvorežnasti tragovi u gornjojurskim vapnencima kamenoloma Kirmenjak (Istra)?	
Goran Mikša & Aleksandar Mezga	
Pottery production in prehistoric cultures of Croatian and Austrian Danube regions	182
Lončarstvo u prapovijesnim kulturama na području hrvatskog i austrijskog Podunavlja	
Marta Mileusnić, Karin Wriessnig, Andreja Kudelić, Ina Miloglav, Adriana Grzunov, Franz Ottner, Maria Mayrhofer, Goran Durn & Sibila Borojević-Šoštarić	
Preliminary investigations of changes in pottery technology through prehistory on the tell site Damića gradina (Slavonia, Croatia)	183
Preliminarna istraživanja promjena u lončarskoj tehnologiji kroz prapovijest na lokalitetu tel Damića gradina (Slavonija, Hrvatska)	
Ina Miloglav, Marta Mileusnić, Adriana Grzunov, Karin Wriessnig, Maria Mayrhofer & Franz Ottner	

The effectiveness of 5D interpolation processing on irregular seismic surveys Efikasnost 5D interpolacije na seizmickim projektima nepravilne geometrije Snežana Milošević, Violeta Nižić Jorović & Eduard Koshkarov	184
Metasedimentne stijene s jugoistočnih padina Medvednice (Zagorje-Mid-Transdanubija zona, Hrvatska), zaključci iz istraživanja kloritoidnih škriljavaca Metasedimentary rocks from southeastern slopes of Mt. Medvednica, (Zagorje-Mid-Transdanubian zone, Croatia), conclusions from investigation of chloritoid schists Ivan Mišur, Mirko Belak, Dražen Balen & Urs Klötzli	187
Late Eocene to Late Miocene tectono-magmatic events within the Internal Dinarides revealed by the study of brittle tectonics and magmatism in the Kopaonik Mts. (Southern Serbia) Gornjoeocenski do gornjomiocenski tektono-magnatski događaji u Internim Dinariđima na osnovu studije veze tektonike i magmatizma na Kopaoniku (južna Srbija) Ana Mladenović, Branislav Trivić & Vladica Cvetković	189
Rudistne litosome unutar plitkovodnih gornjokrednih vapnenaca u području južne Istre Rudist lithosomes in the Upper Cretaceous shallow-water limestones of southern Istria Alan Moro, Daniela Ruberti, Alceo Tarlao & Giorgio Tunis	191
Metode mjerena značajki diskontinuiteta i modeliranje diskretnе mreže pukotina za procijenu in-situ raspodjele veličine blokova u stijenskim masama Methods of measuring discontinuities properties and modeling discrete fracture network for assessment of in-situ block size distribution in rock masses Dražen Navratil	192
Limestone as the common denominator of natural and cultural heritage along the karstified part of the Adriatic coast – Project RoofOfRock Vapnenac kao zajednički nazvinik prirodne i kulturne baštine krškog pojasa Jadrana – projekt RoofOfRock Matevž Novak, Miloš Bavec, Urša Šolc, Jernej Jež, Bogdan Jurkovšek, Tea Kolar-Jurkovšek, Duška Rokavec, Matija Krivic, Mitja Guštin, Franco Cucchi, Stefano Furlani, Stefano Devoto, Sara Biolchi, Karmen Peternelj, Tea Zubin, Tvrto Korbar, Ladislav Fuček, Uroš Barudžija & Goran Glamuzina	194
Experience in application of the conceptual models of the field developed by the company Gazprom Neft Iskustva u primjeni konceptualnih modela ležišta razvijenih od strane tvrtke Gazprom Neft Tatiana V. Olneva, Dmitrij V. Aleksandrov, Dmitrij A. Kuzmin & Svetlana A. Redina	196
Interpretation of southern margin of the Drmno Depression regarding of oil & gas potential (South Serbia) Interpretacija južnih rubova depresije Drmno u pogledu naftno-geološke potencijalnosti Tatiana Olneva & Dmitrij Kuzmin	198
Seismic interpretation approaches for searching new objects-satellites on the periphery of the existing oil-gas fields Pristupi seizmičke interpretacije u traženju novih satelitnih struktura na rubovima postojećih naftno-plinskih ležišta Tatiana Olneva & Janko Sovilj	200
Osnovna geološka karta Republike Hrvatske 1:50 000 – otok Hvar Basic Geological Map of the Republic of Croatia 1:50 000 - the Island of Hvar Nenad Oštrić, Ladislav Fuček, Božo Prtoljan, Vladimir Jelaska, Boško Korolija, Stanko Marinčić, Ivan Gušić, Tvrto Korbar, Antun Husinec & Marko Šparica	202
Hidrološka i hidrogeološka analiza sliva rijeke Korane na dionici između Slunja i Velemerića Hydrological and hydrogeological analysis of the Korana river catchment area between Slunj and Velemerić Jelena Parlov & Zoran Kovač	204

Hidrogeološka potencijalnost gorskih i prigorskih vodonosnika Žumberačkog i Samoborskog gorja s posebnim osvrtom na zalihe podzemnih voda	206
Hydrogeological potential of mountain aquifers in Žumberak and Samoborsko gorje with special emphasis on groundwater reserves	
Ivica Pavičić, Ivan Dragičević, Davor Pavelić & Alan Vranjković	
Planktonic foraminiferal assemblages of the Late Cretaceous sediments (Southern Tethys Area)	208
Zajednica planktonskih foraminifera gornjokrednih naslaga (južni Tetis)	
Gabrijela Pecimotika, Blanka Cvetko Tešović, Vlasta Premec Fuček, Morana Hernitz Kučenjak & Renata Slavković	
Morphological changes of natural and artificial gravel beaches assessed by SfM photogrammetry: A Dugi Rat case study (Croatia)	210
Morfološke promjene prirodnih i umjetnih šljunčanih žala procijenjene primjenom SfM fotogrametrije: Studija slučaja Dugi Rat (Hrvatska)	
Kristina Pikelj, Suzana Ilić & Mike R. James	
Površinski sediment dna istočnog dijela Jadranskog mora (Hrvatska) – raspored, porijeklo i transport	212
Surface seabed sediment of the Eastern Adriatic Sea (Croatia) – distribution, origin and transport	
Kristina Pikelj & Mladen Juračić	
Inženjerskogeološko mikrozoniranje prema standardima Eurokoda 8 za zapadni dio Podsljemenske urbanizirane zone	214
Engineering geological zoning according to Eurocode 8 for the western part of Podsljeme urban area	
Laszlo Podolszki, Željko Miklin, Jasmina Martinčević Lazar, Josip Kolarčić & Ksenija Frbežar	
Geology of the Quarter in Macedonia	216
Geologija kvartara Makedonije	
Sanja Postolova, Emil Petrušev, Ivica Andov & Tanja Strezovska	
Tri potapanja Paleogenske Jadranske karbonatne platforme tijekom eocena (JI Slovenija, JZ Hrvatska-Istra) dokumentirana planktonskim foraminiferama	218
Three Eocene submersions of the Paleogene Adriatic Carbonate Platform (SE Slovenia, SW Croatia-Istria) based on planktonic foraminifera	
Vlasta Premec Fuček, Morana Hernitz Kučenjak, Katica Drobne, Haris Ibrahimpašić, Bogomir Celarc & Ladislav Placer	
Sedimentološke i palinofacijesne značajke gornjojurskih (oksford-kimeridž) naslaga jugoistočnog dijela Jadranske karbonatne platforme-Konavle	220
Sedimentological and palynofacies characteristics of the Oxfordian-Kimmeridgian southeastern Adriatic Platform carbonates, Konavle, Croatia	
Božo Prtoljan, Georg Koch & Antun Husinec	
The potential of Late Quaternary tephrostratigraphy and cryptotephrostratigraphy of the Eastern Adriatic coast	222
Potencijal kvartarne tefrostratigrafije i kriptotefrostratigrafije istočno jadranske obale	
Ivan Razum, Nikolina Ilijanić, Slobodan Miko & Ozren Hasan	
Holocene environments of Mljet Island: mineralogy and geochemistry of lake, marine, brackish and terrestrial sediments	224
Holocensi okoliši na otoku Mljetu: mineralogija i geokemija jezerskih, morskih, brakičnih i kopnenih sedimenata	
Ivan Razum, Nikolina Ilijanić, Slobodan Miko, Ozren Hasan, Valentina Hajek-Tadesse, Dea Brunović & Ursulla Rohl	
Archaeometry of Late Roman Pottery from Vinkovci: Thin-Section Petrography of Ceramic	226
Arheometrija kasnorimske keramike iz Vinkovaca: petrografija mikroskopskih preparata keramike	
Danijela Roksandić, Ladislav Palinkaš, Danijela Šmajgl & Zdravka Hincak	

Ponovno tumačenje dijela geofizičkih mjerjenja na istoku Savske depresije	227
Reinterpretation of the part of geophysical measurements in the east Sava Depression	
Tihana Ružić & Tomislav Malvić	
Laboratorijsko određivanje sorpcijskih izotermi i simulacija transporta bakra HYDRUS 1D modelom	229
Laboratory determination of sorption isotherms and simulation of copper transport using HYDRUS 1D model	
Stanko Ružičić, Tibor Marić, Marta Mileusnić & Kristijan Posavec	
Navlačni odnosi u središnjem dijelu Gorskog kotara	231
Nappe tectonics in the central part of the Gorski kotar area	
Marin Sečanj, Ivana Gudac, Bruno Tomljenović & Uroš Barudžija	
Hidrogeološke značajke izvorišta Kvrkulja i Dabrawine u Velikoj Kladuši, Bosna i Hercegovina	232
Hydrogeological characteristics of the sources Kvrkulja and Dabrawine in Velika Kladuša, Bosnia and Herzegovina	
Ferid Skopljak & Tatjana Vlahović	
Prvi nalaz boninitnih stijena u Hrvatskoj (Medvednica, SZ Hrvatska)	234
The first record of boninitic rocks in Croatia (Mt. Medvednica, NW Croatia)	
Damir Slovenec	
Quaternary continental sediments of Vojvodina (North Serbia) – An overview	236
Kwartarni kontinentalni sedimenti Vojvodine (sjeverna Srbija) – pregled	
Petar Stejić	
Geotehnički istražni radovi i monitoring za potrebe sanacije klizišta na cesti Bastajski Brđani – Veliki Miletinac	238
Geotechnical investigations and monitoring for landslide remediation on the road Bastajski Brđani – Veliki Miletinac	
Stjepan Strelec, Kristijan Grabar, Željko Miklin & Jasmin Jug	
Geološki profil Jamskog sustava Lukina Jama–Trojama na Sjevernom Velebitu	240
Geologic cross-section along the Lukina jama–Trojama Cave system	
Andrej Stroj & Ivo Velić	
Rekonstrukcija paleoklimatskih varijabilnosti od OIS 5 do OIS 1 na temelju siga iz Manite peći (srednji Velebit)	242
Speleothem based reconstruction of palaeoclimate variability from OIS 5 to OIS 1 – study of Manita peć Cave (Central Velebit, Croatia)	
Maša Surić, Robert Lončarić, Nina Lončar, Nenad Buzjak, Petra Bajo, Russell N. Drysdale & John C. Hellstrom	
Popularizacija geologije u osnovnim i srednjim školama	243
Popularization of geology in primary and secondary schools	
Vicko Sviličić & Zvonko Bumber	
Geochemical properties of soil and attic dust around the Bor open pit and Cu smelter, Serbia	245
Geokemijska svojstva tala i tavanske prašine u okolini površinskog kopa i topionice bakra Bor, Srbija	
Robert Šajn, Trajče Stafilov & Suzana Erić	
Krški reljefni oblici otoka Krka	247
Karst landforms on Krk island	
Ela Šegina, Čedomir Benac & Martin Knez	
Using multivariate statistics for clarifying the element sources in soil in the area of Sisak, Croatia	249
Upotreba multivarijantne statistike za određivanje porijekla elemenata u tlu na području Siska, Hrvatska	
Ajka Šorša, Goran Durn, Josip Halamić, Stjepan Husnjak, Vesnica Garašić & Marta Mileusnić	

Karakterizacija antropogenih čestica iz recentnih sedimenata savskog aluvija područja Jakuševca, Zagreb Characterization of anthropogenic particles from recent sediments of Sava alluvium in the Jakuševac area, Zagreb	251
Marin Šoufek, Ivan Razum, Snježana Mikulčić Pavlaković, Darko Tibljaš & Marta Crnjaković	
Eocensi karbonatni mikrofacijesi Dinarskog predgorskog bazena sjeverne Dalmacije The Eocene carbonate facies of the Dinaric foreland basin in the northern Dalmatia	253
Jelena Španiček, Vlasta Čosović & Ervin Mrnjek	
Arheološki lokalitet Sv. Kvirin kao jedan od izvora onečišćenja tla olovom (Sisak, Hrvatska) Archaeological site St. Kvirin as one of the lead sources for soil pollution (Sisak, Croatia)	255
Rosana Škrugulja, Josip Halamić & Ajka Šorša	
Geološka i geomorfološka obilježja špiljskog sustava Matešićeva – Popovačka špilja kod Slunja Geological and geomorphological features of Matešićeva – Popovačka cave system near Slunj	257
Neven Šuica, Neven Bočić, Uroš Barudžija & Maša Paić	
Preliminarna geoarheološka istraživanja na lokalitetu Viničica kod Josipdola (Hrvatska) Preliminary geoarchaeological research of the Viničica site near Josipdol (Croatia)	258
Neven Šuica & Boris Olujić	
The occurrence of phosphate in the Lower Badennian deposits of Čepelovac-1S well in the western part of Drava Depression (Pannonian Basin, Croatia)	259
Pojava fosfata u donjobadenskim naslagama bušotine Čepelovac-1S u zapadnom dijelu Dravske potoline (Panonski bazen, Hrvatska)	
Sanja Šuica, Morana Hernitz Kučenjak, Ninoslav Sabol, Mario Matošević & Renata Slavković	
Preliminary Research Results of Granitoids from the Croatian part of the Pannonian Basin Basement Preliminarni rezultati istraživanja granitoida iz hrvatskog dijela podloge Panonskog bazena	261
Sanja Šuica & Vesnica Garašić	
Hidrogeološki odnosi dijela južne Dalmacije i Hercegovine Hydrogeological relations in part of south Dalmatia and Herzegovina	262
Josip Terzić, Jasmina Lukač Reberski, Tihomir Frangen, Josip Rubinić, Ivana Boljat & Hrvoje Burić	
Minerali glina u površinskom sedimentu istočnog dijela Jadranskog mora: raspored, porijeklo i transport Clay minerals in surface sediments of the eastern Adriatic Sea: distribution, origin and transport	264
Darko Tibljaš, Kristina Pikelj & Nina Trinajstić	
Possibilities of Utilization of Rock Mass in Natural Stone Deposits Mogućnosti iskorištenja stijenske mase u ležištima prirodnog kamena	266
Ivan Tomašić & Zrinka Vidović-Tisanić	
Organiski facijesi Dimić člana (Poštak, Hrvatska) Organic Facies of Dimići Member (Poštak Mt., Croatia)	268
Tamara Troskot-Čorbić, Vladimir Veseli, Igor Vlahović, Ivo Velić, Josipa Velić, Bruno Tomljenović, Lilit Cota & Goran Bejdic	
Ocjena metoda za izračun hidrauličke vodljivosti pijeska Evaluation of methods for calculating hydraulic conductivity of sand	270
Kosta Urumović, Željko Duić, Maja Briški & Qani Kadiri	
Pleistocensi taložni sustavi područja Jadranskog mora Pleistocene depositional systems of Adriatic sea	272
Vlatka Vaniček & Marijan Kovačić	

Vulkanoklastične stijene dubokih bušotina sjevernog Banata (Vojvodina, Srbija) Volcanoclastic rocks from deep wells of northern Banat (Vojvodina, Serbia)	274
Alan Vranjković, Predrag Cvijić, Vladislav Gajić, Olivera Popov, Goran Bogićević, Boriša Vučković, Branimir Šegvić & Marina Galamboš	
Novi nalazi srednjomiocenskih fosila s lokaliteta Bukova glava (Našice, Hrvatska) New Middle Miocene fossils from Bukova glava (Našice, Croatia)	276
Davor Vrsaljko, Sanja Japundžić, Marija Bošnjak Makovec, Željko Bortek & Jasenka Sremac	
Mineralogical characterization of Bronze Age Pottery from Hallstatt, Austria Mineraloška karakterizacija brončanodobne keramike iz Halštata, Austrija	278
Karin Wriessnig, Verena Schiffel, Maria Mayrhofer, Franz Ottner & Marta Mileusnic	
Beaverite as weathering product on waste rocks from the Pb-Zn mine Rudnik, Serbia Beaverit u jalovini iz olovno-cinčane rude Rudnika, Srbija	279
Alena Zdravković, Aleksandar Pačevski, Aleksandra Rosić, Kristina Šarić, Vesna Matović & Suzana Erić	
Očuvana geobaština Hrvatske- san ili java? Preserved Croatian geoheritage – dream or reality?	281
Irina Žeger Pleše & Gordana Zwicker Kompar	

POKROVITELJI – UNDER THE PATRONAGE OF:



Predsjednica Republike Hrvatske gospođa Kolinda Grabar-Kitarović
President of the Republic of Croatia Madam Kolinda Grabar-Kitarović



Ministarstvo znanosti, obrazovanja i sporta Republike Hrvatske
Ministry of Science, Education and Sports of the Republic of Croatia



REPUBLIKA HRVATSKA
MINISTARSTVO GOSPODARSTVA
REPUBLIC OF CROATIA
MINISTRY OF ECONOMY

POTPORA – SUPPORTED BY:



Ministarstvo znanosti, obrazovanja i sporta Republike Hrvatske
Ministry of Science, Education and Sports of the Republic of Croatia

DONATORI – DONORS:



šted banka d.d.

KAMEN d.d. PAZIN

52000 PAZIN, HRVATSKA
Trg slobode 2
www.kamen-pazin.hr
Tel: 00385 52 624 242
Fax: 00385 52 624 441

GROŽNjan **KORNERIJA**

LUCIA

KIRMenJAK - ORSERA

SELINA - GIALLO d'ISTRIA

KANFANAR - GIALLO d'ISTRIA

VINKURAN

VALTURA

TRST **SLO**

Cićarija **Rij**

Poreč **Baderna** **PAZIN** **Učka**

Rovinj **Kanfanar** **Bale**

Pula

0 10 20 km

Legend:

- EOCENE flysch
- EOCENE foraminiferous limestones
- CRETACEOUS upper Albian upper Santon
- CRETACOUS upper Aptian
- YURASSIC Malm (Kimmeridgian Oxfordian) Dodger (Bathonian)

SPONZORI – SPONSORS:



Hrvatsko geotehničko društvo
Berislavićeva 6, 10000 Zagreb
www.hgd-cgs.hr



Hrvatsko geotehničko društvo (HGD) osnovano je 27.01.2006. u Zagrebu spajanjem dvije nacionalne udruge koje su do tada samostalno djelovale: Hrvatske udruge za mehaniku tla i geotehničko inženjerstvo i Hrvatske udruge za mehaniku stijena. Osnivanje jedinstvene geotehničke udruge bilo je na tragu svjetskog trenda povezivanja triju međunarodnih sestrinskih udruga za mehaniku tla (ISSMGE), mehaniku stijena (ISRM), inženjersku geologiju (IAEG) i geosintetike (IGS) u FedIGS (Federation of the Geo-engineering Societies). HGD je dobrovoljna strukovna udruga članova koji se bave geotehnikom i drugim srodnim strukama. Udruga potiče suradnju među inženjerima i znanstvenicima radi unapređenja znanja na polju geotehnike i drugih srodnih struka, osigurava potporu članovima u njihovim strukovnim djelovanjima vezanim za geotehniku i druge sroдne struke, bavi se popularizacijom etičkih vrijednosti u struci, služi kao most u suradnji sa srodnim međunarodnim strukovnim udrušnjima, kao što su Međunarodna udruženja za mehaniku tla i geotehničko inženjerstvo (**ISSMGE** – International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering), Međunarodna udruženja za mehaniku stijena (**ISRM** – International Society for Rock Mechanics) i druge. Udruga se bavi i organizacijom konferencija, simpozija, seminara, radionica i predavanja. Podupire izdavanje stručne literature; osigurava pravnu i stručnu pomoć članovima; sudjeluje u radu na priručnicima, normama i propisima vezanim uz geotehniku i druge srodnne struke. Članstvo u udruzi je dobrovoljno. Svatko tko je bio ili je aktivna na području geotehnike i drugih srodnih struka, a prihvata Statut Udruge i voljan je sudjelovati u njenom radu, može postati član Udruge.

Prof. Ivan Vrkoslav
Predsjednik HGD-a
Hrvatsko geotehničko društvo
Berislavićeva 6
10 000 Zagreb