4. Hrvatski geološki kongres
s međunarodnim sudjelovanjem

4. Croatian Geological Congress
with international participation

Šibenik 14.–15.10.2010.

Knjiga sažetaka
Abstracts Book







Urednica – Editor:
Marija Horvat

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.

ZAGREB, 2010

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

Šibenik 14.–15.10.2010.

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 nafte, d.d. – INA Oil Industry Plc.

Pod pokroviteljstvom prof. dr. Ive JOSIPOVIĆA, predsjednika Republike Hrvatske
Under the auspices of President of the Republic of Croatia, prof. dr. Ivo JOSIPOVIĆ

Potpora – Supported by

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

Hrvatske vode

Sponzori – Sponsored by

Kamen Benkovac d.o.o.
Štedbanka d.d.
Promeks Kompjuter d.o.o.
Hrvatsko geotehničko društvo HGD
LASERplus

Organizacijski odbor
Organizing committee

Dr. sc. Josip HALAMIĆ
predsjednik / president
Prof. dr. sc. Dražen BALEN
potpredsjednik / vice-president
Prof. dr. sc. Goran DURN
potpredsjednik / vice-president
Dr. sc. Uroš BARUDŽIJA
tajnik / secretary

Dr. sc. Renato BULJAN
Prof. dr. sc. Vlasta ĆOSOVIĆ
Mr. sc. Niko DALIĆ
Dr. sc. Marija HORVAT
Mr. sc. Željko IVKOVIĆ
Dr. sc. Tvrtko KORBAR
Dr. sc. Jadranka MAUCH LENARDIĆ
Prof. dr. sc. Davor PAVELIĆ
Jadranka PEJNOVIĆ, prof.
Goran RADONIĆ, dipl. ing.
Doc. dr. sc. Maša SURIĆ
Doc. dr. sc. Nenad TOMAŠIĆ
Prof. dr. sc. Igor VLAHOVIĆ

Znanstveni odbor
Scientific committee

Prof. dr. sc. Bruno TOMLJENOVIĆ
predsjednik / president

Doc. dr. sc. Dunja ALJINOVIĆ
Prof. dr. sc. Andrea BAČANI
Dr. sc. Mirko BELAK
Prof. dr. sc. Damir BUCKOVIĆ
Dr. sc. Tonći GRGASOVIĆ
Akad. Ivan GUŠIĆ
Doc. dr. sc. Tomislav MALVIĆ
Dr. sc. Slobodan MIKO
Akad. Branko SOKAČ
Prof. dr. sc. Jasenka SREMAC
Mr. sc. Vlasta TARI-KOVAČIĆ
Dr. sc. Josip TERZIĆ
Prof. dr. sc. Darko TIBLJAŠ
Akad. Josip TIŠLJAR †

Dr. sc. László CSONTOS
(MOL, Hungary)
Dr. sc. Stjepan ĆORIĆ
(Geologische Bundesanstalt, Austria)
Prof. dr. sc. Eugen GRADINARU
(Univ. Bucharest, Romania)
Prof. dr. sc. Hazim HRVATOVIĆ
(Federalni Zavod za geologiju Sarajevo, BIH)
Dr. sc. Tea KOLAR-JURKOVŠEK
(Geološki zavod Slovenije)
Prof. dr. sc. Franz OTTNER
(Univ. für Bodenkultur, Austria)
Prof. dr. sc. Vincenzo PICOTTI
(Univ. Bologna, Italia)

ISBN 978-953-6907-23-6

Izdavač – Published by: Hrvatski geološki institut – Croatian Geological Survey – Zagreb
Urednica – Edited by: Marija Horvat
Oblikovanje – Layout and design: Mirela Mikić Muha, LASERplus, Zagreb, Brijunska 1a, Zagreb
Izdano – Issued: listopad 2010, 300 primjeraka – October 2010, 300 copies

Ovitak – Cover:
Katedrala sv. Jakova / Cathedral of St. James – Šibenik (photo: T. KORBAR)
Slijed karbonatnih naslaga gornje krede – Nacionalni park "Kornati" /
Sequence of Upper Cretaceous carbonate deposits – National Park "Kornati" (photo: T. KORBAR)
Slapovi Krke – Krka Falls (photo: U. BARUDŽIJA)

4. Hrvatski geološki kongres
s međunarodnim sudjelovanjem

4. Croatian Geological Congress
with international participation

Šibenik 14.–15.10.2010.

Knjiga sažetaka
Abstracts Book

Urednica – Editor:
Marija Horvat

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.

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

pozvano predavanje – key lecture

Linking the geosphere & biosphere to understand dolomite formation

Utjecaj geosfere i biosfere na postanak dolomita

Judith A. McKenzie IAS Lecturer

ETH-Zürich, Geological Institute, 8092 Zurich, Switzerland
(sediment@erdw.ethz.ch)

Key words: Dolomieu, dolomite, formation models, microbial mediation, diagenesis
Ključne riječi: Dolomieu, dolomit, modeli postanka, mikrobijsko posredovanje, dijageneza

Reflecting on almost two centuries of carbonate research reveals that varying scientific trends regulate the approach sedimentologists use to interpret the sedimentary rock record. New concepts develop with the introduction of the latest methods and technologies to a scientific field and propel evolving scientific trends, which often tend to cycle back on themselves with new advances. The study of dolomite formation since the recognition of its unique mineralogy more than 200 years ago has been no exception to this rule.

The Tyrolian Alps of the Mediterranean Realm are widely acknowledged to be the geographic area where dolomite [$CaMg(CO_3)_2$], a common carbonate mineral in sedimentary rocks, was discovered. The name of the mineral, rock and mountains is unquestionably associated with one individual, the French geologist and mineralogist Déodat de Dolomieu (1750–1801). During field excursions in the region, Dolomieu recognized the occurrence of an unusual carbonate rock that resembled limestone but only weakly effervesced with acid. He published his observations in 1791 in the *Journal de Physique*. One year later in the same journal, Nicolas-Théodore de Saussure (1767–1845) provided a chemical analysis of the rock, which he named "dolomie" after his colleague Dolomieu. Within 10 years of its discovery, the English version of the name, dolomite, was in use, and it had become a commonly identified rock type. Only later, most probably in 1864, the scenic rugged mountains found in northeastern Italy were designated the Dolomite Mountains. Subsequently, the origin of the Dolomite Mountains and the origin of the dolomite mineral of which they are composed became a major topic of research (MCKENZIE & VASCONCELOS, 2009).

Although dolomite is found throughout the geological record, especially in Precambrian carbonate rocks where it is abundant and often found associated with microbial structures, it is rarely found forming in modern carbonate sediments. Because of its rare occurrence in modern environments, as well as the apparent inability to synthesize it under low-temperature conditions in the laboratory, the origin of dolomite has remained a longstanding enigma in carbonate sedimentology, often called the "Dolomite Problem". Dolomite bodies are often significant hydrocarbon reservoirs, and, as a consequence, much emphasis has been placed on the development of dolomite models to define the physicochemical and hydrologic parameters involved in dolomitization. Nevertheless, these models, such as the mixing-zone model or reflux model, have not been adequately calibrated for real-world circumstances because it was not possible to synthesis dolomite in the laboratory at Earth's surface temperatures.

Since 1995, a microbial factor has been incorporated into geochemical models to better represent the process of dolomite formation under Earth's surface conditions (VASCONCELOS et al., 1995; VASCONCELOS & MCKENZIE, 1997). It is now generally appreciated that microbial activity under specific environmental conditions can mediate the precipitation of dolomite at low temperatures. With the recognition that specific microbes can mediate dolomite precipitation, it is possible to conduct culture experiments under controlled conditions to better define boundary parameters. The results of these experiments provide new information to interpret the conditions required for dolomite formation during carbonate diagenesis and necessitate a reinterpretation of currently applied models. For example, dolomite apparently does not nucleate in the fluids contained in open pore spaces, but precipitation occurs readily within an organic matrix (biofilm or EPS) produced by identifiable microbes (BONTOGNALI et al., 2008). Factors, such as the optimum growth temperature for particular microbes under defined chemical conditions, are essential considerations for dolomite nucleation. In addition, geochemical proxies that have been used to interpret the paleoenvironment of dolomite formation, such as stable isotopic fractionation, are being redefined with these experimental studies. Furthermore, revisiting classic areas of modern dolomite formation, such as the coastal sabkhas of Abu Dhabi (U.A.E.), demonstrates that the microbial factor plays an important role in dolomite pre-

cipitation in these extreme environments (BONTOGNALI et al., 2010).

Using a geomicrobiologic approach to investigate natural dolomite-forming environments indicates that a diverse microbial community with various metabolic processes promotes dolomitization. This approach has been succinctly applied in the study of microbial dolomite formation in the Plio-Quaternary organic carbon-rich hemipelagic sediments deposited on the Peru Margin, where, during an ocean drilling campaign (ODP Leg 201), microbiologic, geochemical and sedimentologic studies were conducted to evaluate the microbial community, its metabolic activity and products (MEISTER et al., 2007). Recognition of *in situ* microbial processes occurring in deep-sea sediments opens a new prospective for the study of early diagenesis within the domain of the deep sub-seafloor biosphere.

Ultimately, microbes appear to be a powerful driving force behind carbonate diagenesis and must be included in any new model paradigm for dolomitization. Applying molecular biology methods and technical advances in microscopy, it is now possible to view the carbonate world through the microbial window. Indeed, a new scientific trend in carbonate sedimentology linking the geosphere with the biosphere has already begun. How this microbial mediation of a biomineral can be translated into the production of gigantic structures, such as the Dolomite Mountains, remains unclear, but the influence of these microorganisms can no longer be ignored.

REFERENCES

BONTOGNALI, T.R.R., VASCONCELOS, C., WARTHMANN, R., DUPRAZ, C., BERNASCONI, S.M. & MCKENZIE, J.A. (2008): Microbes produce nanobacteria-like structures, avoiding cell entombment.– Geology, 36, 663–666.

BONTOGNALI, T.R.R., VASCONCELOS, C., WARTHMANN, R., BERNASCONI, S.M., DUPRAZ, C., STROHMENGER, C.J. & MCKENZIE, J.A. (2010): Dolomite formation within microbial mats in the coastal sabkha of Abu Dhabi (United Arab Emirates).– Sedimentology, 57, 824–844.

MEISTER, P., MCKENZIE, J.A., VASCONCELOS, C., FRANK, M. & GUTJAHR, M. (2007): Dolomite formation in the dynamic deep biosphere: Results from the Peru Margin.– Sedimentology, 54, 1007–1031.

MCKENZIE, J.A. & VASCONCELOS, C. (2009): Dolomite Mountains and the origin of the dolomite rock of which they mainly consist: historical developments and future perspectives.– Sedimentology, 56, 205–219.

VASCONCELOS, C., MCKENZIE, J.A., BERNASCONI, S., GRUJIC, D. & TIEN, A.J. (1995): Microbial mediation as a possible mechanism for natural dolomite formation at low temperatures.– Nature, 377, 220–222.

VASCONCLEOS, C. & MCKENZIE, J.A. (1997): Microbial mediation of modern dolomite precipitation and diagenesis under anoxic conditions (Lagoa Vermelha, Rio de Janeiro, Brazil).– Journal of Sedimentary Research, 67, 378–390.

pozvano predavanje – key lecture

Loess – High Resolution Sediment Archives
Prapor – Sedimentni zapis velike rezolucije

Manfred Frechen

Leibniz Institute for Applied Geophysics (LIAG-Institute), S3 Geochronology and Isotope Hydrology, Stilleweg 2, D-30655 Hanover, Germany
(Manfred.Frechen@liag-hannover.de)

Key words: loess, paleoclimate, Europe, Pleistocene
Ključne riječi: prapor, paleoklima, Europa, pleistocen

Upper Pleistocene loess/palaeosol sequences provide excellent high-resolution terrestrial archives of climate forcing in Europe (FRECHEN et al., 1997, 2003; NOVOTHNY et al., 2009; WACHA et al., in press) and elsewhere. The last glacial loess record has become of interest because chronological methods, such as luminescence dating, make the direct dating of deposition ages of aeolian sediments possible. Thus, a more reliable time-based reconstruction of the past climate and environmental change has become available for the loess record in Europe. Multidisciplinary approaches combining a reliable chronological framework with high resolution climate proxies enable the correlation and modeling of climate zones in the Northern Hemisphere at least for the Upper Pleistocene. Multi-disciplinary approaches combining stratigraphy, pedology, sedimentology, palynology, malacology, geochemistry and geochronology can provide a detailed reconstruction of wind dynamics, palaeoclimate (including palaeotemperature and -precipitation) and dust flux through the interglacial/glacial cycles of the Middle and Upper Pleistocene.

During the Pleistocene glaciations, Europe was an extensive area of increased dust accumulation and loess formation. These sediments are widespread and show a close relationship with cooling and warming trends for the Quaternary period. The well-developed loess/palaeosol sequences reflect changes in mass accumulation rates of silt-rich sediments and are thus a measure to determine the palaeo-dust content of the atmosphere for the geological past – an important parameter for climate modelling.

The mass accumulation rates of loess during oxygen isotope stage 2 (considering approximately 28–14 ka BP) have been estimated for about 40 sites along a northwest southeast transect in Europe. These sites fall along a coarse climatic gradient from the relatively coastal climate of Belgium and France to the more continental and arid climate of Central Europe. In Croatia, the Danube loess from the classical sites at e.g. Vukovar and Zmajevac, as well as the Adriatic loess from the island of Susak gives major contribution to these studies. Interpreting mass accumulation rates of loess in terms of this climatic gradient is not straightforward, as these loess deposits are dominated by sources in floodplains and large river systems. Thus accumulation rates are influenced strongly by regional wind and precipitation patterns, but mostly by the availability of glacially derived material from the Alps and periglacial regions that are present in European fluvial systems at this time.

Furthermore, detailed high-resolution studies of the grain-size distribution of loess by laser-diffractometry are an increasingly applied approach to reconstruct wind speeds and to get more information about source-to-sink distances (NOVOTHNY et al., submitted; WACHA et al., submitted). Geochemical proxies including stable isotopes (KÖNIGER et al., in preparation) and n-alkanes (THIEL et al., in preparation) are used as indicators for weathering processes and intensities, for provenance studies and for reconstructing the vegetation history in loess, respectively.

REFERENCES

FRECHEN, M., HORVÁTH, E. & GÁBRIS, G. (1997): Geochronology of Middle and Upper Pleistocene Loess Sections in Hungary.– Quaternary Research, 48/3, 291–312.

FRECHEN, M., OCHES, E.A. & KOHFELD, K.E. (2003): Loess in Europe – mass accumulation rates during the Last Glacial Period.– Quaternary Science Reviews, 22, 1835–1875.

NOVOTHNY, A., FRECHEN, M., HORVÁTH, E., KRBETSCHEK, M. & TSUKAMOTO, S. (2010): Infrared optically stimulated luminescence and radiofluorescence dating of Quaternary eolian sediments.– Quaternary Geochronology, doi: 10–1016/j.quageo. 2009.05.002.

WACHA, L., MIKULČIĆ PAVLAKOVIĆ, S., NOVOTHNY, A., CRNJAKOVIĆ, M. & FRECHEN, M. (2010): Luminescence dating of Upper Pleistocene loess from the island of Susak in Croatia.– Quaternary International, doi: 10.1016/j.quaint.2009.12.017.

pozvano predavanje – key lecture

Zaštita strateških zaliha podzemnih voda Republike Hrvatske

Protection of the strategic groundwater resources of the Republic of Croatia

Zoran Nakić

Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo, Pierottijeva 6, 10 000, Zagreb, Hrvatska (zoran.nakic@rgn.hr)

Ključne riječi: zaštita podzemnih voda, strateške zalihe podzemnih voda Republike Hrvatske, funkcije podzemnih voda, vrijednost podzemne vode
Keywords: groundwater protection, strategic groundwater resources of the Republic of Croatia, groundwater functions, value of groundwater

U stajalištima hrvatske vodne politike, izraženima u *Strategiji upravljanja vodama* (Narodne novine br. 91/2008), podzemne vode su određene kao glavni izvor vode za potrebe javne vodoopskrbe, a sve više dobiva na značaju i njena ekološka vrijednost, budući da se podzemne vode često nalaze u interakciji s kopnenim i vodenim ekosustavima te na taj način izravno utječu na kvantitativno, kemijsko i ekološko stanje ekosustava. U strateškim ciljevima ove politike naglašena je važnost određivanja stanja, funkcija i odgovarajuće zaštite podzemnih voda.

Usvajanjem *Strategije* i drugih zakonskih i podzakonskih akata, kroz proces usklađivanja vodnoga prava s pravnom stečevinom Europske unije na području upravljanja vodama, po prvi puta su jasno definirane strateške zalihe podzemnih voda od nacionalnoga interesa za Republiku Hrvatsku, kao i potreba da se na odgovarajući način odredi njihovo racionalno korištenje i zaštita te ih se uključi u prostorne planove i dokumente prostornoga uređenja. Ove strateške zalihe podijeljene su u četiri kategorije s obzirom na zalihe i kakvoću podzemnih voda, stupanj njihovog trenutnoga korištenja i značaja za sadašnju i buduću vodoopskrbu te s obzirom na mogućnosti njihove zaštite na teritoriju Republike Hrvatske. Neke od ovih kategorija strateških zaliha, poput zagrebačkoga i varaždinskog vodonosnog sustava u sjevernoj Hrvatskoj ozbiljno su ugrožene i djelomično onečišćene, a neke poput velikih strateških zaliha u području južne Hrvatske, koje su još uvijek relativno dobre kakvoće, ozbiljno su ugrožene i od prekograničnih utjecaja, jer se područje obnavljanja podzemnih voda u tim sustavima nalazi izvan područja Hrvatske, što otežava njihovu zaštitu. Dodatni problem je što još uvijek nije određen odgovarajući način provedbe zaštitnih mjera u područjima sa strateškim zalihama podzemnih voda, niti način njihova odgovarajućega uključivanja u prostorno-plansku dokumentaciju.

Sve naglašeniji antropogeni utjecaji, koji se u perspektivi, logikom urbanizacije i gospodarskoga razvoja mogu samo intenzivirati, nepovoljno utječu na promjene u kakvoći i količinama podzemne vode u RH. To se naročito odnosi na područja strateških zaliha podzemnih voda i/ili područja s velikom ranjivosti vodonosnika. U takvim uvjetima potrebno je unaprijediti postojeći sustav zaštite strateški značajnih zaliha podzemnih voda Hrvatske, s jedne strane kroz objektivnu procjenu različitih strategija zaštite i sanacije podzemnih voda, na temelju identificiranih pokazatelja, a s druge strane kroz sustavnu analizu potreba i racionalnoga korištenja podzemnih voda kao najvažnijega resursa pitke vode Republike Hrvatske. Pritom je potrebno naglasiti da je bitna odrednica europske vodne politike, koja se u cijelosti primjenjuje i na podzemne vode, primjena ekonomski najprihvatljivijih kombinacija mjera koje će garantirati postizanje dobroga kemijskog, ekološkog i kvantitativnog stanja voda. *Okvirnom Direktivom o vodama* (2000/60/EC) Europske unije, ali i dokumentom koji je prethodio donošenju ove direktive, *Priopćenjem Europske komisije Vijeću i Europskom Parlamentu o politici cijena vode za povećanje održivosti vodnih resursa* (EC, 2000), stvoreni su uvjeti za primjenu ekonomskih kriterija, između ostaloga i u definiranju strategije i politike zaštite podzemnih voda. Naime, prilikom razmatranja ekonomski najprihvatljivijih kombinacija mjera, u obzir je potrebno uzeti i troškove korištenja i zaštite okoliša i vodnih resursa, koji nastaju zbog onečišćenja okoliša, a naročito vodenih ekosustava, i/ili zbog prekomjerne eksploatacije vodnih resursa. Ovi troškovi mogu upućivati do koje mjere su postignuti ciljevi Okvirne direktive o vodama, s obzirom na postizanje dobroga kemijskog i kvantitativnog stanja podzemnih voda.

Ekonomska analiza, koja je provedena u okviru projekta "*Ekonomika zaštite podzemnih voda*", omogućila je procjenu potencijalnih troškova i koristi primjene mjera zaštite podzemnih voda iz "*Direktive o zaštiti podzemnih voda od onečišćenja i pogoršanja kakvoće"* (2006/118/EC). Rezultati ovoga projekta pokazali su da su troškovi i koristi zaštite podzemnih voda, između ostaloga, izrazito ovisni o hidrogeološkim značajkama, odnosno o dinamici podzemnih voda i ponašanju zagađivala u podzemnim vodama i nezasićenoj zoni, te o sadašnjem i budućem korištenju podzemne vode na

razini vodonosnika ili cjelina podzemne vode (RANAUDO et al., 2003). Utvrđeno je da analize troškova i koristi uvođenja različitih razina zaštite podzemnih voda često nisu dovoljno točne zbog najčešće preniske procijenjene vrijednosti koristi, odnosno vrijednosti funkcija podzemnih voda, a naročito njenih ekoloških funkcija. Rezultati ovoga, kao i drugih EU projekata, primjerice FP6 projekata: "*AquaMoney*" i "*BRIDGE"* (Background cRiteria for the IDentification of Groundwater thrEsholds), pokazali su da su preventivne mjere zaštite podzemnih voda uvijek jeftinije od obnove već onečišćenih vodonosnika, i da ih je potrebno provoditi u svim onim slučajevima u kojima postoji značajan rizik od onečišćenja.

Procjena vrijednosti funkcija podzemnih voda i troškova alternativnih izvora vode i/ili sanacije onečišćenja, neosporno može imati vrlo važnu ulogu prilikom definiranja preventivnih aktivnosti na sprečavanju potencijalnih onečišćenja strateški značajnih zaliha podzemnih voda Republike Hrvatske. Potreba za vrednovanjem funkcija podzemnih voda naročito dolazi do izražaja ukoliko se uspoređuju troškovi koji nastaju zbog preventivnih aktivnosti na sprečavanju onečišćenja i troškovi koji bi proizašli iz sanacije onečišćenja u podzemlju, kao i njenih izravnih i neizravnih posljedica. U slučaju da je već došlo do onečišćenja podzemnih voda, tehnička rješenja sanacije onečišćenja moguće je odrediti tek na osnovi provedene ekonomske analize izračuna troškova sanacije onečišćenja podzemnih voda, kao i koristi od sanacije. Pri tome je potrebno uzeti u obzir da je preduvjet za ekonomsku analizu izrada odgovarajuće konceptualne osnove, koja će utvrditi međuzavisnosti pojedinih funkcija podzemnih voda i integrirati ih u jedinstveni vrijednosni izraz, kojem je moguće dodijeliti odgovarajuću monetarnu vrijednost.

LITERATURA

Communication from the Commission to the Council, the European Parliament and the Economic and Social Committee: Pricing policies for enhancing the sustainability of water resources, COM (2000) 477 final.

Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. Off. J. Eur. Communities L 327, 22. 12.2000.

Directive 2006/118/EC of the European Parliament and of the Council of 12 December 2006 on the protection of groundwater against pollution and deterioration. Off. J. Eur. Communities L 372, 27. 12.2006.

RANAUDO, J-D., LOUBIER, S., GÖERLACH, B. & INTERWIES, E. (2003): Economic assessment of groundwater protection, Executive summary in European Commission project: "Economics of groundwater protection", ENV.A.1/2002/0019.

Characteristics of some Middle Triassic volcaniclastic rocks in the External Dinarides (Croatia and Bosnia and Herzegovina)

Karakteristike nekih srednjotrijaskih vulkanoklastičnih stijena Vanjskih Dinarida (Hrvatska i Bosna i Hercegovina)

Dunja Aljinović[1], Tea Kolar-Jurkovšek[2], Bogdan Jurkovšek[2] & Hazim Hrvatović[3]

[1]University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Croatia (dunja.aljinovic@rgn.hr)

[2]Geological Survey of Slovenia, Dimičeva 14, 1 000 Ljubljana, Slovenia (tea.kolaric@geo-zs.si; bogdan.jurkovsekic@geo.zs.si)

[3]Federal Bureau of Geology, Ilidža, Ustanička 11, 71 210 Sarajevo, Bosnia and Herzegovina (zgeolbihic@bih.net.ba)

Key words: Middle Triassic, rifting phase, volcaniclastic rocks, External Dinarides, Croatia, Bosnia and Herzegovina
Ključne riječi: srednji trijas, riftna faza, vulkanoklastične stijene, Vanjski Dinaridi, Hrvatska, Bosna i Hercegovina

Several volcaniclastic-sedimentary successions of Middle Triassic age have been investigated in Croatia (vicinity of Sinj and Knin) and in Bosnia and Herzegovina (vicinity of Bosansko Grahovo), in the External Dinarides, volcanic and volcaniclastic rocks in the External Dinarides represent Middle Triassic syn-rift phase in which along deep structural fractures graben-like depressions had been formed. The Middle Triassic rift phase in the External Dinarides is marked by basaltic extrusions to acidic explosive activities that resulted in the deposition of pyroclastic and volcaniclastic deposits (ŠĆAVNIČAR et al., 1984; BELAK, 2000; MARJANAC, 2000). Volcanic and volcaniclastic successions near Sinj, described mineralogically and petrographycally by the same authors, were interpreted as vitro- to crystaloclastic tuffs and ignimbrites deposited as pyroclastic flows in intrashelf environment, not far from subaerialy located caldera.

In our investigation we examined several lithotypes of volcanic and volcaniclastic and in the interpretation we considered the new palaeontological data. Near Sinj a thick volcaniclastic beds (called "pietra verde") are interbeded with marine bioclastic, well bedded limestones, cherts and dolomites. Bioclastic limestone and dolomites are characterised by presence of calcareous algae, foraminifers, gastropods, bivalves, brachiopods, crinoids, serpulids as well as ammonoids, radiolarians and conodonts suggesting open marine (pelagic) associations (JAECKS et al., 2003; BALINI et al., 2006). Limestone beds are strongly silicified and recrystalised. Dolomites exhibit macrocrystaline anhedral texture suggesting a secondary dolomitisation. On the base of conodonts and amonoids the Lower Ladinian age was inferred (BALINI et al., 2006; JELASKA et al., 2003)

Volcaniclastic beds (tuffs) near Sinj are massive or evenly laminated. Cross lamination occur at the top of some beds. Several volcaniclastic lithotypes of tuffs dominantly contain formerly glassy fragments which are cuspate, platy or udeformed bubble-wall shards. Pumice wisps occur in some lithotypes in random orientation, showing relict tube vesicle texture. Other components are sparse feldspar and quartz crystal fragments. The formerly glassy shards are recrystalised to a fine quartz-rich mosaic. Shards are occasionally well preserved due to carbonate microcrystaline calcite that outlines them.

The dominance of juvenile pyroclasts (shards and quartz crystal fragments) suggests that they were sourced from explosive, acidic eruptions. The interlaying with carbonates containing pelagic (open marine) fossil assemblages suggests that they have been deposited farther offshore. In this circumstances are these subaqueous deposits not likely to by strictly primary. Bedforms indicate rapid, possibly mass-flow, deposition in offshore environment. Nevertheless the abundance of texturally unmodified pyroclasts suggests that pyroclastic material was delivered more of less directly to sedimentary transport and deposition systems. Although it has been suggested that the origin had been primary pyroclastic surge deposits from subaerial depositional settings, we thought that pyroclastic material generated from explosive eruptions at marine submerged vents. The dominance of juvenile pyroclasts suggests that fragmentation occurred when lavas emplaced into marine unlithified sediments allow explosive vaporisation of pore fluids or when superheated water flashes to steam that rapidly expand. Thus we interpret deposits near Sinj as pyroclast rich offshore mass-flow deposits.

Near Bosansko Grahovo there are occurrences of blocky peperites. In the angular peperite type jigsaw-fit texture can be observed suggesting quenching of basaltic lava on the

contacts with unconsolidated pelagic limestones. The Ladinian age of the succession was discerned according to conodonts found in limestones intercalations.

REFERENCES

BALLINI, M., JURKOVŠEK, B. & KOLAR-JURKOVŠEK, T. (2006): New Ladinian ammonoids from Mt. Svilaja (External Dinarides, Croatia).– Rivista Italiana di Pal. E Strat., 12/1, 383–395.

BELAK, M. (2000): Kristaloklastični i vitroklastični tufovi (pietra verde) s proslojcima silicificiranih dolomita, vapnenac, tufita i rožnjaka.– U: JELASKA, V., BENČEK, Đ., MATIČEC, D., BELAK, M. & GUŠIĆ, I.: Geološka povijest i strukturna evolucija Vanjskih Dinarida. Postaja 2: profil Sutina-Zelovo Sutinsko; 2. Hrvatski geol. kongres, Cavtat – Dubrovnik, 17–20.05.2000. Vodič ekskurzija (VLAHOVIĆ, I. & BIONDIĆ, R. (eds.)), 6–9.

JEACKS, G.S., LEIGHTON, L.R., KOLAR-JURKOVŠEK, T., JURKOVŠEK, B. & JELASKA, V. (2003): Phylogenetic analysis of a likely productide from the Triassic, and the implications for survival through the Permo-Triassic extinction.– Geological Sociaty of America, Seattle Annual Meeting, Abstracts with Program, 66–1, 230, Seattle.

JELASKA, V., KOLAR-JURKOVŠEK, T., JURKOVŠEK, B. & GUŠIĆ, I. (2003): Triassic beds in the beds in the basement of the Adriatic-Dinaric carbonate platform of Mt. Svilaja (Croatia).– Geologija, 46/2, 225–230.

MARJANAC, T. (2000): Triassic of Dalmatia – Evidence of a failed rift (Muć section).– PANCARDI 2000, Vijesti hrv. geol. dr., 37/2, 117–126, Zagreb.

ŠĆAVNIČAR, B., ŠĆAVNIČAR, S. & ŠUŠNJARA, A. (1984): The volcanic-sedimentary Middle Triassic in the Suvaja brook area (Mt. Svilaja, Outer Dinarides).– Acta Geologica, 14/2, 35–82.

Litofacijesi, dijagenetski procesi i fizičko-mehanička svojstva stijena kamenoloma K-3 na području Sinawin-Sha'wa u Libiji

Lithofacies, diagenetic processes and physical-mechanical properties of rocks from K-3 quarry (Sinawin-Sha'wa area, Lybia)

Uroš Barudžija[1], Ana Kršinić[1], Siniša Kozarić[2], Neven Tadej[1] & Mladen Fistrić[3]

[1]Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Hrvatska
[2]Viadukt d.d., Kranjčevićeva 2, 10 000 Zagreb, Hrvatska
[3]Institut građevinarstva Hrvatske, Rakušina 1, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: litofacijes, dijageneza, fizičko-mehanička svojstva stijena, Sinawin, Sha'wa, Libija
Key words: lithofacies, diagenesis, physical-mechanical properties of rocks, Sinawin, Sha'wa, Lybia

Na području Sinawin-Sha'wa u sjeverozapadnoj Libiji provedena je detaljna geološka prospekcija terena, s ciljem pronalaženja pogodne stijenske mase za proizvodnju asfaltnih mješavina, potrebnih za rekonstrukciju regionalne ceste Nalut – Ghadames. Prospekcijom su obuhvaćene stijene gornjokredne starosti, uglavnom vapnenci i dolomiti Mizdah i Zimam formacija (IRCT, 1979). U stijenama Zimam formacije, na lokaciji potencijalnog kamenoloma K-3, snimljen je geološki stup i uzeti su uzorci stijena za: (i) mikropetrografske analize; (ii) semi-kvantitativne mineraloške (XRD) analize; i (iii) ispitivanje osnovnih fizičko-mehaničkih svojstava stijenske mase (prema TIŠLJAR i dr., 1997).

Odredbom litotipova i analizom njihovog prostornog odnosa na snimljenom geološkom stupu izdvojena su ukupno četiri litofacijesa:

Litofacijes A: mikritni vapnenci (lagunski mikriti i biomikriti) – šupljikavi, djelomice rekristalizirani, sa znatnim udjelom organske tvari.

Litofacijes B: dolomitični lapori – slabo litificirani litofacijes, s znatnim udjelom gline.

Litofacijes C: dolobiomikriti – karakteriziran rekristalizacijom i/ili dolomitizacijom primarnih mikrita i biomikrita.

Litofacijes D: biospariti i biosparuditi – predstavlja zrnaste vapnence, tipa grainstone i rudstone, a podređeno i tipa packstone. Ovi vapnenci sadrže dominantno bioklastični materijal (čitave fosile i njihove fragmente: bentosne foraminifere, školjkaše, ježince, ostrakode i gastropode) cementirane mozaičnim kalcitnim cementom.

Unutar pojedinih litofacijesa uočeni su dijagenetski procesi rekristalizacije, dolomitizacije i silicifikacije. Rekristalizacija mikritnih vapnenaca uočena je u litofacijesima A i C. Mrljasta kasnodijagenetska dolomitizacija bitno je utjecala na formiranje litofacijesa C. Unutar litofacijesa C i D uočen je i dijagenetski proces selektivne silicifikacije, ali isključivo unutar pojedinačnih dijelova skeleta ježinaca. Izvorišni materijal za selektivnu silicifikaciju bio je djelomice povećani udio siliciklastičnog materijala unutar litofacijesa C i D. No, niti blago povećanje udjela siliciklastičnog materijala, niti razvijeni procesi selektivne silicifikacije, nemaju bitan utjecaj na fizičko-mehanička svojstva stijenske mase litofacijesa C i D.

Semikvantitativnom mineraloškom analizom (XRD) određeno je da litofacijes B (slabo litificirani dolomitični lapori) sadrži dominantno dolomit, a podređeno sadrži kalcit i gips te minerale glina. Budući da se radi o potencijalno nepovoljnom materijalu za planiranu namjenu, stijenska masa litofacijesa B nije uvrštena u ispitivanja fizičko-mehaničkih svojstava.

Ispitivana su sljedeća fizičko-mehanička svojstva stijenske mase potencijalno pogodnih litofacijesa A, C i D: prostorna masa, upijanje vode i jednoosna tlačna čvrstoća. Na temelju dobivenih rezultata kao relativno povoljan izdvojen je kamen iz litofacijesa D te je od njega proizveden probno drobljeni agregat. Na tako dobivenim uzorcima agregata ispitani su otpornost na udar i habanje metodom Los Angeles, te prostorna masa i upijanje vode zrna agregata.

Uzorci litofacijesa D imaju najveće vrijednosti jednoosne tlačne čvrstoće i najmanje vrijednosti upijanje vode, što su neka od bitnih svojstava za ocjenu podobnosti kamena za proizvodnju agregata za asfalte (SMITH & COLLIS, 2001). Uz to, uzorci litofacijesa D imaju najveće prostorne mase što upućuje na činjenicu da su od ispitanih uzoraka oni najgušći, odnosno najkompaktniji. Uzorci litofacijesa A pokazuju najmanje vrijednosti prostorne mase i jednoosne tlačne čvrstoće, a visoke vrijednosti upijanja vode. Prema navedenome, stijenska masa litofacijesa A ne zadovoljava kriterije kvalitete za proizvodnju agregata za asfaltne mješavine. Uzorci litofacijesa C prema vrijednostima prostorne mase, upijanja vode i jednoosne tlačne čvrstoće pokazuju vrijednosti izme-

đu vrijednosti litofacijesa A i D, ali zbog povećanog upijanja vode također nisu podobni za proizvodnju agregata za asfalte. S obzirom na parametar upijanja vode, kao jedan od glavnih kriterija kakvoće frakcioniranih kamenih agregata (prema tehničkoj dokumentaciji za izgradnju ceste Ghadamis – Nalut, upijanje vode smije iznositi najviše 2,00%), stijenska masa litofacijesa D (biospariti i biosparuditi) pokazuje zadovoljavajuća svojstva za planiranu namjenu.

LITERATURA

IRCT – Industrial Research Center Tripoli (1979): Geological map of Lybia 1:250 000, Sheet Sha'wa.

SMITH, M.R. & COLLIS, L. (2001): Aggregates – sand, gravel and crushed rock aggregates for construction purposes.– Geol. Soc., Eng. Geol. Spec. Publ., 17, 339, London.

TIŠLJAR, J., ĐOKIĆ, Z. & ŽENKO, T. (1997): Influence of the sedimentary environment on the techical properties of the Lower Cretaceous limestones from the Lakovići Quarry in Istria (Croatia).– RGN Zbornik, 9, 23–39, Zagreb.

Ovaj rad posvećen je idejnim pokretačima projekta: pokojnima Josipu Tišljaru i Zlatku Đokiću.
This work is dedicated to late Josip Tišljar and Zlatko Đokić, who were the initiators of this project.

Petrološko-sedimentološke značajke albskih naslaga na području Tinjanske drage (Istra)

Petrological and sedimentological characteristics of Albian deposits from Tinjanska draga (Istria)

Vlatko Brčić

Croatian Geological Survey, Sachsova 2, P.O.Box 268, 10 000 Zagreb, Croatia
(vbrcic@hgi-cgs.hr)

Ključne riječi: alb, Istra, Tinjanska draga, Jadranska karbonatna platforma
Key words: Albian, Istria, Tinjanska draga, Adriatic Carbonate Platform

Detaljnim snimanjem geološkoga stupa opisane su naslage gornjeg alba u središnjoj Istri, nekoliko kilometara zapadno od mjesta Sveti Petar u Šumi. Naslage su otvorene uz zasjek ceste koja od Sv. Petra u Šumi vodi preko Tinjanske drage na zapadu i dalje na sjever prema Tinjanu. Stup je prethodno snimljen za potrebe izrade OGK RH 1:50.000.

Ukupna debljina naslaga je 82,8 m (bez prekrivenih naslaga u rasjednoj zoni), a u slijedu se izmjenjuju različiti litotipovi plitkomorskih vapnenaca i dolomita, povremeno prekinuti pojavama tamnih uložaka breča, lapora i/ili glina. Naslage nisu značajnije tektonski poremećene, a veoma blago povijanje i nagnutost pod svega nekoliko stupnjeva vidljiva je samo na nekoliko mjesta. Naslage su dobro uslojene, debljine slojeva kreću se od svega nekoliko centimetara pa do mjestimično nekoliko metara.

Karbonatni sedimenti gornjega alba u južnoj Istri su zastupljeni periplimnim vapnencima koji su mjestimice slabije ili jače kasnodijagenetski dolomitizirani. Ponegdje ovi sedimenti potpuno prelaze u više-manje čiste kasnodijagenetske dolomite. Kontakt naslaga gornjeg apta i donjeg alba obilježen je emerzijom s okršavanjem te sporadičnim zapunama gline i glinovitog lapora. Periplimni karbonati sadrže i tempestite, a naviše prevladavaju facijesi prednjeg žala (*peritidal* u *shoreface*). Prijelaz je obilježen i tendencijom oplićavanja (TIŠLJAR et al., 1995).

Na temelju podataka prikupljenih tijekom detaljnog snimanja i kabinetskih analiza izrađen je detaljni geološki stup u mjerilu 1:100, a od ukupno 9 reprezentativnih uzoraka selektiranih za mikroskopiranje u prolaznoj svjetlosti odabrana su dva za analizu primjenom metode katodoluminiscentne mikroskopije (CL).

Među vapnencima dominiraju sitnozrnasti, dobro sortirani, peloidnointraklastični grejnstoni i pekstoni u izmjeni s peloidnim i skeletnim vekstonima i madstonima. Mjestimice se pojavljuju LLH-stromatoliti i peritajdalne breče. Zrnasti vapnenci (peloidni i intraklastični grejnstoni do pekstoni) i peritajdalne breče talože se u plitkom subtajdalu i intertajdalu s povišenom energijom vode.

Proučavani slijed naslaga pripada trećoj megasekvenciji (gornji alb-santon) transgresivnih platformnih peritajdalnih karbonata koja započinje postupnom i oscilirajućom transgresijom početkom mlađega alba, odnosno K-3 megafacijesu peletnih i stromatolitnih vapnenaca periplimnih i plimnih ravnica s ciklusima oplićavanja naviše. Naslage su karakteristične po izmjenama tankoslojevitih peletnih vekston/pekstona do grejnstona s LLH-stromatolitima. Ovakvi facijesi se pojavljuju na cijelom području karbonatne platforme. Unutar vekstona nalaze se skeleti zelenih alga, gastropodi, ostrakodi, te bentosne foraminifere. Okoliš taloženja je veoma plitki subtajdal i intertajdal (TIŠLJAR, 1978b; TIŠLJAR & VELIĆ, 1991; VLAHOVIĆ, 1999).

Procesi kao što su plima i oseka, progradacija plimnih ravnica, migracija prudova i karbonatnih pješčanih tijela, rast krpastih grebena, te stalno povećavanje debljine istaloženih naslaga u potplimnoj zoni, zajedno uzrokuju relativno smanjivanje morske razine što se jasno vidi iz ciklusa oplićavanja naviše. Ovisno o tome koji je od navedenih čimbenika prevladavao u sedimentnom okolišu, članovi ciklusa u vertikalnom slijedu se razlikuju po litološkim karakteristikama (granulometrija, strukture i teksture, debljina naslaga i sl.). Na detaljnom geološkom stupu se mogu jasno izdvojiti takvi ciklusi koji često završavaju erozijskom granicom ili sedimentima plimnih kanala (klastiti u lateralnoj izmjeni s glinama i laporima).

Dijagenetske promjene kao što su dolomitizacija ili dedolomitizacija te silicifikacija ustanovljene su u nekoliko slojeva unutar slijeda. U pojedinim uzorcima (preparatima) dio idiomorfnih romboidalnih kristala dolomita je djelomično transformiran u mikritni matriks, a u nekim dolomitiziranim uzorcima se vide i reliktne strukture (primarni bioklastični materijal). Katodoluminiscentnim mikroskopiranjem uočen je autigeni rast kvarca (silicifikacija) u obliku rozeta (luminiscira tamnoplavo) unutar prethodno dolomitiziranog

i dedolomitiziranog (luminiscira svijetlo crveno) primarnog ostrakodnog mikrita.

Detaljnim snimanjem geološkoga stupa, uzorkovanjem karakterističnih litofacijesa, mikroskopiranjem i katodoluminiscencijom odabranih uzoraka dokazani su plitkomorski uvjeti taloženja s prevladavajućim sedimentacijskim okolišima plimnih ravnica s pojavama plimnih kanala za vrijeme alba na prostoru Tinjanske drage u središnjoj Istri. Cijeli prostor je povremeno bio izložen dužim ili kraćim emerzijama. Za to vrijeme talozi su bili dolomitizirani.

LITERATURA

TIŠLJAR, J. (1978b): Onkolitni i stromatolitni vapnenci u donjoj kredi Istre (Hrvatska, Jugoslavija).– Geol. vjesnik 30/2, 363–382, Zagreb.

TIŠLJAR, J. & VELIĆ, I. (1991): Carbonate facies and depositional enviroments of the Jurassic and lower Cretaceous of the coastal Dinarides (Croatia).– Geol. vjesnik, 44, 215–234, Zagreb.

TIŠLJAR, J., VLAHOVIĆ, I., MATIČEC, D. & VELIĆ, I. (1995): Vodič ekskurzija 1. Hrvatskog geološkog kongresa, Opatija 1995.– Institut za geološka istraživanja, 67–110, Zagreb.

VLAHOVIĆ, I. (1999): Karbonatni facijesi plitkovodnih taložnih sustava od kimeridža do gornjega alba u zapadnoj Istri.– Disertacija, RGN fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 327 str.

VLAHOVIĆ, I. & TIŠLJAR, J. (2003): Evolution of depositional environments from the Paleozoic to the Quaternary in the Karst Dinarides and the Panonian Basin, 22nd IAS Meeting of Sedimentology – Opatija, September 17–19, 2003.– Field Trip Guidebook, Institute of Geology, Zagreb.

Korelacija fosilnih sedimenata špilje Veternice (Medvednica) s recentnim aluvijem

Correlation of Veternica fosil cave sediments (Medvednica) with recent alluvium

Marta Crnjaković, Damir Lacković, Snježana Mikulčić Pavlaković & Dragan Bukovec

Hrvatski prirodoslovni muzej, Demetrova 1, 10 000 Zagreb, Hrvatska
(Marta.Crnjakovic@hpm.hr)

Ključne riječi: špilja Veternica, Medvednica, aluvij, geokemija
Key words: Veternica Cave, Medvednica, alluvium, geochemistry

Istraživana je geokemija fosilnog i recentnog aluvija špilje Veternice (Medvednica). Veternicu, najveći speleološki objekt na Medvednici i u sjeverozapadnoj Hrvatskoj, prvi spominje GORJANOVIĆ-KRAMBERGER (1899), a granulometrijski, petrografski i kemijski sastav glavnih elemenata kvartarnih sedimenata, na ulaznom dijelu špilje, opisuje MALEZ (1965). Promjene granulometrijskog i kemijskog sastava tumači klimatskim promjenama tijekom pleistocena.

Istraživani fosilni sedimenti nalaze se u turističkom dijelu Veternice oko 130 m od ulaza (Sl. 1). Na temelju istraživanja siga koja su u tijeku (LACKOVIĆ, usmeno priopćenje), te rekonstrukcije taložnih paleookoliša, starost istraživanih aluvijalnih sedimenata smješta se u razdoblje starije od 380 000 godina (koliko iznosi starost najstarijih analiziranih obalnih ploča – shelfstone), dakle u vrijeme prije mogućnosti eventualnog antropogenog utjecaja.

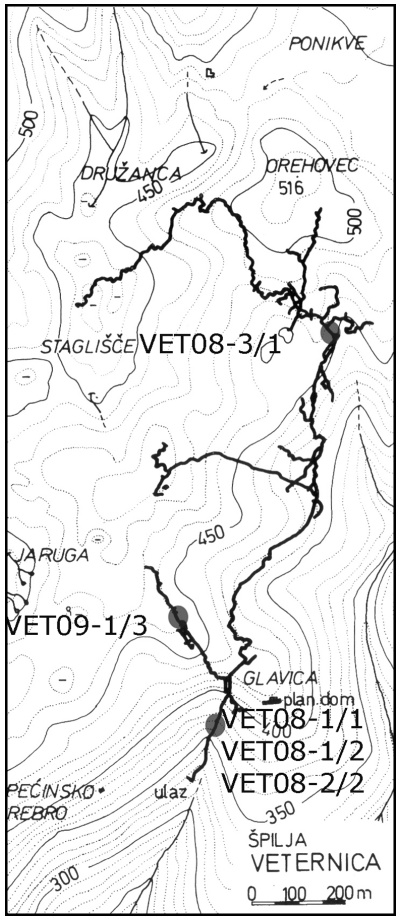
Recentni aluvijalni sedimenti istraženi su u Glavnom kanalu koji prikuplja vodu sa ponora na Ponikvama, a detritus potječe od trijaskih dolomita i dolomitičnih vapnenaca, gornjokrednih i badenskih sedimenata, te u Velebitaškom kanalu koji prima sediment s područja Jaruge zapadno od Veternice s badenskim i trijaskim stijenama kao izvorima detritusa (Sl. 1).

Udio kalcij-karbonata u sedimentu određen je u frakciji <2 mm, te <0,125 mm otapanjem u 3% kloridnoj kiselini, te vaganjem netopivog ostatka. Kemijski sastav (glavni elementi, elementi u tragovima i elementi rijetkih zemalja (REE)) u frakciji <0,125 mm analizirani su u ACME Analytical Laboratories Ltd., Vancouver u Kanadi. Petrografski sastav određen je u netopivom ostatku u mikroskopskim preparatima praha.

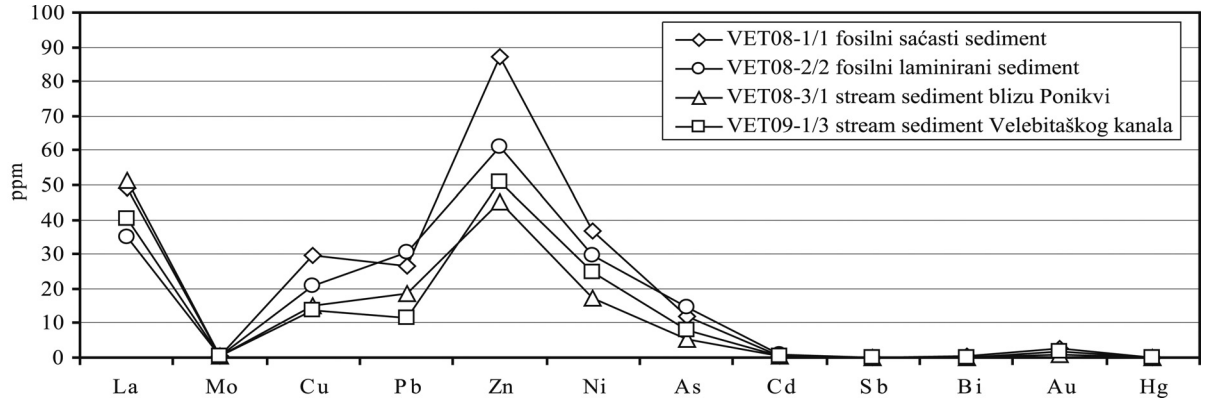
Fosilni sedimenti u Veternici:

VET08-1/1 – Površinski dio izdanka sastoji se od saćaste, šupljikave, homogene žućkaste gline, koja sadrži 3,5% kalcij-karbonata, a netopivi ostatak (96,5%), čine grudice glina.

VET08-1/2 – Laminirana malo pjeskovita glina s dubine 5–10 cm sadrži 5,0% kalcij karbonata u frakciji <2 mm; i 2,1% u frakciji <0,125 mm. Netopivi ostatak se sastoji od grudica glinovite tvari, kvarca, te kristalića gipsa i apatita.



Slika 1. Tlocrt špilje Veternice i lokacija uzoraka.
Figure 1. Ground-plan of the Veternica Cave and sample location.



Slika 2. Udio odabranih elemenata u aluviju Veternice.
Figure 2. Concentrations of selected elements in the alluvium of Veternica Cave.

VET08-2/2 – Laminirana neznatno pjeskovita glina. Frakcija <2 mm sadrži 12,1%, a frakcija <0,125 mm samo 3,8% kalcij-karbonata.

Siliciklastične čestice su: čestice stijena (mikrokvarcit, filit, slejt), kvarc, rijetki biotit, muskovit i klorit. Razmjerno je čest cirkon, rjeđi su tremolit-aktinolit, hornblenda i turmalin, a vrlo su rijetki rutil, brookit, zoisit, epidot i granat.

Recentni sedimenti aktivnog toka u Veternici:

VET08-3/1 – Recentni sediment iz aktivnog toka ("stream") u sjevernom dijelu špilje blizu ponora na Ponikvama je konglomeratični glinoviti pijesak. Udio karbonata u frakciji <2 mm iznosi 25,4%, a u sitnijoj <0,125 mm 8,7%. Netopivi ostatak sadrži jako malo frakcije <0,125 mm u kojoj prevladava kvarc (uključivo složena zrna), zatim čestice stijena i opâka zrna, a rijetki su muskovit klorit i biotit. Podjednako su zastupljeni cirkon, turmalin i rutil, te brookit, epidot – zoisit, aktinolit, apatit i granat.

VET09-1/3 – Recentni sediment iz aktivnog toka u Velebitaškom kanalu je glinoviti konglomeratični pijesak. Udio karbonata u frakciji <2 mm iznosi 8,7%, a u sitnijoj <0,125 mm samo 3,3%.

Dimenzija većine siliciklastičnih čestica (oko 0,03 mm) je presitna za istraživanje petrografskim mikroskopom. Prepoznati su cirkon, turmalin, biotit, muskovit, amfibol, kloritoid, rutil i po koje zrno zoisita. Česti su "štapići" dijatomeja.

Udio kalcij-karbonata ovisan je o veličini zrna analiziranog sedimenta – u frakciji <2 mm varira od 3,5% u fosilnom glinovitom sedimentu, do 25,4% u sedimentu recentnog toka koji u špilju dolazi s područja Ponikvi. U frakciji <0,125 mm udio $CaCO_3$ je znatno niži i iznosi 2,1%–8,7%, iz čega je vidljivo da većim dijelom potječe od detritičnih čestica, kojih je više u krupnijoj frakciji i nešto su češće u kanalu koji prima sediment s Ponikvi, gdje prevladavaju karbonatne stijene. Udio glavnih elemenata sličan je u sva 4 analizirana uzorka i također pokazuje ovisnost o granulometriji. Udio REE jednak je za sve analizirane sedimente. Što se tiče elemenata u tragovima, zanimljivo je da je u fosilnom sedimentu viši udio nikla i skandija, a vrijednost nikla je čak gotovo dvostruko viša nego u sedimentima recentnih tokova. Najglinovitiji uzorak (VET08-1/1) sadrži nešto više barija, rubidija i vanadija. Viši udio cirkonija u recentnom sedimentu potječe iz detritičnog cirkona. Udio većine elemenata u tragovima znatno je, ili čak gotovo dvostruko viši u fosilnom sedimentu. Tako su u fosilnom sedimentu povišene vrijednosti Cu, Pb, Zn, Ni i As, a neznatno su više za Mo, Cd i Hg. (Sl. 2).

U usporedbi s podacima iz Pravilnika o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja štetnim tvarima (1992) maksimalne dozvoljene vrijednosti za analizirane elemente više su od onih dobivenih u sedimentima Veternice. Slično se može vidjeti u Izvješću o stanju okoliša na području grada Zagreba iz 2006., gdje su prosječne vrijednosti u tlu za Cd, Pb, Ni, Cu, Zn i Cr donekle usporedljive s vrijednostima dobivenim u sedimentima Veternice, no maksimalne vrijednosti ih daleko premašuju. Zaključno se može ustvrditi da sedimenti Veternice, uključivo i oni recentni, odražavaju izvorni geokemijski sastav i mogu poslužiti kao pokazatelj za nenarušeni okoliš.

LITERATURA

GORJANOVIĆ-KRAMBERGER, D. (1899): Krš Zagrebačke gore.– Hrv. Planinar, 2/11, Zagreb.

MALEZ, M. (1965): Pećina Veternica u Medvednici. I opći speleološki pregled, II stratigrafija kvartarnih taložina.– Acta Geol., 5, 175–229.

Izvješće o stanju okoliša na području grada Zagreba (2006): www.zagreb.hr/slglasnik.nsf

Pravilnik o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja štetnim tvarima (1992): Narodne novine 15/92.

Authigenic iron minerals as indicators of early-dolomitization in the Sandy Dolomites (uppermost Permian–Lower Triassic, Velebit Mt., Croatia)

Autigeni željezoviti minerali kao indikatori rane dolomitizacije u pjeskovitom dolomitu (najgornji dio perma i donji trijas, Velebit)

Karmen Fio[1], Hrvoje Posilović[1], Jasenka Sremac[1], Igor Vlahović[2], Vladimir Bermanec[1] & Ivo Velić[3]

[1]Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb, Croatia (karmen.fio@geol.pmf.hr)
[2]Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Croatia
[3]Croatian Geological Survey, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Croatia

Key words: Fe-authigenic minerals, early-dolomitization, Lower Triassic, Velebit Mt.
Ključne riječi: autigeni željezoviti minerali, rana dolomitizacija, donji trijas, Velebit

Sedimentation from the uppermost Permian to the Lower Triassic deposits in the Velebit Mt. area is continuous (SALOPEK, 1948), and occurs within the lowest part of the informal lithostratigraphic unit of Sandy Dolomite. Lower Triassic deposits are mostly represented by early-diagenetic dolomites characterized by scarce fossil findings and frequent siliciclastic grains. Their composition indicate shallow-water marine depositional environment strongly influenced by the hinterland. Authigenic Fe-mineral association present in these dolomites, mainly pyrite and siderite, can therefore help in reconstruction of diagenetic and geochemical conditions of the dolomitization environment.

Collected sediment samples were disintegrated, cut and polished, and analyzed by polarizing microscope, Scanning Electron Microscope (SEM), Energy Dispersive Spectroscopy (EDS), and X-ray Diffraction. Phase stability diagrams were constructed on the basis of mineral phases identified in the samples. The iron, calcium, magnesium and sulphide concentrations chosen for stability field calculations are variable, but within ranges considered normal for pore fluids in balance with carbonates. Up to four stability iterations with different activities per ion species were calculated and stability fields were overlaid. This approach enabled determination of trends in the mineral stability field change, minimizing errors in conclusions, due to unknown real ion activities in pore waters.

Due to the oxidation of authigenic sulphides and siderite their determination was sometimes possible only on the basis of crystal morphology examination under SEM. Pyrite was identified by distinctive crystal morphology – hexahedra with perfectly preserved striations and octahedra-hexahedra combinations, even though they were oxidized mainly into magnetite and goethite (Fig. 1). Siderite is present in the characteristic rhombohedral form (Fig. 2), rarely in pseudo-hexagonal plates. Siderite is also oxidized to magnetite and goethite but in much lower extent compared to pyrite, and EDS show spectra characteristic for siderite. Siderite rhombohedral crystals are inter-grown with smaller dolomite or ankerite rhombohedra, in the form of crystal inclusions. Such aggregate formations indicate that dolomite and ankerite have been crystallized prior to the phase of siderite

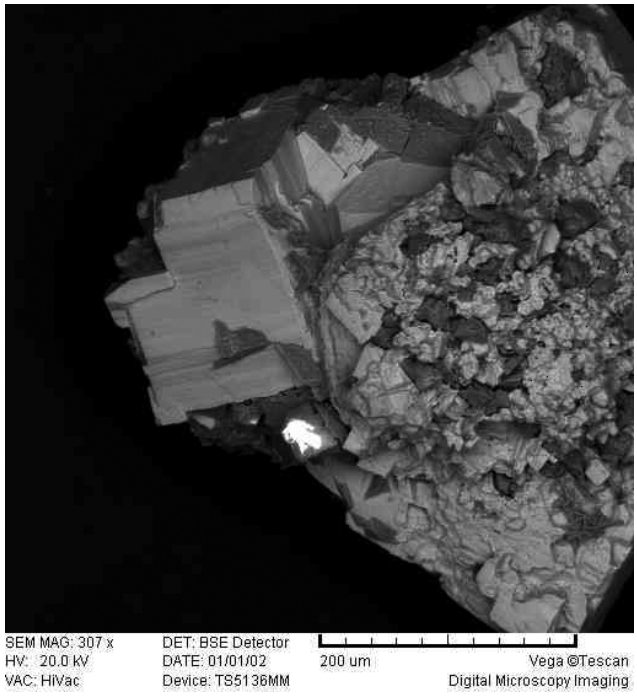


Figure 1. Pseudomorphosis of goethite after pyrite, hexahedra with preserved pyrite striations.
Slika 1. Pseudomorfoza goethita po piritu, heksaedri s očuvanim prutanjem karakterističnim za pirit.

rhombohedra formation. Host sediment containing described mineral association can be described as early-diagenetic dolomite, sometimes transitional to ankerite.

Authigenic iron minerals found in the carbonate sediments are typical for three very different geochemical environments: sulphidic, carbonate and oxic. Pyrite, siderite and magnetite are minerals stable under negative Eh and their stability fields are strongly influenced by the pCO_2 and pS^{2-} of the solution. In diagenetic environment described here siderite is found to be associated with pyrite. If there is lower activity of Fe^{2+} and higher Ca^{2+} and Mg^{2+} activity in the pore waters, then ankerite or ferroan calcite will form, as in studied deposits. Geochemical environment characterized by pyrite–siderite–ankerite–dolomite mineral association was the same diagenetic environment in which early-diagenetic dolomites were formed.

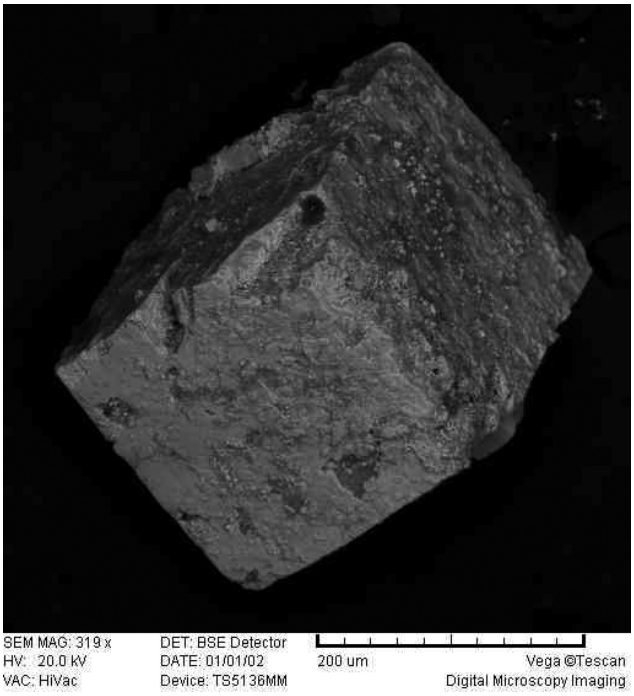


Figure 2. Siderite rhombohedron partially oxidized into goethite.
Slika 2. Romboedar siderita djelomično oksidiran u goethit.

The occurrence of siderite is characteristic for continental sediments with low concentration of dissolved sulphate (BERNER, 1981). In marine sediments siderite occur mostly as late-diagenetic cement, or may occasionally be precipitated during deposition or early diagenesis, if sulphate concentration is somehow lowered. Sulphate in marine environment is regularly reduced to sulphide by bacterial metabolic activity; sulphide concentration can be lowered by precipitation of iron sulphides, or by dilution with fresh water of meteoric or other non-marine origin. Siderite was therefore formed in the mixing zone of marine and fresh water due to significantly lower sulphate concentration in brackish waters. In such diagenetic environment iron sulphides were formed, which additionally lowered sulphide activity in sediment pore waters, resulting in relative Fe^{2+} concentration increase. These processes have moved diagenetic environment toward siderite stability area.

Dolomitization of the studied sediments containing characteristic mineral association of pyrite, siderite, ankerite and dolomite, occurred in the mixing zone of sea and fresh water. Such dolomitization model is typical for the transgressive sequences (e.g. WRIGHT et al., 1997), which is in line with the ongoing transgression recorded within the Sandy Dolomite unit and continuous siliciclastic input to the shallow-water environment during Early Triassic.

Fe-mineral associations and thermodynamic stability of authigenic iron minerals studied within uppermost Permian to Lower Triassic Sandy Dolomites of the Velebit Mt. provided a new tool to reveal diagenetic environment.

REFERENCES

BERNER, R.A. (1981): A New Geochemical Classification of Sedimentary Environments.– Journal of Sedimentary Petrology, 51, 359–365.

SALOPEK, M. (1948): O gornjem paleozoiku sjeveroistočnog podnožja Velebita i Like (On the Upper Palaeozoic of the northeastern slope of the Velebit Mt. and Lika region – in Croatian).– Natural Sciences – Yugoslavian Academy of Sciences and Arts, 101–143, Zagreb.

WRIGHT, V.P., VANSTONE, S.D. & MARSHALL, J.D. (1997): Contrasting flooding histories of Mississippian carbonate platforms revealed by marine alteration effects in paleosols.– Sedimentology, 44, 825–842.

Valutice u sedimentima nižeg miocena Dilj gore (lokaliteti Staro Završje, Vučje jame i Pivnice)

Pebbles of Lower part of Miocene deposits of Dilj Mt. (Staro Završje, Vučje jame and Pivnice localities)

Marija Horvat

Hrvatski geološki institut, Sachsova 2., 10 000 Zagreb, Hrvatska
(mhorvat@hghi-cgs.hr)

Ključne riječi: krupnoklastični sedimenti, niži miocen, jedinica Ravan, Dilj gora, Hrvatska
Key words: coarse clastic sediments, Lower part of Miocene, Ravan unit, Dilj Mt., Croatia

Dilj gora smještena je u južnom dijelu Panonskog bazena, u Slavoniji, sjeverno od Slavonskog Broda. Prva istraživanja na Dilj gori započeta su u drugoj polovici 19.-og, nastavljena u drugoj polovici 20.-og, a najsveobuhvatnije su opisana od strane ŠPARICA & CRNKO (1973), te ŠPARICA et al. (1979, 1980, 1986a, 1986b). Novomilenijska istraživanja u okviru izrade Geološke karte Republike Hrvatske 1:50.000, na području Dilj gore, unutar neogenskih naslaga izdvojila su 11 neformalnih litostratigrafskih jedinica (PIKIJA et al., 2005; KOVAČIĆ et al., 2005). Na temelju snimljenih geoloških stupova, krupnoklastični sedimenti nižeg miocena neformalne litostratigrafske jedinice Ravan (PIKIJA et al., 2005) utvrđeni su na lokalitetima Staro Završje (StZ-I), Vučje jame (Vjm-I) i Pivnice (Piv-I).

Na lokalitetu Staro Završje, sedimenti nižeg miocena predstavljeni su izmjenom intervala pjeskovito do šljunkovitog silta i klastpotpornog, dijelom slabo vezanog, polimiktnog šljunka. Šljunak se javlja i u vidu leća unutar siltnih intervala. Veličina valutica iznosi 2–10cm, ali su prisutni i blokovi veličine do 40 cm. Valutice se mogu grupirati u tri glavne skupine. Prvu sačinjavaju pješčenjaci i siltiti. To su stijene psamitno-pelitne klastične strukture, gusto pakirane, loše sortirane s neujednačenim dimenzijama detritusa. Skoro uvijek je prisutan i sekundarno izlučeni karbonat. Prevladavaju fragmenti polikristaliničnog kvarca, kvarcita, kvarcnih škriljavaca, kiselih magmatskih stijena i rožnjaka, nad česticama monomineralnog kvarca, feldspata, muskovita i klorita, a nalazimo i karbonatne čestice. Gusto pakirani varijeteti s željezovitom komponentom u vezivu u kojima prevladavaju litoklasti odgovaraju sublitoarenitu, dok uzorci s većim postotkom sekundarno izlučenog karbonata u intergranularnom prostoru odgovaraju pješčenjacima grauvaknog tipa. Uzorci s visokim sadržajem $CaCO_3$ predstavljaju prijelaz prema drugoj glavnoj skupini stijena, a to su vapnenci. Razlikuju se čisti mikriti, sparitizirani mikriti, glinovito-siltozni vapnenci, te mramorizirani vapnenci. Treća karakteristična skupina jesu anhimetamorfne stijene i stijene niskog stupnja metamorfizma tipa slejt-filita. Rijetki su nalazi valutica granita, riolita i breče.

Na lokalitetu Vučje jame sedimenti nižeg miocena predstavljeni su klast do matrikspotpornim šljunkom. Jedna trećina prikupljenih valutica i ovdje su sitno do srednjezrnasti pješčenjaci s karbonatnim vezivom i siltiti. Svi uzorci imaju ujednačeni mineralni sastav: prevladavaju čestice feldspata (ortoklas, mikroklin, rijetko plagioklas), mono- i polikristalinični kvarc, rijetko muskovit i čestice karbonata i pripadaju arkoznim arenitima i subarkozama. Vezivo je oskudno, željezovito, ponegdje sekundarno izlučeni karbonat. Ima uzoraka u kojima se smanjuje udio feldspata na račun fragmenata stijena i to: kvarcita, škriljavaca i kiselih magmatskih stijena, te rijetko rožnjaka. Ovi varijeteti odgovaraju sublitoarenitu na granici prema litičnoj grauvaki. Kemijsko trošenje nije zahvatilo feldspate što je najvjerojatnije posljedica sedimentacije u blizini matičnih stijena koje su ih derivirale, ali i relativno brzog taloženja. Vapnenci su rjeđi nego na lokalitetu StZ-I, ali je nađen uzorak koji odgovara vapnencu tipa scaglia. U većem broju prisutne su valutice mramora i amfibolskog škriljavca, a i ovdje kao i na prethodnom lokalitetu veliku skupinu čine anhimetamorfne i stijene niskog stupnja metamorfizma tipa slejt-filita. Stijene ove skupine najvjerojatnije su bile finolaminirani sedimenti – izmjena lamina pješčenjaka i šejla uz prisustvo karbonata, a pretpostavka je, da su metamorfozirane u uvjetima niskog stupnja metamorfizma. Pri tome su kao rezultat nastale, ovisno o udjelu prethodno nabrojanih komponenti i tada prisutnim p-t uvjetima, metamorfne stijene različite teksture (od homogene do škriljave) i različitog stupnja kristaliniteta. U pojedinim uzorcima optički se uopće ne razaznaju mineralne faze, dok postoje varijeteti u kojima su jasno odredivi kvarc, feldspat (albit), bijeli tinjac, klorit, amfibol i karbonat (kalcit). Nabrojani minerali potvrđeni su i XRD analizom. Neki uzorci su lagano mikroborani ("plisirani"), a nailazi se i na mikroklivaž.

Valutice s lokaliteta Pivnice, izdvojene su iz klast- do matrikspotpornog šljunka, sitnije su nego na prethodna dva

lokaliteta (veličina im rijetko doseže 10cm). Vrlo su dobro zaobljene, slabo do dobro sortirane. Za razliku od lokaliteta Staro Završje i Vučje jame ovdje nisu nađene anhimetamorfne stijene i metamorfne stijene skupine slejt-filita, ali su kao i na prethodna dva lokaliteta potvrđeni nalazi pješčenjaka i vapnenaca. Sporadično i ovdje se isipavaju mramor i amfibolski škriljavac. Vapnenci su mikriti i mikrospariti. Osnovni sastojak je mikritni kalcit, koji je u pojedinim uzorcima slabije do izraženije rekristaliziran. Većina pješčenjaka su sublitoareniti s prijelazom u grauvake. To su loše sortirani pješčenjaci u kojima od siliciklastičnih čestica prevladava polikristalinični kvarc, kvarcni škriljavac, klasti starijih karbonatnih stijena i rožnjaci. Česta su samostalna zrna kvarca, feldspata, a rijeđi listići muskovita, biotita i klorita. Neke od valutica sadržavaju fosilno kršje. U vezivu varira udio željezovite komponente i sekundarno izlučenog karbonata. Česte su i žilice sekundarnog kalcita.

Istraživane valutice u sedimentima nižeg miocena Dilj gore litološki su veoma heterogenog sastava. Najzastupljeniji su pješčenjaci do siltiti, vapnenci, pjeskoviti vapnenci i mramori, potom anhimetamorfne i stijene niskog stupnja metamorfizma tipa slejt-filita, a podređeno prisutni amfibolski škriljavac, granit, riolit i breče. Navedeni tipovi stijena ukazuju da su matične stijene iz kojih su valutice derivirane prvenstveno bile starije sedimentne i metamorfne stijene, a tek u manjoj mjeri magmatske stijene.

LITERATURA

KOVAČIĆ, M., AVANIĆ, A., BAKRAČ, K., HEĆIMOVIĆ, I., FILJAK, R. & MORIĆ, A. (2005): Gornjomiocenski sedimenti Dilj gore (Late Miocene Sediments of Dilj Mt.).– U: VELIĆ, I., VLAHOVIĆ, I. & BIONDIĆ, R. (ur.): Proceedings of the 3rd Croatian Geological Congress, Abstracts Book, 77–78.

PIKIJA, M., VRSALJKO, D., MIKNIĆ, M., HORVAT, M., GALOVIĆ, I. & SLOVENEC, D. (2005): Sedimenti nižeg miocena Dilj gore (Lower part of Miocene Deposits of Dilj Mt.).– U: VELIĆ, I., VLAHOVIĆ, I. & BIONDIĆ, R. (ur.): Proceedings of the 3rd Croatian Geological Congress, Abstracts Book, 113−114.

ŠPARICA, M. & CRNKO, J. (1973): Geologija zapadnog dijela Dilj gore.– Geol. vjesnik, 26, 83−92, Zagreb.

ŠPARICA, M., JURIŠA, M., CRNKO, J., ŠIMUNIĆ, A., JOVANOVIĆ, C. & ŽIVANOVIĆ, D. (1979): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, list Nova Kapela.– Inst. za geol. istraž., Zagreb, Inst. za geol., Sarajevo, Sav. geol. zavod, Beograd.

ŠPARICA, M., JURIŠA, M., CRNKO, J., ŠIMUNIĆ, A., JOVANOVIĆ, C. & ŽIVANOVIĆ, D. (1980): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. Tumač za list Nova Kapela.– Inst. za geol. istraž., Zagreb, Inst. za geol., Sarajevo, Sav. geol. zavod, 1−55, Beograd.

ŠPARICA, M., BUZALJKO, R. & MOJIĆEVIĆ, M. (1986a): Osnovna geološka karta 1:100.000, list Slavonski Brod. Inst. za geol. istraž., Zagreb, Inst. za geol., Sarajevo, Sav. geol. zavod, Beograd.

ŠPARICA, M., BUZALJKO, R. & PAVELIĆ, D. (1986b): Osnovna geološka karta 1:100.000. Tumač za list Slavonski Brod.– Inst. za geol. istraž., Zagreb, Inst. za geol., Sarajevo, Sav. geol. zavod, 1−56, Beograd.

Carbonate gravity-flow deposits from Bohinj area (NW Slovenia): evidence of a latest Jurassic – earliest Cretaceous carbonate platform in the Internal Dinarides

Naslage karbonatnih gravitacijskih tokova okolice Bohinja (SZ Slovenija) kao dokaz postojanja kasnojurske do ranokredne karbonatne platforme u području Unutarnjih Dinarida

Duje Kukoč[1], Špela Goričan[1] & Adrijan Košir[1]

Paleontološki inštitut Ivana Rakovca ZRC SAZU, Novi trg 2, 1000 Ljubljana, Slovenia
(duje.kukoc@zrc-sazu.si)

Key words: Biancone limestone, calcareous breccia, radiolarians, Lower Cretaceous, Bled Trough
Ključne riječi: Biancone vapnenci, vapnenačke breče, radiolarije, donja kreda, bledsko korito

Carbonate gravity-flow deposits at Srednja vas near Bohinj have been studied for radiolarian dating and composition of resedimented limestones. Paleogeographically, the area was part of the Bled Trough, which was located NE of the Tolmin Trough and thus relatively distal with respect to the Dinaric Carbonate Platform. The Jurassic to Lower Cretaceous succession of the Bled Trough consists of: Lower Jurassic limestone with echinoderms (Hierlatz facies), Middle and Upper Jurassic bedded radiolarian cherts and shales, Biancone limestone, alternation of marls and shales, and finally siliciclastics with limestone olistoliths and ophiolite debris. This research is focused on the Biancone limestone, an approximately 40 m thick series of well bedded pelagic limestone, which includes intercalations of resedimented carbonates.

The lower part of the studied section consists of radiolarian packstone with chert nodules and layers, and in places contains thin interlayers of marl. Radiolarian assemblages from these beds indicate an Early Cretaceous age (Berriasian – early Valanginian). The upper part consists mainly of carbonate breccias. Microfacies analyses showed angular to subangular shallow-water grainstone lithoclasts, ooid grains, fragments of calcareous algae, miliolid foraminifera and various other skeletal fragments of different size. Clasts of pelagic limestone are also present and contain *Calpionella alpina* LORENZ whose range is late Tithonian to earliest Valanginian. The matrix of breccias is radiolarian-rich lime mudstone. The age of the platform carbonates is determined on the basis of calcareous alga *Clypeina jurassica* FAVRE which is characteristic of late Kimmeridgian to earliest Berriasian. In the uppermost part, carbonate breccias alternate with calcarenites. Slump folds are common.

Extraclasts and calcareous debris undoubtedly prove a platform origin of resedimented limestone. The Biancone limestone of the Tolmin Trough, which occupied an intermediate position between the Dinaric Carbonate Platform and the Bled Trough, consists of micrite without resedimented limestones. Therefore we conclude that the Dinaric Carbonate Platform could not be the source of shallow-water carbonates in the Bled Trough. We believe that these breccias represent evidence of a carbonate platform which must have been located more internally but is now not preserved. This inferred platform may have developed on top of a nappe stack, which formed during the early emplacement of the internal Dinaric units onto the continental margin.

Genetically similar isolated carbonate platforms of more or less the same age are known from several localities in the Alpine – Dinaride – Carpathian mountain belt. GAWLICK & SCHLAGINTWEIT (2006) described the Plassen Carbonate Platform which developed above Callovian to Tithonian basinal deposits of the Northern Calcareous Alps. SCHLAGINTWEIT et al. (2008) analysed clasts in mass-flow deposits to reconstruct a completely eroded Kimmeridgian? – Tithonian Kurbnesh Carbonate Platform from the Mirdita Ophiolite Zone in Albania. Other examples include Upper Jurassic reef limestones unconformably overlying the Vardar ophiolites in Serbia and the South Apuseni ophiolites in Romania (SCHMID et al., 2008).

REFERENCES

GAWLICK, H.J. & SCHLAGINTWEIT, F. (2006): Berriasian drowning of the Plassen carbonate platform at the type-locality and its bearing on the early Eoalpine orogenic dynamics in the Northern Calcareous Alps (Austria).– International Journal of Earth Science (Geologische Rundschau), 95, 451–462, Berlin/Heidelberg.

SCHLAGINTWEIT, F., GAWLICK, H.J., MISSONI, S., HOXHA, L., LEIN, R. & FRISCH, W. (2008): The eroded Late Jurassic Kurbnesh carbonate platform in the Mirdita Ophiolite Zone of Albania and its bearing on the Jurassic orogeny of the Neotethys realm.– Swiss Journal of Geosciences, 101, 125–138, Basel.

SCHMID, S.M., BERNOULLI, D., FÜGENSCHUH, B., MATENCO, L., SCHEFER, S., SCHUSTER, R., TISCHLER, M. & USTASZEWSKI, K. (2008): The Alpine-Carpathian-Dinaridic orogenic system: correlation and evolution of tectonic units.– Swiss Journal of Geosciences, 101, 139–183, Basel.

An integrated approach to provenance analysis: an example of Cretaceous sandstones from the northwestern Dinarides

Integrirani pristup pri analizi provenijencije: primjer krednih klastita sjeverozapadnih Dinarida

Borna Lužar-Oberiter[1], Hilmar von Eynatten[2], Istvan Dunkl[2], Tamas Mikes[3] & Ljubomir Babić[1]

[1]Institute of Geology and Palaeontology, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102a, 10T000 Zagreb, Croatia (bluzar@geol.pmf.hr)

[2]Abteilung Sedimentologie/Umweltgeologie, Geowissenschaftliches Zentrum der Universität Göttingen, Deutschland

[3]Institut für Geologie, Leibniz Universität Hannover, Deutschland

Key words: Provenance, Cretaceous, Dinarides, Sandstone geochemistry, Heavy mineral chemistry, Zircon fission track thermochronology
Ključne riječi: provenijencija, kreda, Dinaridi, geokemija pješčenjaka, kemija teških minerala

Provenance studies which integrate results from multiple analytical approaches can offer an in-depth view into the history of clastic detritus and its source area. In northwestern Croatia, synorogenic clastic formations document the evolution of the Dinaride orogen, including the Dinaride-Alpine transitional area, a region characterized by considerable geological complexity resulting from a severe and long-lasting deformational history. By applying a range of analytical methods to study the siliciclastic detritus of Cretaceous sandstones, our aim is to constrain the composition and dynamics of ophiolitic and continental source terrains being exhumed and eroded in the northwestern Dinarides and neighboring regions during the Mesozoic. Such integrated data can greatly contribute to a better understanding of the major events which marked the early tectonic history of the Dinarides. Furthermore, it allows direct comparisons to be drawn with neighboring Alpine, Tisza and other Dinaride regions.

Our study concentrates on Cretaceous clastic rocks which outcrop on the mountains and hills surrounding Zagreb, Croatia (Fig. 1). The siliciclastic detritus of fine to medium grained sandstones ranging in age from Early to latest Cretaceous was studied using wholerock geochemistry, microprobe analysis of individual heavy mineral grains, and zircon fission track (ZFT) thermochronology. The studied sandstones were sampled from five distinct clastic formations (Fig. 1) which have been extensively studied and described in the literature (see references in LUŽAR-OBERITER et al., 2009): the Oštrc, Bistra, Kravljak, Vivodina, and Glog formations.

In sandstones from the lower Cretaceous Oštrc formation (Ivanščica Mt.), values of Cr/V range between 20 and 30, considerably higher than in other analyzed samples. Together with very low Y/Ni values, this is indicative of a very large contribution of material from ophiolites (McLENNAN et al., 1993). The Bistra (Medvednica Mt.), Kravljak and Vivodina (Žumberak Hills) samples have Cr/V and Y/Ni values indicative of some ophiolite contribution, however, much more limited than is the case for the Oštrc. Meanwhile, the high Y/Ni values (and low Cr/V) in the Glog samples (Medvednica Mt.), similar to those found in felsic rocks, suggest a purely continental source.

The chemistry of detrital Cr-spinel has helped to further reveal the petrogenesis of the ophiolite source rocks being

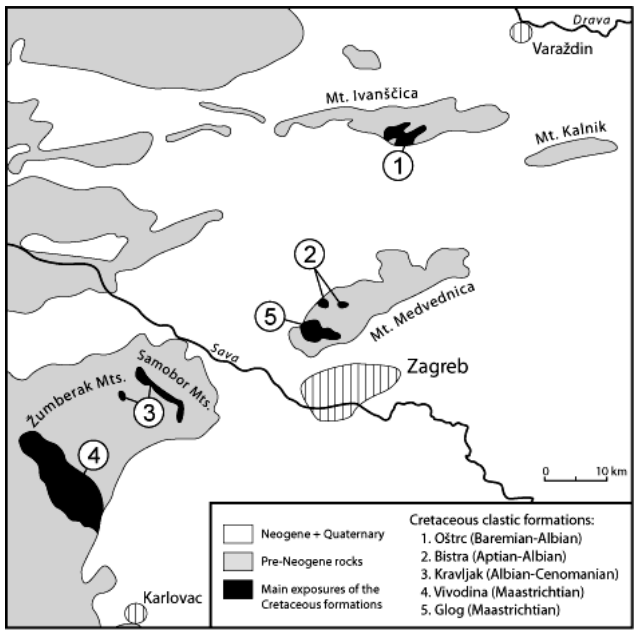


Figure 1. Simplified geological map of the study area showing the distribution of the studied clastic formations.
Slika 1. Pojednostavljena geološka karta istraživanog prostora na kojoj su istaknuta područja rasprostiranja proučavanih klastičnih formacija.

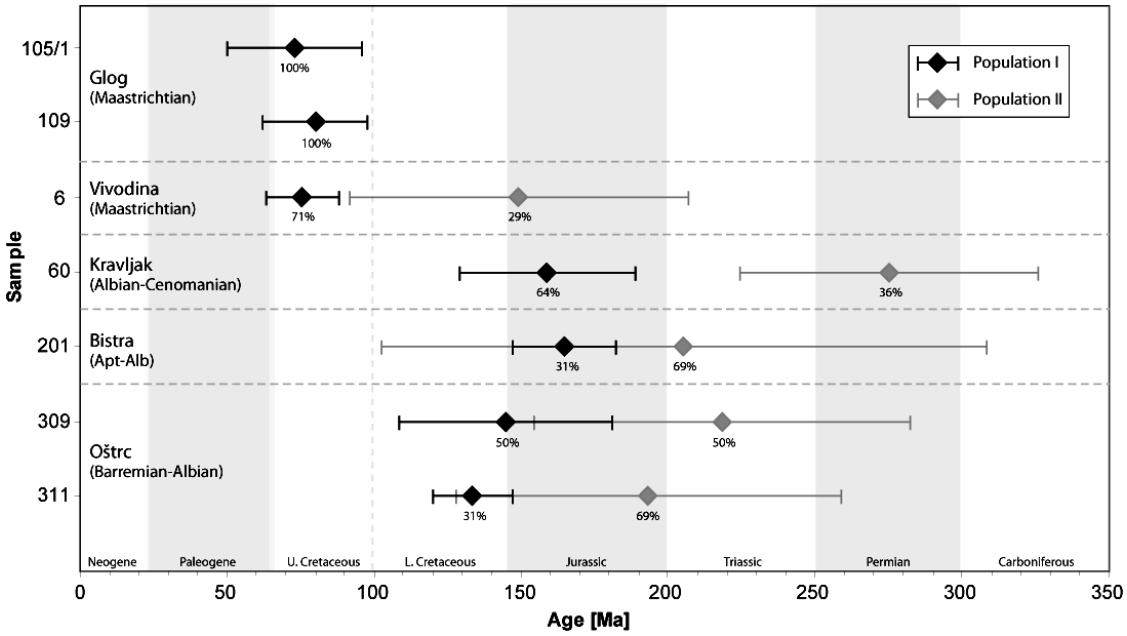


Figure 2. Detrital zircon FT age populations identified using the PopShare computer software (DUNKL & SZÉKELY, 2002). Diamonds correspond to population means while the extents of the whiskers represent the first standard deviations.
Slika 2. Populacije starosti detritarnih cirkona dobivene "fission track" metodom, određene pomoću programa PopShare (DUNKL & SZÉKELY, 2002). Prikazane su srednje vrijednosti populacija (dijamanti) +/– 1standardna devijacija.

obducted and eroded along the margin of Adria during Late Jurassic-Cretaceous times (LUŽAR-OBERITER et al., 2009). During both the Early and Late Cretaceous the source ophiolites were predominantly composed of harzburgite peridotites and associated cumulate rocks. A distinct regional similarity in detrital Cr-spinel compositions is evident between the Oštrc Fm. and contemporaneous Cr-spinel rich formations in the North Calcareous Alps and Transdanubian Central Range (POBER & FAUPL, 1988, ÁRGYELÁN, 1996).

The make-up and dynamics of continental sources terrains can be constrained by the chemical composition of detrital tourmaline, rutile and garnet, and ZFT thermochronology. Metapelites of medium grade were likely the most widespread continental non-carbonate lithology in the source region during the entire Cretaceous. Metamafic rocks also presented a significant source, while high grade metasediments and granitoid rocks occurred more sporadically. In sandstones of Barremian to Cenomanian age the youngest identified ZFT age populations are 134±14 Ma, 145±36 Ma, 162±43 Ma, and 159±30 Ma (Fig. 2). Also present within these sandstones are zircon grains which belong to older, more diffuse ZFT age populations ranging from the Early Jurassic to the Carboniferous. The sources of these zircons were most likely fragments of the Adria basement, segments of which had undergone thermal overprint related to obduction of the Neotethys in the Late Jurassic, and were subsequently exhumed and incorporated into thrust sheets together with ophiolites. In the latest Cretaceous sandstones, detrital ZFT ages are notably younger. In the Maastrichtian Vivodina sample (Žumberak Mts.) a well defined ZFT age population lies at 76±13 Ma, while in the Maastrichtian Glog samples from Mt. Medvednica the distributions of single-grain ages are unimodal at 80±18 Ma and 73±23 Ma (Fig. 2). This clearly identifies a distinct Eo-Alpine overprint in the source area, indicating that rapidly exhuming basement units either in the Eastern Alps and/or Tisza, or the Dinarides themselves, were supplying the basins of the NW Dinarides with detritus at the end of the Cretaceous.

REFERENCES

POBER, E. & FAUPL, P. (1988): The chemistry of detrital chromian spinels and its implications for the geodynamic evolution of the Eastern Alps.– Geol. Rundsch., 77, 641–670.

McLENNAN, S.M., HEMMING, S., McDANIEL, D.K. & HANSON, G.N. (1993): Geochemical Approaches to Sedimentation, Provenance and Tectonics.– In: JOHNSSON, M.J. & BASU, A. (eds.): Processes Controlling the Composition of Clastic Sediments. Geol. Soc. Am. Spec. Paper, 284, 21–40.

ÁRGYELÁN, G.B. (1996): Geochemical investigations of detrital chrome spinels as a tool to detect an ophiolitic source area (Gerecse Mountains, Hungary).– Acta Geol. Hung., 39, 341–368.

DUNKL, I. & SZÉKELY, B. (2002): Component analysis with visualization of fitting; PopShare, a Windows program for data analysis (abstract).– Geochim. Cosmoch. Acta, 66, 201.

LUŽAR-OBERITER, B., MIKES, T., VON EYNATTEN, H. & BABIĆ, LJ. (2009): Ophiolitic detritus in Cretaceous clastic formations of the Dinarides (NW Croatia): evidence from Cr-spinel chemistry.– Int. J. Earth Sci., 98, 1097–1108.

Tefra u pleistocenskim lesnim naslagama otoka Suska (sjeverni Jadran, Hrvatska) – karakterizacija i problematika

Tephra from the Pleistocene loess deposits of the Island of Susak (northern Adriatic, Croatia) – problems with characterization

Snježana Mikulčić Pavlaković[1], Marta Crnjaković[1], Darko Tibljaš[2], Marin Šoufek[1], Lara Wacha[3,4] & Manfred Frechen[4]

[1]Croatian Natural History Museum, Demetrova 1, 10 000 Zagreb, Croatia (snjezana.mikulcic@hpm.hr)
[2]University of Zagreb, Faculty of Science, Horvatovac 95, 10 000 Zagreb, Croatia
[3]Croatian Geological Survey, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Croatia
[4]Leibniz Institute for Applied Geophysics (LIAG), S3: Geochronology and Isotope Hydrology, Stilleweg 2, 30 655 Hanover, Germany

Key words: Island of Susak, tephra, geochemistry, volcanic particles
Ključne riječi: Susak, tefra, geokemija, vulkanske čestice

Island of Susak, in the Kvarner archipelago, covers an area of 3.8 km^2 with the highest peak at 96 m above sea level. Its almost horizontal Cretaceous limestone basement is covered with up to 90 m thick loess and loess-like sediments intercalated by sandy layers, palaeosols, carbonate concretions and at least three tephra layers (first introduced by BOGNAR et al., 2002). This study provides data on mineralogical and geochemical properties of tephras as well as time of deposition based on stratigraphically important loess horizons. The emphasis is on the problems of geochemical characterization of tephra and determination of possible volcanic sources.

Heavy minerals (32 to 125 μm size fraction), separated using bromoform after removal of carbonate, were studied by polarizing microscope. Bulk-rock chemical analyses were carried out in ACME Analytical Laboratories Ltd., Vancouver (Canada). Analysis of vitroclasts was performed by SEM-EDS. The ages were obtained by Infrared stimulated luminescence (IRSL) dating method.

The oldest (TF1) and the youngest (TF3) tephra are situated in loess while middle tephra (TF2) is patchy distributed in brown palaeosol (Fig. 1). First IRSL dating showed that loess-palaeosol sequence including upper two tephra layers correlates to Oxygen Isotope Stage 3 (WACHA et al., in press). Based on more recent IRSL dating of loess sandwiching the tephra, the TF3 from Bok section is between 29.9 ± 2.2 and 31.0 ± 2.3 ka old and between 28.0 ± 2.1 and 28.8 ± 2.1 ka old in Sand pit section. TF2 is between 39.0 ± 3.3 and 41.2 ± 3.6 ka old and TF1 is between 93.3 ± 7.0 and 98.3 ± 7.3 ka old.

Although all tephras have similar main and heavy mineral composition as loess (MIKULČIĆ PAVLAKOVIĆ et al., in press), the main characteristics are vitroclasts, rare idiomorphic biotite, and higher pyroxene content (serrated clinopyroxene in TF1 and idiomorphic, green augite in TF2 and TF3). Similar vitroclast morphology in TF1 and TF3 points to the same type of volcanism, whereas TF2 is a bit different not only by elongated and tubular vitroclasts which could be indicative for a strong eruption of Plinian-type, but also by its geochemical characteristics. Serration of oldest tephra clinopyroxenes could be a result of diagenesis in the lowermost (the oldest) unit of the loess sequence.

Bulk-rock chemistry shows minor differences between TF2 and other two tephra layers, but according to TAS diagram all have intermediate composition with low alkali content (Na and K). Chemical composition of the vitroclasts differs from the bulk-rock chemistry mostly by lower alkali content which could be a consequence of weathering and difficulties in the detection of light elements (especially Na). Geochemical characterization could be influenced by pedogenesis and weathering (depletion of alkalies) as well as by mixing of volcanic material with loess (higher SiO_2 content).

Based on the age, mineral association, morphology of volcanic particles and similarities with other tephra layers (Marche province, CHIESA et al., 1990; Paglicci Cave, Italy, CREMASCHI & FERRARO, 2007), middle tephra from Susak could be related to Campanian Ignimbrite eruption of the Phlegraean Fields dated around 39 ka (DE VIVO et al., 2001). Considering the age of TF1 and TF3 and the similarities of idiomorphic and serrated augite in other regions such as Aeolian arc (GARZANTI & ANDÒ, 2007), Island of Hvar in Central Dalmatian archipelago (LUŽAR-OBERITER et al., 2007) and Campanian province (PECCERILLO, 2005), those tephras could be related to the Middle and South Italian volcanic provenance. Due to abundance and frequency of Italian volcanic activity during Pleistocene

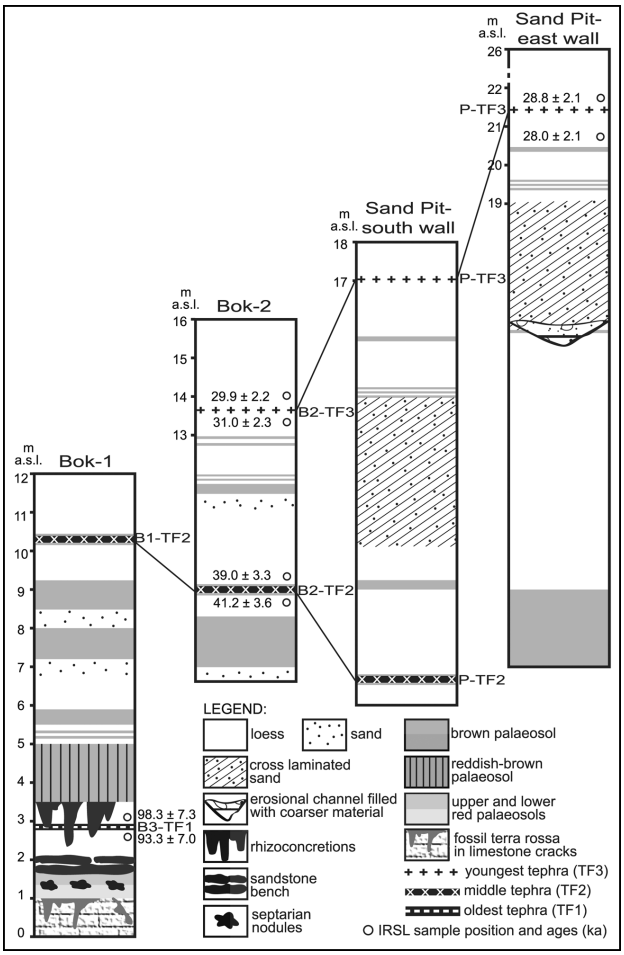


Figure 1. Stratigraphic sequences of Susak loess sections at Bok Bay (Bok-1, Bok-2) and Susak's sand pit (Sand Pit-south wall, Sand Pit-east wall) with indicated IRSL dating results.

Slika 1. Skica opisanih prapornih profila na otoku Susku u uvali Bok (Bok-1, Bok-2) i u pjeskokopu (Sand Pit-south wall, Sand Pit-east wall) s naznačenim rezultatima datiranja metodom luminiscencije.

(PECCERILLO, 2005) the additional analyses are required for further characterization of Susak's tephra horizons and correlation with possible sources of this volcanic material.

REFERENCES

BOGNAR, A., SCHWEITZER, F. & KIS, E. (2002): The Reconstruction of the Paleoenvironmental History of the Northern Adriatic Region Using of the Granulometric Properties of Loess Deposits on Susak Island, Croatia.– Chikei: Transactions–Japanese Geomorphological Union, 23/5, 795–810.

CHIESA, S., COLTORTI, M., CREMASCHI, M., FERRARIS, M., FLORIS, B. & PROSPERI, L. (1990): Loess sedimentation and quaternary deposits in the Marche province.– In: CREMASCHI, M. (ed.): The loess in northern and central Italy: a loess basin between the Alps and the Mediterranean region. Guide-book to the excursion in Northern and Central Italy, INQUA Commission on Loess, C.N.R. Quaderni di Geodinamica Alpina e Quaternaria, 1, 103–130, Milano.

CREMASCHI, M. & FERRARO, F. (2007): The Upper Pleistocene in the Paglicci Cave (Gargano, Southern Italy): Loess and tephra in the anthropogenic sequence.– Atti della Societa Toscana di Scienze Naturali, Memorie, Serie A, 112, 153–163.

DE VIVO, B., ROLANDI, G., GANS, P.B., CALVERT, A., BOHRSON, W.A., SPERA, F.J. & BELKIN, H.E. (2001): New constraints on the pyroclastic eruptive history of the Campanian volcanic Plain (Italy).– Mineralogy and Petrology, 73, 47–65.

GARZANTI, E. & ANDÒ, S. (2007): Plate tectonics and heavy mineral suites of modern sands.– In: MANGE, M.A. & WRIGHT, D.T. (eds.): Heavy minerals in use. Developments in Sedimentology, Elsevier, 58, 741–763.

LUŽAR–OBERITER, B., BABIĆ, Lj. & CRNJAKOVIĆ, M. (2007): Sources of modern beach sands from two islands in the eastern Adriatic (Croatia).– In: Book of Abstracts Patras: International Association of Sedimentologists, 268 p.

MIKULČIĆ PAVLAKOVIĆ, S., CRNJAKOVIĆ, M., TIBLJAŠ, D., ŠOUFEK, M., WACHA, L., FRECHEN, M. & LACKOVIĆ, D. (in press): Mineralogical and Geochemical Characteristics of Quaternary Sediments from the Island of Susak (Northern Adriatic, Croatia).– Quaternary International

PECCERILLO, A. (2005): Plio-Quaternary Volcanism in Italy – Petrology, Geochemistry, Geodynamics.– Springer, Berlin, 365 p.

WACHA, L., MIKULČIĆ PAVLAKOVIĆ, S., NOVOTHNY Á., CRNJAKOVIĆ, M. & FRECHEN, M. (in press): Luminescence Dating of Upper Pleistocene Loess from the Island of Susak in Croatia.– Quaternary International, doi: 10.1016/j.quaint.2009.12.017.

Sedimentology, origin and depositional setting of sandstone beds within the oldest Promina deposits (Middle to Upper Eocene) of Northern Dalmatia, Croatia

Sedimentologija, postanak i taložni okoliš pješčenjačkih slojeva u najstarijim, srednjo- do gornjoeocenskim Prominskim naslagama sjeverne Dalmacije

Ervin Mrinjek[1], Vili Pencinger[2], Goran Mikša[4], Igor Vlahović[3], Ivo Velić[2], Josipa Velić[3], Stanislav Bergant[2], Dubravko Matičec[2] & Božo Prtoljan[2]

[1]University of Zagreb, Faculty of Science, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb, Croatia
[2]Croatian Geological Survey, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Croatia
[3]University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Croatia
[4]INA-Industrija nafte, 10 000 Zagreb, Croatia

Key words: sandy hyperpycnites, muddy hyperpycnites, storm-generated currents, tempestites, classical turbidites, foreland basin, Promina deposits
Ključne riječi: pješčani hiperpikniti, muljni hiperpikniti, olujne struje, tempestiti, predgorski bazen, klasični turbiditi, Prominske naslage

The late Middle to Upper Eocene Korlat Unit which is cropping out along the SW margin of the Promina basin in the Benkovac area (Northern Dalmatia) represents the oldest part of the Promina succession. Carbonate sandstones interbedded with 'background' finer-grained calcareous deposits (siltstones and mudstones) are ubiquitous feature of the Korlat Unit. This up to 600 m thick alternation is frequently interrupted by deposition of olistoliths and megabeds (BABIĆ & ZUPANIČ, 1983; see also MRINJEK et al., this book). Sandstone beds are a mixture of various high-energy 'event facies' such as classical Bouma-type turbidites and non-classical turbidites.

Classical turbidites (surge-type flow-derived turbidites) comprise complete Bouma sequences (Ta-e), 30–40 cm thick, or are incomplete, representing base cut-off sequences (Tbcde, Tde, Tcde) 10–20 cm thick. They are characterized by well developed grading from small rip clasts, granules and/or very coarse-sized sand grains in the base (complete sequences) or medium- to fine-sized grains (incomplete sequences) to mud at the top of both sequences types. Classical turbidites may have been deposited either by spontaneous sediment failures or from earthquake-generated turbidity currents.

Non-classical turbidites include sandy and muddy hyperpycnites (river flood-generated turbidites), storm wave-reworked amalgamated shoreface beds and tempestites (storm-genereted turbidites).

Flood-generated hyperpycnal flows are sustained, long-duration currents which can transport large quantities of very fine-grained sands, silts and muds (MULDER et al., 2003). Sandy hyperpycnites are 3–30 cm thick, fine- to very fine-grained, ungraded, inversely and/or normally graded sandstone beds. Their bedding surfaces may be gradational, sharp or erosional. Beds can be fully massive (Bouma-like Ta), fully parallel-plane laminated (like Tb) or contain intervals of massive to parallel-plane lamination (like Tab); massive to parallel-plane lamination to low-angle cross lamination (like Tabc); low-angle cross lamination to parallel-plane lamination to low-angle cross lamination (like Tcbc); parallel-plane lamination to massive to parallel-plane lamination (like Tbab). Recognizable structures suggest deposition from sustained, but fluctuating flows (waning flows or waxing to waning flows). Sandy hyperpycnites in the NW part of the unit are predominantly thinner and tabular, with laterally continuous thickness for hundreds of meters. In the SE part hyperpycnites are thicker, and some of them are stacked together and laterally pinch-out suggesting deposition within poorly defined wide channels.

Muddy hyperpycnites occur within interbedded 'background' facies (SOYINKA & SLATT, 2008). Massive mudstone with laminae and thin (1–3 cm) ungraded, inversely and/or normally graded siltstone and very fine-grained sandstone beds or very thin siltstone and sandstone strings suggest deposition from muddy hyperpycnal flows. Contacts between coarser-grained and muddy parts are gradational or sharp. Unfortunately, their recognition and differentiation from other types of laminated mudstones may be problematic (STOW & SHANMUGAN, 1980; MRINJEK, 1992). However, their association with sandy hyperpycnites suggests that at least some of laminated mudstone beds have been deposited from sustained, long- duration currents. The presence of plant detritus as well as low diversity and low abundance of trace fossils in both types of hyperpycnites indicate fresh water input into the basin.

Deposits on the southeastern edge of the Korlat Unit consist of 5–40 cm thick, sheet-like sandstone beds which are amalgamated or separated by 'background' deposits. Sandstones are very fine- to medium-grained, commonly partly graded with planar or slightly undulatory erosional bases. Some beds probably represent hyperpycnites derived from flood-generated density flows, but many beds display internal sedimentary structures such as planar parallel lamination, hummocky and/or swaley lamination, wave-ripple cross lamination and cross lamination which may be attributed to asymmetrical combined-flows ripples. Some beds have massive, graded basal parts. The scale of cross-lamination commonly decreases upwards within a bed. The amalgamated sandstone beds and sandstone beds separated with thin (up to 5 cm) 'background' deposits have been deposited in a shoreface zone (above the mean fairweather wave base) during erosional storm events when the shoreface sand has been swept seawards by currents. The sandstone beds separated with thicker (10 to 100 cm) 'background' deposits have probably been deposited in an offshore-transition zone, between the fair-weather and storm wave base, where 'background' sedimentation has been punctuated by episodic incursions of storm-derived sand. The heavily laden, storm-generated currents could have been boosted by density and in this case their deposits in the distal parts of the basin (below storm wave base) may resemble classical turbidites. Also, some flood-generated hyperpycnal flows could have been modified by storm waves during their transportation over shoreface and offshore-transition zone.

Southeastern and northeastern basin margins have been subjected to differential uplift by tectonic thrusting. Shoreface and offshore-transitional zone along the southeastern margin were narrower with steeper gradient and thus prone to sediment bypass, whereas corresponding zones along the northeastern margin have been wider with lower gradient and pronounced sediment aggradation. Gravel and sandy gravel fan-deltas have been mostly formed along the southwestern basin margin. Beachface and shoreface environments have been formed along the northeastern margin by reworking and lateral redistribution of mouth bar deposits (paper in preparation).

Flood-generated hyperpycnal flows have been generated on fronts of fan-deltas where they cut channels and fed prodelta lobes in the offshore zone (outer ramp, bellow the storm wave base) along the basin axis in the NW direction. The current directions can be attributed to the NW basin inclination whereas possible development of gentle blind-thrust anticlines on the basin-floor could promote mainly linear, non-radial sand dispersal pattern, although some currents, coming from the northeastern margin, could spread obliquely across the basin. Impressive thickness and monotonous character of the Korlat Unit in distal, northwestern part of the basin suggest ponding of turbidity currents and topographically closed part of the basin.

REFERENCES

BABIĆ, Lj. & ZUPANIČ, J. (1983): Paleogene clastic formations in northern Dalmatia.– In: BABIĆ, LJ. & JELASKA, V. (eds.): Contributions to Sedimentology of some Carbonate and Clastic Units of the Coastal Dinarides. Excursion Guidebook, International Association of Sedimentologists 4th Regional Meeting, 37–61, Split.

MRINJEK, E. (1992): The bottom current sediments (contourites) in the Upper Cretaceous deep-water deposits in the northeastern part of Žumberak (Croatia).– Geol. Croat., 45, 69–86.

MULDER, T., SYVITSKI, J.P.M., MIGEON, S. FAUGERES, J.C. & SAVOYE, B. (2003): Marine hyperpycnal flows: initiation, behavior and related deposits: a review.– Mar. Petrol. Geol., 20, 861–882.

SOYINKA, O.A. & SLATT, R.M. (2008): Identification and microstratigraphy of hyperpycnites and turbidites in Cretaceous Lewis Shale, Wyoming.– Sedimentology, 55, 1117–1133.

STOW, D.A.V. & SHANMUGAN, G. (1980): Sequence of structures in fine-grained turbidites: comparision of recent deep sea and ancient flysch sediments.– Sed. Geol., 25, 23–42.

Carbonate olistoliths and megabeds within Middle to Upper Eocene Promina deposits: A sedimentary response to thrusting and fold growth in the Dinaric foreland Basin

Karbonatni olistoliti i megaslojevi u srednjo- do gornjoeocenskim prominskim naslagama: taložna reakcija na navlačenje i "rastuće bore" u Dinarskom predgorskom bazenu

Ervin Mrinjek[1], Vili Pencinger[2], Igor Vlahović[3], Ivo Velić[2], Josipa Velić[3], Stanislav Bergant[2], Goran Mikša[4], Dubravko Matičec[2] & Božo Prtoljan[2]

[1]Department of Geology, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102 a, 10 000 Zagreb, Croatia
[2]Croatian Geological Survey, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Croatia
[3]Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Croatia
[4]INA-Industrija nafte, 10 000 Zagreb, Croatia

Key words: olistoliths, megabeds, turbidites, hyperpycnites, foreland basin, Promina deposits
Ključne riječi: olistoliti, megaslojevi, turbiditi, hiperpikniti, predgorski bazen, prominske naslage

The Promina Basin deposits (or Promina Beds) is a calciclastic succession from ramp, shelf, delta, coastal to alluvial facies associations (BABIĆ & ZUPANIČ, 1983; MRINJEK, 1993, 2008; MRINJEK & PENCINGER, 2008) deposited from the late Middle Eocene to the Early Oligocene. A complete stratigraphic thickness of the succession reaches 2000 m. The Promina Basin is more than 80 km long, and up to 20 km wide area in the northern Dalmatia which can be considered as a wedge-top part of Dinaric foreland, i.e. frontal part of the orogenic wedge. In northern Dalmatia this partition started in the late Middle Eocene by contraction and formation of blind-thrust anticlines which split the foreland basin into at least two subparallel basins: the northestern 'piggy-back' Promina Basin and the southwestern 'Flysch' foredeep.

Promina deposits are underlain by Middle Eocene Flysch succession (or Flysch fm.), which contains various sheet-like sandstone bodies and marl beds frequently deformed by slumping in its lower part and isolated and amalgamated channel-fill sandstone bodies in the upper part. BABIĆ & ZUPANIČ (2008) in revisited interpretation described 'Flysch' as a prograding prodelta slope deposits followed by braid delta front and delta plain deposits fed by powerfull, high-gradient rivers.

Flysch deposits contain significantly more siliciclastic component (about 50%) then overlying Korlat Unit (less than 20% of siliciclastic component). According to generally accepted opinion Korlat succession conformably overlies Flysch deposits; however, previous authors have not considered a significant difference in dip angles between Flysch and Korlat beds. Moreover, dip angles of Korlat beds gradually decrease upwards, indicating progressive unconformity to underlying Flysch.

The late Middle to Upper Eocene Korlat Unit cropping out along the SW margin of the Promina basin in the Benkovac area represents the oldest part of the Promina Beds succession. Most of approximately 600 m thick Korlat Unit consists of very well-bedded (3–40 cm thick beds) carbonate sandstones interbedded with 5–300 cm thick beds of fine-grained calcareous deposits. Sandstone beds in the NW part of the unit are predominantly thinner and tabular, with laterally continuous thickness for hundreds of meters. In the SE part the sandstone beds are thicker, and some of them are stacked together and laterally pinch out suggesting lens-like geometry. Outstanding characteristics throughout Korlat unit are huge carbonate olistoliths and thick beds composed of carbonate breccias and/or thick graded carbonate sandstones completely encased in the host deposits (BABIĆ & ZUPANIČ, 1983). Olistoliths and breccias are composed exclusively of various Lower–Middle Eocene foraminiferal limestones.

The Korlat Unit contains two facies asociations.

Facies association A is composed of 'background' fine-grained calcareous sediments (mudstones, siltstones) and a mixture of high-energy event sandstone beds such as classical turbidites (surge-type flow derived-turbidites with complete Bouma sequence or with incomplete, base cut-off sequences), hyperpycnites (hyperpycnal-flow derived turbidites deposited during waning flows or waxing to waning flows) and storm-derived turbidites). In the SE part of the unit event beds are thicker, and some of them are stacked together and laterally pinch out suggesting deposition in wide channels. This association was deposited within prodelta lobes setting on the outer ramp zone (mostly bellow the storm wave base). A network of wide channels fed with sediments the delta

front to the prodelta lobes along the basin axis in the NW direction.

Facies association B consists of carbonate olistoliths and carbonate megabeds. The olistoliths are isolated and coherent bodies of elongated or irregular shape. Elongated olistoliths are 60–280 m long and 7–20 m thick, whereas irregular olistoliths are considerably smaller, being 12–15 m in length and 3–6 m thick. Elongated olistoliths are oriented and slightly 'plunged' in the NE direction. The host deposits at the base and at the front of the NE edges of individual olistoliths are intensively distorted and bended. In the base of SW edges of olistoliths host beds are undisturbed and their orientation corresponds to the local bed orientation. Megabeds are 2–7 m thick 'bipartite beds' consisting of 0.5–1.5 m thick debrites in the lower part and 1–6 m thick turbidites showing complete Bouma sequence in the upper part. The contact between lower and upper part is rather distinct. The individual megabeds can be followed laterally only parallel to strike direction to a maximum distance of about 2 km. Significant variation in individual bed thickness can be noticed where debrites is lacking or is thinning. The beds do not cut into underlying host deposits. The debrites consist of unsorted to poorly sorted, angular to subangular clasts, 2–60 cm in diameter. Fabric are matrix- to clast-supported. The matrix is composed of granules and medium- to very coarse-sized grains with the similar composition to clasts. Most of breccia beds are chaotic but some beds and certain parts of chaotic beds display an indistinct normal or inverse grading. Turbidites are characterized by well developed grading from small rip up clasts and granule- and coarse-sized grains at the base to mud-sized grains at the top of beds. Parallel planar stratification (interval b) and undulating stratification (interval c) is weakly visible. Very rare bottom marks are NE–SW orientated. The total of 27 counted olistoliths and 9 megabeds are located in 9 horizons oriented parallel to the strike direction of the host deposits, i.e. parallel to the basin axis.

Individual sliding of the olistoliths towards the NE may have been facilitated by a cushion of water-saturated muds directly under the moving blocks which have effectively reduced the resistance to the basal shearing. Structural characteristics of megabeds indicate origin from two kinds of the sediment gravity flows: lower parts have probably originated from a cohesive debris flows and/or the transition between cohesive debris flows and a density-modified grain flows, which could have generated high-density turbidity currents – a mechanism responsible for depositio of the upper parts. Olistolihts and megabeds have been derived from a line source, since their spreading exceeds 10 km. They have probably been triggered by seismic activity along the NW–SE orientated blind-thrust anticlines along the SW margin of a piggyback Promina basin.

The Korlat Unit is in transitional contact with the approximately 250 m thick overlying Upper Eocene Debelo Brdo Unit which consists of very-well bedded calcareous mudstones and rare, thin, mostly 1–5 cm thick interlayers of very fine-grained carbonate sandstones deposited in offshore zone indicating subsequent marine transgressions as a result of the foreland subsidence due to the crustal loading by Dinaric thrust sheets.

REFERENCES

BABIĆ, LJ. & ZUPANIČ, J. (1983): Paleogene clastic formations in northern Dalmatia.– In: BABIĆ, LJ. & JELASKA, V. (eds.): Contributions to Sedimentology of some Carbonate and Clastic Units of the Coastal Dinarides. Excursion Guidebook, International Association of Sedimentologists 4th Regional Meeting, Split, 37–61, Split.

BABIĆ, LJ. & ZUPANIČ, J. (2008): Evolution of river–fed foreland basin fill: The North Dalmatian Flysch revisited (Eocene, Outer Dinarides).– Nat. Croat., 17/4, 357–374.

MRINJEK, E. (1993): Sedimentology and depositional setting of alluvial Promina Beds in northern Dalmatia, Croatia.– Geol. Croat., 46/2, 243–261.

MRINJEK, E. (2008): Promina Beds in Canyon of Krka River and Bribirske Mostine. Excursion 3A, Split-Rab, Field Guide, 5th International ProGEO Symposium, Rab Island, Croatia, 37–77.

MRINJEK, E. & PENCINGER,V. (2008): The Benkovac Stone – a building stone from the Promina Beds: A Late Eocene heterolithic succession of storm-dominated shelf deposits with highly diverse trace fossils. Excursion 3B, Split-Rab, Field Guide, 5th International ProGEO Symposium, Rab Island, Croatia, 105–125.

Karakteristike badenskih transgresivnih naslaga kod Našičkog Gradca (Krndija, sjeveroistočna Hrvatska)

Characteristics of the Badenian transgressive deposits near Našički Gradac (Mt. Krndija, northeastern Croatia)

Vili Pencinger[1], Ervin Mrinjek[2], Stjepan Crnogaj[1], Željko Bortek[3], Mirjana Miknić[1] & Valentina Hajek-Tadesse[1]

[1]Hrvatski geološki institut, Sachova 2, 10 000 Zagreb, Hrvatska
[2]Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb, Hrvatska
[3]NEXE GROUP (Cement Factory), Našice, Hrvatska

Ključne riječi: podvodna konična delta, lavinski debritni tokovi, kohezivni debritni tokovi, rubni grebeni, obalno lice, gornji baden, Krndija
Key words: underwater conical deltas, avalanche debris flow, cohessive debris flow, fringing reefs, shoreface, Badenian, Mt. Krndija

Izdanak badenskih naslaga u području Torina, oko 1 km zapadno od Našičkog Gradca je karakterističan primjer posljednje marinske transgresije u Miocenu na sjevernim padinama Krndije (PAVELIĆ et al., 2003).

U bazi profila dužine oko 13 metara nalazi se sloj šljunka približne debljine 100 cm izdvojen kao litofacies 1, s valuticama veličine 20–40 cm, koje su srednje do dobro zaobljene te srednje sortirane. Valutice su djelomično u matriksnoj potpori kojeg čine fragmenti velične krupnog šljunka, granula i zrna veličine krupnog pijeska. Neke valutice pokazuju jasnu imbriciranost tipa a_tb_i. Valutice su izgrađene od vulkanskih stijena tipa tufova, tufita i kvarc-olivinskog bazalta, odnosno kvarc bazalta.

Šljunak je u jasnom kontaktu sa 50 cm debelim slojem šljunka, čije valutice ne prelaze veličinu od 5 cm, dok im prosječna dimenzija odgovara veličini 1–2 cm (litofacijes 2). Valutice imaju međusobnu potporu, dobro su zaobljenje, srednje sortirane, izgrađene od stijena istog tipa kao podinski šljunak.

Slijedeći litofacijes (3) je oko 60 cm debeo sloj krupno i vrlo krupnozrnatog pijeska u kojem se mogu uočiti raspršene granule i do 3 cm velike valutice. Zrna pijeska su srednje sortirana i dobro zaobljena kao i raspršene granule i valutice. Valutice i pijesak se petrografski podudaraju sa onima u litofacijesu 2.

Pijesak kontinuirano prelazi u 40–45 cm debeo sloj šljunka čije se zrna mjestimice dodiruju (litofacijes 4). Prosječna veličina valutica odgovara veličinama granula, dok maksimalna može iznositi do 6 cm. Matriks je srednje do krupnozrnati pijesak. Ostale značajke su identične značajkama litofacijesa 2.

Slijedeći litofacijes je oko 2,5 m debeo sloj krupno do vrlo krupnozrnatog pijeska s "raspršenim" sitnim valuticama prosječne veličine oko 1,5 cm. Mjestimice s mogu uočiti poluzaobljeni fragmenti lapora veličine do 40 cm (5). Ostale značajke su gotovo identične značajkama litofacijesa 4.

Debljina litofacijesa 6 je oko 75 cm i izgrađen je od krupno i vrlo krupnozrnatog pijeska s rijetkim, "raspršenim" zaobljenim granulama. Masivne je građe i srednje sortiran bez drugih strukturnih značajki.

Kontinuirano slijedi 49 cm debeo interval srednje i finozrnatog pijeska je koji je u oštrom kontaktu sa podinom. Valovite strukture unutar njega upućuju na valne ili kombinirane, strujno-valne riplove (litofacijes 7). Postupno prelazi u 250 cm debeo sloj srednje do finozrnatog pijesaka u kojem su nađeni fragmenti jezgara sitnih gastropoda (litofacijes 8).

Zatim slijedi oko 200 cm debeli sloj masivnog finozrnatog pijeska (litofacijes 9). Utvrđena je monospecifična zajednica foraminifere *Ammonia viennensis** (d ORBIGNY). Spomenuta vrsta spada u grupu *A. beccarri / viennensis* koja podnosi smanjenje saliniteta u plitkom okolišu (SPEZZAFERRI 2004, BALDI & HOHENEGGER 2008). U višem dijelu litofacijesa slijedi bogata zajednica foraminifera s oblicima obalnog pojasa *Amphistegina sp,. Elphidium crispum* (LINNE), *E. rugosum* (d ORBIGNY) i Planostegina-grupa. Navedena foraminiferska zajednica premještena je u područje plićeg šelfa u kojem dominiraju bentičke vrste oksične sredine: *Lenticulina inornata* (d ORBIGNY), *Heterolepa dutemplei* (d ORBIGNY), *Hanzavaia horčici* (CICHA & ZAPLETALOVA), *Cibicides lobatulus* (WALKER & JACOB), *Porosononion granosum* (d ORBIGNY), *Asterigerinata-grupa* i *Nonion-grupa.* Infaunske vrste suboksične ili disoksične sredine su slabije zastupljene: Bolivina-grupa, *Bulimina elongata* (d ORBIGNY), *Coryphostoma digitalis* (d ORBIGNY), *Pappina parkeri* KARRER.

Mikrofauna je zastupljena plitkovodnim i dubljevodnim marinskim vrstama ostrakoda: *Aurila cf. philippii* (REUSS),

Aurila haueri (REUSS), *Bairdoppilata* sp., *Cytheridea cf. pernota* OERTLI & KEY, *Cytheridea cf. acuminata* BOSQUET, *Krithe* sp. Nađene su i jezgre i otisci sitnih mekušaca i nakupine peleta.

Profil završava sa preko 250 cm debelim paketom srednjezrnatih i krupnozrnatih biokalkarenita izgrađenih od gusto pakiranog skeletnog materijala, kao što su brojni srednje zaobljeni i srednje sortirani fragmenti koralja, mahovnjaka (Bryozoa), serpulidnih cijevčica, algi, ježinaca i mekušaca. Slojevitost je slabo vidljiva i na nju upućuje izmjena intervala sa različitom veličinom bioklasta (litofacijes 10).

U zajednici uz spomenute vrste oksične sredine koje su opisane u litofacijesu 9 česte su aglutinirane vrste *Textularia gramen* (d ORBIGNY), *T. laevigata* (d ORBIGNY), *Semivulvulina deperdita* (d ORBIGNY), *Paravulvulina serrata* (d ORBIGNY). Iz obalnog pojasa uz amfistegine, planostegine i elfidije donesene su i sesilne vrste Acervulinidae i Homotrematidae koje su značajne za grebenski i prigrebenski okoliš. Nađene su i rijetke planktonske vrste *Globoquadrina cf. altispira* (CUSHMAN & JARVIS), *Globigerina buloides* (d ORBIGNY), *Globigerinoides trilobus* REUSS i dr.

Ostrakodna zajednica zastupljena je vrstama *Aurila angulata* (REUSS), *Aurila haueri* (REUSS), *Bairdoppilata sp., Bosquetina cf. carinella* (REUSS), *Costa edwardsi* (ROEMER), *Cytherella compressa* (MUNSTER), *Cytheridea cf. pernota* (OERTLI & KEY), *Flexus triebeli* (RUGGIERI), *Hermanites haidingeri* (REUSS), *Krithe oertlii* DIECI & RUSSO, *Loxoconcha hastata* (REUSS), *Loxoconcha punctatella* (REUSS), *Pokornyella defo*rmis (REUSS) i *Pterygocythereis calcarata* (BOSQUET).

Značajke litofacijesa od 1 do 5 sugeriraju njihovo taloženje u okolišu tzv. podvodnih koničnih delti (“underwater conical deltas”, vidi NEMEC, 1990) koje nastaju na strmim šelfovima (padinama) bez deltne ravnice u neposrednoj blizini kopna. Sloj šljunka u bazi profila (1) je mogao nastati taloženjem iz obronačkih debritnih tokova (*avalanche debris flow*, vidi BLIKRA & NEMEC, 1998) dok su litofacijesi 2, 3, 4, 5 i 6 nastali taloženjem iz različtih tipova gustih gravitacijskih tokova kao što su kohezivni debritni tokovi (cohessive debris flow) i gusti turbiditni tokovi (“high density turbidity currents”). Nastupajuća transgresija je relativno brzo smanjivala otočno kopno tako da slijedi sve “smirenija” sedimentacija srednjezrnatog pijeska obalnog lica (“shoreface”) (litofacijesi 6, 7 i 9) i fino- zrnatog pijeska dubljeg šelfa (“offshore-transitional zone”), (litofacijes 10). Transgresija je postupno sve više pogodovala razvoju malih rubnih grebena (PAVELIĆ et al., 2003), čijom je erozijom zbog olujnih valova nastajao materijal taložen u dubljim dijelovim šelfa (litofacijes 11).

REFERENCES

BALDI, K. & HOHENEGGER, J. (2008): Paleoecology of benthic foraminifera of the Baden-Sooss section (Badenian, Middle Miocene, Vienna Basin, Austria).– Geologica Carpathica, 59, 411–424.

BLIKRA, L.H. & NEMEC, W. (1998): Postglacial colluvium in western Norway: depositional processes, facies and palaeoclimatic record.– Sedimentology, 45, 909–959.

NEMEC, W. (1990): Aspects of sediment movement on steep delta slopes.– In: COLLELA, A. & PRIOR, D.B. (eds.): Coarse-Grained Deltas, Spec. Publ., 10, IAS, 23–73.

PAVELIĆ, D., KOVAČIĆ, M., BELAK, M., BAKRAČ, K., MIKNIĆ, M., GALOVIĆ, I. & GRIZELJ, A. (2003): Lacustrine coarse-graineddelta-front to prodelta succession (Early Miocene, Mt. Požeška, North Croatian Basin).– 22nd IAS Meeting of Sedimentology – Opatija 2003., Abstract Book, p.148.

SPEZZAFERRI, S. (2004): Foraminiferal paleoecology and biostratigraphy of the Grund Formation (Molasse Basin, Lower Austria).– Geologica Carpathica, 55, 155–164.

Kvartarne naslage između Jablanca i Alana na sjevernom Velebitu

Quaternary deposits between Jablanac and Alan on north Velebit

Krešimir Petrinjak

Prirodoslovno-matematički fakultet, Geološki odsjek, Horvatovac 102a, Zagreb 10 000, Hrvatska

Ključne riječi: Kvartar, Sjeverni Velebit
Key words: Quaternary, Northern Velebit Mt.

Kvartarne naslage na području između Jablanca i Alana na sjevernom Velebitu istražene su na površini od oko 20 km^2 i podijeljene su u tri skupine prema načinu postanka; glacijalne, aluvijalne i kvartarne breče nepoznatog postanka i starosti. Novija istraživanja pokazuju da su glacijalni sedimenti okolice Alana starije kvartarne starosti (VELIĆ & VELIĆ 2009.), dok stariji izvori (BOGNAR et al., 1991.) navode malđe virmsku starost. Ovdje se također nalaze i holocenski sipari i crvenica, ali oni nisu ovom prilikom istraživani.

Glacijalne naslage

Glacijalne naslage se nalaze na Bilenskom i Dundović Mirevu na visini od 1338 m, te kod mjesta Dundović Pod na oko 800 m. Prilikom gradnje ceste za Štirovaču napravljen je usjek u moreni između Tudereva i Dundović mireva. Tu se vidi da su tilovi, tj. morenski materijal u kojem prevladavaju fragmenti ruditnih dimenzija, nevezani, loše sortirani i neuslojeni. Klasti su uglavnom donjojurski vapnenci s brahiopodima, vapnenci s litiotisima, srednjejurski mrljasti vapnenci, dolomiti i kvartarne breče.Ove naslage tvore raznoliku i nejednoliku topografiju koju čine humci i različite depresije (Sl. 1). Tilnih humaka ima različitih veličina, a najviši izmjereni je na Dundović Mirevu visok 13 m. Sedimente je uglavnom obrasla trava, ali na strmim dijelovima humaka, koritima sezonskih tokova i vododerinama imamo dobar pogled u materijal od kojeg su humci građeni. Na području Bilenskog i Dundović Mireva nalaze se i eratički blokovi različitih veličina uglavnom metarskih dimenzija koji su iste litologije kao i tilovi. Tilova također ima i kod napuštenog sela Dundović Pod, ali njihova primarna rasprostranjenost i topografija se više ne vide, jer su sedimenti iskorišteni za navažanje ceste prema skretnici žičare koja je išla prema Alanu.

Aluvijalne naslage

Aluvijalne naslage nalaze se na nižim nadmorskim visinama od glacijalnih naslaga, čak na razini mora i to u Dundović Podu, Jablancu, Stinici, Živim Bunarima i u Jablanačkom Jezeru. To su naslage aluvijalnih lepeza i potoka koji su nekoć ovuda tekli i jako se međusobno razlikuju. Kod mjesta Dundović Pod, između tilova nalazi se izdanak (glacio) fluvijalnog sedimenta. Sediment je breča s dobro izraženom slojevitošću i valuticama promjera od nekoliko milimetara do nekoliko centimetara. Sediment ukazuje da je ovdje nekad tekao veći površinski tok koji je vjerojatno nastao od subglacijalnog potoka. Kod Jablanca se nalaze sedimenti koluvija i aluvijalne lepeze. Koluvijski sedimenti su stariji i na njih se nadovezuju sedimenti aluvijalne lepeze. Izdanaci koluvija se nalaze kod trajektne luke i kod hotela. Koluvijski sedimenti su uslojene breče s nagibom slojeva od 30°. Klasti su centimetarskih dimenzija, ali nalaze se često i klasti do pola metra promjera. Najljepši izdanak aluvijske lepeze nalazi se ispod jablanačkog groblja, gdje su otkrivene breče, koje su sitnozrnatije od koluvijskih breča. Nagib slojeva koluvija i aluvijalne lepeze ukazuje da je transport bio negdje iz Velebitskog kanala (MARJANAC & MARJANAC, 1999). Aluvijski sedimenti nalaze se i u Stinici kod nove trajektne luke te kod mjesta Živi Bunari na Jadranskoj magistrali. Kod Jablanačkog Jezera nalazi se staro korito koje je ispunjeno šljunkom debljine 2 metra.

Zaključak

U ranom kvartaru na ovom dijelu Velebita nalazili su se ledenjaci koji su se sezonski otapali i hranili potoke i bujice u kojima su istaložili kao šljunci i breče, npr. u Jablancu, kod Živih Bunara, itd. Danas na ovom području nema stalnih površinskih tokova što ukazuje da je geološkoj prošlosti hidrologija terena bila bitno drugačija.



Slika 1. Eratički blok i humci tila na Bilenskom i Dundović mirevu.
Figure 1. Erratic block and till mounds on Bilensko Mirevo and Dundović Mirevo.

LITERATURA

BOGNAR, A., FAIVRE, S. & PAVELIĆ, J. (1991): Tragovi oledbe na sjevernom Velebitu.– Geografski glasnik, 53, 27–39, Zagreb.

MARJANAC, LJ. & MARJANAC, T. (1999.): Quaternary clastics of the Jablanac cove in the foothils of the Velebit Mt.– IAS Lecture tour '99, Field-trip guide book, 26–28.

VELIĆ, I. & VELIĆ, J. (2009): Od morskih plićaka do planine.– Geološki vodič kroz Nacionalni park sjeverni Velebit, 143 str. Nacionalni park Sjeverni Velebit, Krasno, 143 p.

Ciklusi niske i visoke plime u tajdalnim eocenskim pješčenjacima, otok Rab

Neap-spring cycles in tidal Eocene sandstones, Island of Rab

Leda Pičuljan & Igor Felja

Prirodoslovno-matematički fakultet, Geološki odsjek, Horvatovac 102a, Zagreb 10 000, Hrvatska

Ključne riječi: tajdalni pješčenjaci, ciklusi niske i visoke plime, lamine, otok Rab
Key words: tidal sandstones, neap-spring cycles, laminae, Island of Rab

Klastični sedimenti eocenske starosti poluotoka Lopara na otoku Rabu obuhvaćaju tzv. loparske pješčenjake. Oni tvore koso slojevita pješčana tijela (pješčane dine i pješčane valove) koja su se taložila u estuariju djelovanjem plime i oseke. Taj estuarij nastao je u vrijeme spuštanja morske razine. Slijed loparskih pješčenjaka sadrži 28 kompletnih sekvencija i 15 parasekvencija koje odražavaju česte relativne oscilacije morske razine (MARJANAC & MARJANAC, 2007). Loparske pješčenjake i njihovu genezu opisali su ZUPANIČ & BABIĆ (1991), i MARJANAC & MARJANAC (1991).

Istraživali smo tajdalne pješčenjake na loparskom rtu Šilo s naglaskom na pješčenjacima u kojima su dobro vidljive lamine. Lamine su nastale taloženjem pijeska kojeg su donosile plimne struje iz smjera zaleđa koje se nalazilo sjevernije od otoka Raba. Loparske pješčenjake (Sl. 1) istraživali smo brojanjem lamina i mjerenjem njihovih debljina na određenim intervalima s ciljem da upoznamo cikličnost niskih i visokih plima u vrijeme taloženja pijeska. Naime, za vrijeme visokih plima, nastaju deblje lamine, a za vrijeme niskih plima tanje lamine. Usporedbom umjetne plimne cikličnosti dobivene uporabom današnjih podataka s plimnom cikličnosti zapisanom u starijim stijenama moguće je odrediti periode niskih i visokih plima u tim stijenama (VISSER 1980, BOERSMA & TERWINDT, 1981, ARCHER, 1991).



Slika 1. Tajdalni pješčenjaci na poluotoku Loparu, otok Rab.
Figure 1. Tidal sandstones of Lopar peninsula, Island of Rab.

Zaključak

Loparski pješčenjaci taloženi su u obliku sedimentnih tijela nastalih u plitkom moru pod utjecajem struja plime i oseke. Detaljnijim istraživanjem njihovih struktura moguće je odrediti periode visokih i niskih plima u vrijeme taloženja što daje zapravo najprecizniju startigrafiju reda veličine jednog dana (plimnog taloženja).

LITERATURA

ARCHER, A.W. (1991): Modeling of tidal rhytmites using modern tidal periodicities and implications for short-term sedimentation rates.– In: Sedimentary modeling: Computer simulations and methods for improved parameter definition, FRANSEEN, E.K., WATNEY, W.L., Kendall, St.C.C.G., Ross, W., Kansas Geological Society Bulletin, 233.

BOERSMA, J.R. & TERWINDT, J.H.J. (1981): Neap-spring tide sequences of intertidal shoal deposits in a mesotidal estuary.– Sedimentology, 28, 151–170.

MARJANAC, T. & MARJANAC, LJ. (1991): Shallow-marine clastic Paleogene on the Island of Rab (northern Adriatic).– Abstracts Dolomieu Conference on Carbonate Platforms and Dolomitization, Ortisei, Italy, 1991, 159–160.

MARJANAC, T. & MARJANAC, LJ. (2007): Sequence stratigraphy of Eocene incised valley clastics and associated sediments, Island of Rab, northern Adriatic Sea, Croatia.– Facies, 53, 493–508.

VISSER, M.J., (1980): Neap-spring cycles reflected in Holocene subtidal large scale bedform deposits: A preliminary note.– Geology, 8, 543–546.

ZUPANIČ, J. & BABIĆ, LJ. (1991): Cross-bedded sandstones deposited by tidal currents in the Eocene of the outer Dinarides (Island of Rab, Croatia).– Geološki vjesnik, 44, 235–245.

Characterization of the seabed surface sediments off the western Istrian coast (Northern Adriatic) using a quantitative echosounder

Karakterizacija površinskih sedimenata morskog dna ispred zapadne obale Istre (Sjeverni Jadran) uz pomoć kvantitativnog ehosondera

Kristina Pikelj[1], Danijela Bogner[2], Vjekoslav Tičina[2] & Stipe Muslim[2]

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

[2]Institute of Oceanography and Fisheries, Šetalište Ivana Meštrovića 63, 21 000 Split, Croatia

Key words: acoustic survey, Northern Adriatic shelf, seabed, sediment types
Ključne riječi: eho-monitoring, morsko dno, Sjeverni Jadran, tipovi sedimenta

During the annual acoustic survey on small pelagic fish made during 2009 within PELMON Project, acoustic data on seabed were simultaneously collected. Though often omitted, such data could be useful in ecological and fishery studies. Variety of seabed substrate along the other biotic and abiotic environmental factors can influence fish distribution and behaviour.

In studies aimed at investigating seabed surface and subsurface sediment, seafloor penetrating low frequency (e.g. 3.5 kHz) sound is usually used. In this study we analyzed echo signals from seabed collected at the frequency of 38 kHz, which is commonly used in fishery acoustic assessment surveys, in order to test their usefulness in terms of general seabed discrimination/classification.

Investigated area is part of the northern Adriatic shelf (Fig. 1), greatly affected by modern and palaeo-Po River sediment supply, in which, generally, two main sedimentary regions could be distinguished (VDOVIĆ & JURAČIĆ, 1993; MATIJEVIĆ et al., 2008). In its W-NW part fine-grained (muddy) sediments prevail and belong to the modern Po muddy prodelta. Distribution of this mud is controlled by northward currents, creating tongue-shaped zone (PIGORINI, 1968). In the E-SE part relict coarse-grained (sandy) sediments dominate, reflecting terrestrial sedimentation on the alluvial plain during Pleistocene (PIGORINI, 1968). The area between these two sedimentation zones is covered with mixtures of two sediment types. In the eastern part (Istrian coastal zone) minimal recent sedimentation occurs, where strong karst relief influences the sediment distribution pattern, allowing very coarse and very fine sediments to be found near each other (FÜTTERER & PAUL, 1976).

Acoustic data were collected aboard the R/V *Bios Dva* using SIMRAD EK60 split-beam scientific echosounder with calibrated hull-mounted SIMRAD ES38B transducer, along 6 transversal and 5 longitudinal transects off the western Istrian coast (Fig. 1). Collected data were post-processed with Echoview® (Ver. 4.80) software, used for data calibration, integration and extraction. Elementary distance sampling unit (ESDU) of 0.25 nmi (463 m) has been used to average acoustics data collected within cells bordered by sounder-detected sea bottom line and corresponding sea bottom –0.5 m linear offset line. For each cell mean volume backscattering coefficient (S_V mean) was calculated. Obtained DGPS positioned S_V values were imported in ODV

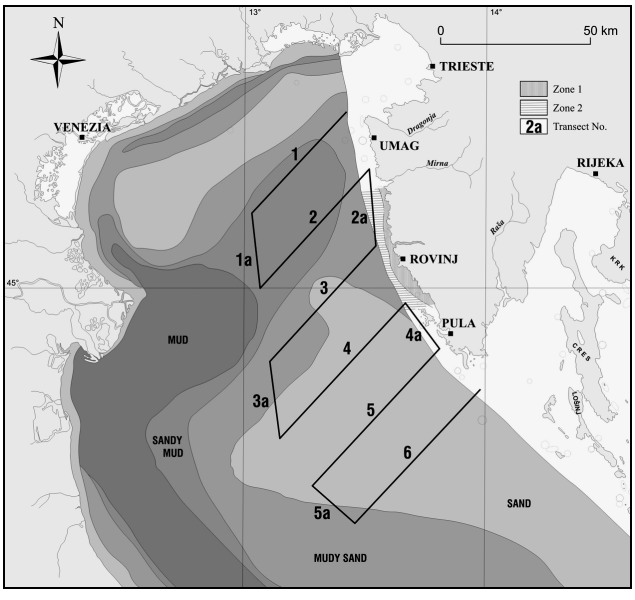


Figure 1. General distribution of sediment types in the Northern Adriatic (after PIGORINI, 1968) with prospected transects. Zone 1 and 2 refer to the coastal zone, dominated by karst relief with variable pattern of sediment distribution and a very broad mean grain size range (after FÜTTERER & PAUL, 1976).

Slika 1. Generalni raspored tipova sedimenata u Sjevernom Jadranu (prema PIGORINI, 1968) s ucrtanim istraženim profilima. Zone 1 i 2 se odnose na obalnu zonu u kojoj dominira krški reljef s različitim rasporedom tipova sedimenata i širokim rasponom srednje veličine zrna (prema FÜTTERER & PAUL, 1976).

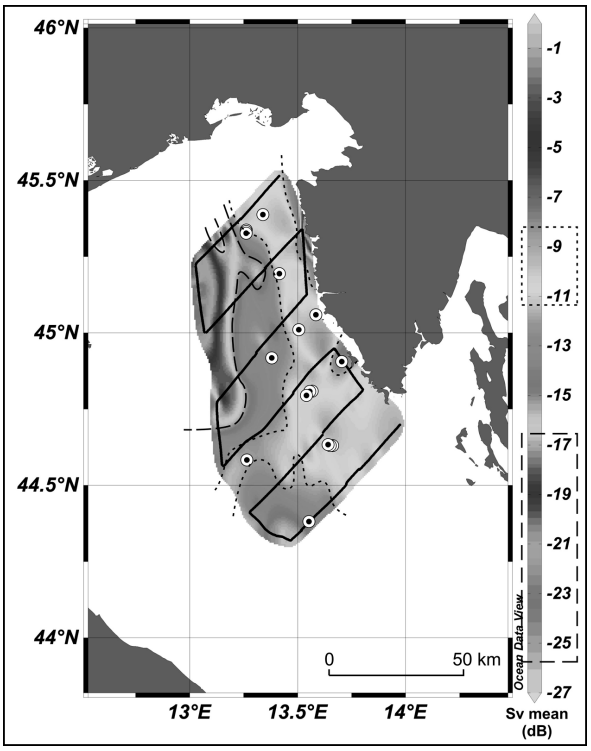


Figure 2. Spatial distribution of mean S_V values in the investigated area: western muddy part (coarse dashed) reveals weaker backscattering strength, while the eastern sandy part (fine dashed) has greater S_V values.
Slika 2. Prostorni raspored prosječnog koeficijenta raspršenja (S_V) u istraživanom prostoru: zapadni muljeviti dio (označeno linijom krupnijih crtica) pokazuje niže, dok istočni pjeskoviti dio (označeno linijom sitnijih crtica) pokazuje više S_V vrijednosti.

(SCHLITZER, 2010) to generate graphical description (Fig. 2). In addition, 17 sediment grab samples collected along acoustic transects prospected during 2005, 2006, 2007 and 2008 were analyzed in order to obtain additional information on actual ground truth, and were used for seabed echoes classification.

Acoustic data have indicated differences in the investigated area regarding sediment characteristics. Mud-dominated shallow western part revealed weaker backscattering strength (–17 to –26 dB), while deeper sand-dominated eastern part had greater S_V values (–8 to –11 dB), as expected (MANIK et al., 2006). Transitional zone between these two areas coincide with the zone of mixed sediment, which was confirmed by dual nature (muddy sand, sandy mud) of analyzed sediment samples collected in this area. Analyzed acoustic data are in accordance with literature information and ground truth sediment data of the investigated area. Therefore, according to obtained results, we consider the acoustic data collected by scientific echosounder at 38 kHz as a useful tool for seabed sediment characterization, in both ecological and fishery studies or for establishing routine procedure for the preliminary geological analyses.

REFERENCES

FÜTTERER, D. & PAUL, J. (1976): Recent and Pleistocene sediments off the Istrian Coast (Northern Adriatic, Yugoslavia).– Senckenbergiana maritima, 8, 1–21, Frankfurt.

MANIK, H.M., FURUSAWA, M. & AMAKASU, K. (2006): Measurement of sea bottom surface backscattering strength by quantitative echo sounder.– Fisheries Science, 72, 503–512.

MATIJEVIĆ, S., BOGNER, D., MOROVIĆ, M., TIČINA, V. & GRBEC, B. (2008): Characteristics of the sediment along the Eastern Adriatic coast (Croatia).– Fresenius Environmental Bulletin, 17/10b, 1763–1772, Freising.

VDOVIĆ, N. & JURAČIĆ, M. (1993): Sedimentological and surface characteristics of the northern and central Adriatic sediments.– Geologia Croatica, 46/1, 157–163, Zagreb.

PIGORINI, B. (1968): Sources and dispersion of recent sediments of the Adriatic Sea.– Marine Geology, 6, 187–229, Amsterdam.

SCHLITZER, R. (2010): Ocean Data View, http:/odv.awi.de

Siliceous nodular concretions from Upper Cretaceous limestone near Vrgorac (Croatia)

Rožnjačke nodule iz gornjokrednih vapnenaca okolice Vrgorca (Hrvatska)

Hrvoje Posilović[1], Karmen Fio[1], Jasenka Sremac[1], Blanka Cvetko Tešović[1] & Marija Brajković[2]

[1]Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb, Croatia (posilovic@geol.pmf.hr)

[2]Ministry of Culture, Nature Protection Directorate, Savska cesta 41, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Key words: silica, nodular concretion, diffusion, Upper Cretaceous, Vrgorac, Croatia
Ključne riječi: silika, nodule, difuzija, gornja kreda, Vrgorac, Hrvatska

Siliceous-carbonate nodular concretions – perfectly spheroid, in the form of oblate spheres and some of irregular shape – were found within Upper Cretaceous limestone near Vrgorac. Nodule is a mineral body that differs in composition from rock in which it is formed, commonly limestone and dolomite. Sediment surrounding the concretions is wackestone-packstone with abundant pelagic particles (pithonellas and calcispheres), echinoderm fragments and primitive planktic foraminifera. These deposits belong to the hemipelagic Cenomanian–Turonian Sveti Duh Fm (GUŠIĆ & JELASKA, 1990). Concretion outer surface and surrounding host sediment is often impregnated with bituminous material. The source of bituminous material was organic remains possibly giving opal (silica) material for concretion growth. Preservation of bituminous material in carbonates is connected with stagnant pore waters and rapid sea-level rise due to the Oceanic Anoxic Event (OAE) at the Cenomanian–Turonian transition (GUŠIĆ & JELASKA, 1990, and references therein).

Biogenic silica (opal-A) is amorphous, hydrated and the most unstable form of silica and its solubility greatly increase with temperature, pressure, solution under saturation and pH elevation. Typical early-diagenetic carbonate marine environment with elevated pH was under-saturated with silica, resulting in fast dissolution of biogenic opal remains. The dissolution-precipitation reaction of biogenic silica can be shown with the following expression: $SiO_2 + 2\ H_2O \leftrightarrow Si(OH)_4$. Fast dissolution of opal-A, and stagnant pore waters, yields solutions of relatively high silica content. In pore waters saturated with silica, open framework silica polymers form and flocculate to yield opal-CT. Once emplaced as a proto-concretion, such globular molecular cluster starts to grow in the direction of the new material supply. Highly spherical concretion shape indicates the same rate of the source material supply from all directions of the sphere envelope. Such conditions can be established in stagnant sediment pore waters where supply of the new material at the growth site goes only by molecular diffusion. Diffusion can be defined as molecular migration without pore fluid flow and at a constant temperature. The efficacy of diffusion is determined by the diffusion coefficient, the pore space path and geometry, and the concentration gradient. Diffusion is one of the most important processes acting during sediment diagenesis and especially concretion growth. With formation of the core, the growth starts, and source material concentration gradient is established. Concentration gradient results in ion flux from surrounding sediment toward growth site, which brings to ion depleted zone in the near concretion volume.

Spheroid concretions show extensive zonation of alternating zones with different carbonate and silicate content (Fig. 1). Oblate spheres are zoned in much less extent, while irregular mostly show no zonation and are composed entirely of silicate component. Alternating zonation of opal and carbonate rich zones derive from fast ”consummation” of silica material at the growth site.

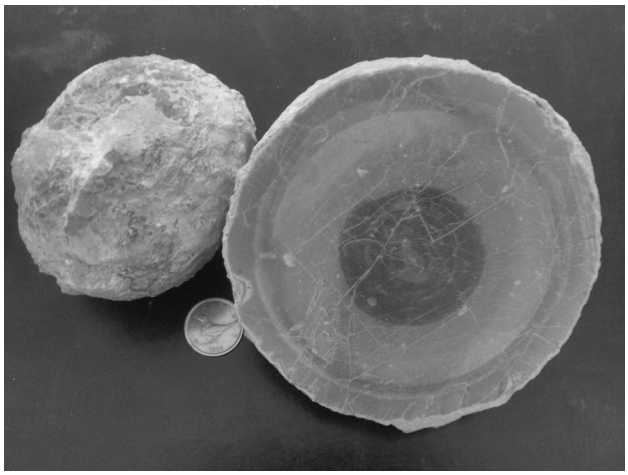


Figure 1. Nodular concretions from the Vrgorac area, with zonation of siliceous and carbonate material.
Slika 1. Nodula i presjek nodule iz okolice Vrgorca s vidljivom zonacijom između karbonatnog i silikatnog materijala.

Rhythmic carbonate-opal concentration variation can be explained with geometric relations of the sphere, and do not necessary reflect temporary variations in the environment. Sphere area increasing with square of its radius ($4r^2Đ$) and constant linear ion flux can not feed the rapidly increasing growth area, which results is concentration lowering. When silica becomes under-saturated, addition of new silica material to the concretion opal zone stops, and now carbonate zone precipitation begins with the same growth scenario described for the opal zone. Carbonate precipitation on the opal surface is strongly enhanced due to cation adsorption on dissociated silanol groups –SiOH. Silanol groups on biogenic silica surface are known excellent ligands for aluminium, calcium, iron and other cations existing in sediment pore waters. There are two different growth mechanisms for opal and carbonate, additionally enhancing zone formation acting during concretion formation and preferring different opal or carbonate content in one zone layer. Carbonate formation is result of crystallization process while silica gels forms by polymer flocculation, so carbonate precipitation could be slowed down, due to inhibition by adsorbed organic matter or sulphate on possible carbonate crystal nucleation sites.

Sediment partial consolidation and preferential orientation of platy shaped sediment particles would cause greater horizontal than vertical sediment permeability and a slight preferential transport horizontally, giving characteristic oblate sphere concretion shape. All apparently irregular concretion shapes are in fact typical for gel structures, resembling geometrical shapes of minimal surface tension (energy).

Described siliceous-carbonate concretions and mechanisms of their growth represent excellent and rare example where natural laws governing shaping and appearance of matter can be clearly seen and successfully used to explain the occurrence of geological phenomena. The Ministry of Culture started with the procedure of protecting the concretions as natural values by the Nature Protection Act.

REFERENCES

GUŠIĆ, I. & JELASKA, V. (1990): Upper Cretaceous stratigraphy of the Island of Brač within the geodynamic evolution of the Adriatic Carbonate Platform.– JAZU and Inst. za geol. istraživanja, 160 p.

Holocenska sedimentacija u akvatoriju luke Poreč

Holocen sedimentation in the sea area of the Poreč harbour

Krunoslav Škaro[1] & Danijela Bogner[2]

[1]Hrvatski hidrografski institut, Zrinsko-Frankopanska 161, 21 000 Split, Hrvatska (krunoslav.skaro@hhi.hr)

[2]Institut za oceanografiju i ribarstvo, Šetalište I. Meštrovića 63, 21 000 Split, Hrvatska (bogner@izor.hr)

Ključne riječi: holocen; sedimenti; geološki profili
Key words: holocen; sediments; geological profiles

Uvod

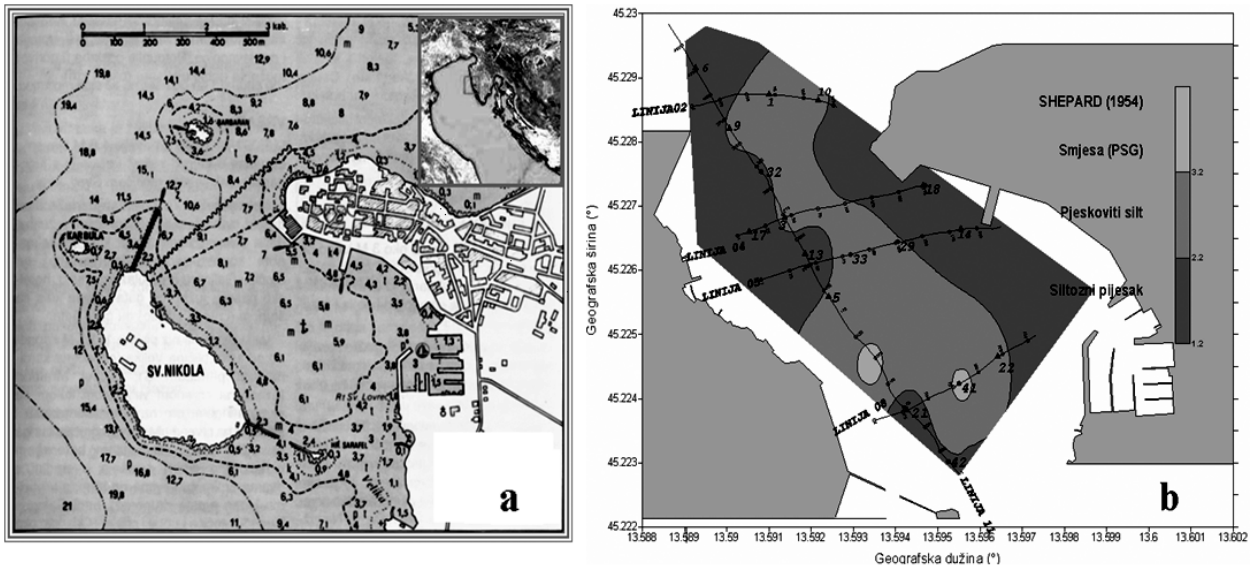
Današnji izgled akvatorija luke Poreč (Sl. 1a) je posljedica procesa iz bliže i dalje geološke prošlosti, koji su bili pod značajnim utjecajem tektonike, erozije, a samim time i promjene razine mora. U periodu od prije 7500 do 6500 BP godina započinje stvaranje zaljeva uslijed kasno pleistocenske – rano holocenske transgresije (STANELY, 1995), a marinske naslage talože se na ranije nastalo okršeno područje. U obalnom području zapadne Istre glavni izvor sedimenta je zemlja crvenica i karbonatni mulj nastali trošenjem kopna, te biogeni ostaci organizama (MEISCHNER, 1973).

Metode

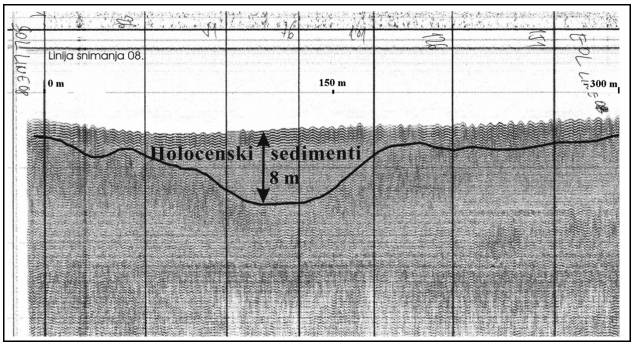
Radi određivanja promjene uvjeta sedimentacije u akvatoriju luke, geološko-strukturnim dubinomjerom (Sub bottom profiler – SBP) su snimljeni geofizički zapisi na jednoj centralnoj i četiri paralelne linije okomite na centralnu liniju (Sl. 1b). Gravitacijskom (udarnom) sondom i grabilom prikupljeni su površinski uzorci i jezgre sedimenta, a tip je određen prema Shepardovoj klasifikaciji (Sl. 1b) (SHEPARD, 1954).

Rezultati

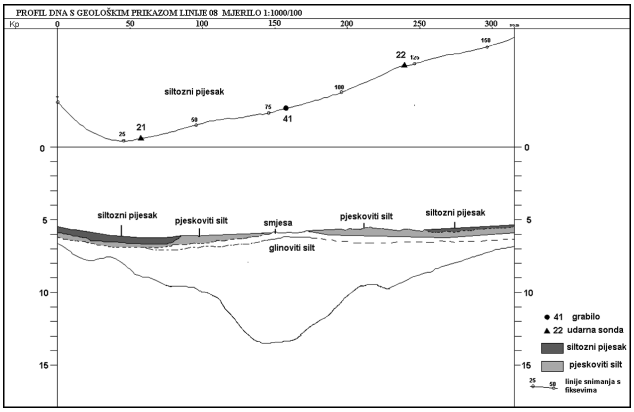
U površinskim sedimentima područja istraživanja prevladavaju pjeskoviti silt i siltozni pijesak. Siltozni pijesak prevladava uz obale, a pjeskoviti silt u dubljim i udaljenijim djelovima od obale (Sl. 1b). Analogni zapis linije snimanja 08 ima samo jednu karakterističnu refleksiju označenu crnom bojom i označava granicu promjene sedimentacije s intervalom debljine naslaga od 4 do 8 m (Sl. 2). Oboreni geološki profil otkriva situaciju u kojoj analizirani uzorci



Slika 1. a) Područje istraživanja. b) Linije snimanja SBP-om s postajama uzorkovanja sedimenata (● – gravitacijska sonda, ▲ – grabilo) na kojima su oboreni geološki profili. Prikazana je i površinska raspodjela tipa sedimenta.
Figure 1. a) Investigated area. b) SBP recording lines with locations on which sediment samples were taken (● – gravity corer, ▲ – grabb sampler). The distribution of surface sediment types are also shown.



Slika 2. Analogni zapis SBP-a s karakterističnim refleksijama na liniji snimanja 08.
Figure 2. Analog recording of SBP with characteristic reflections at line 08.



Slika 3. Oboreni profil s geološkim prikazom linije snimanja 08.
Figure 3. Geological profile at line 08.

pretpostavljaju granice (debljine slojeva) između određenih tipova sedimenata (Sl. 3). Na poziciji uzorka gravitacijske sonde 41 isklinjava tip sedimenta smjese (pijesak, silt, glina – PSG), a u najdubljem dijelu pojavljuje se glinoviti silt (zemlja crvenica) (ŠKARO, 2009).

Diskusija i zaključci

Okršen akvatorij luke Poreč izgrađen od jurskih i krednih vapnenaca, čije je poplavljivanje započelo u periodu od 7500 do 6500 godina BP, poprima oblik poluzatvorenog obalnog područja. U cijelom području istaložen je pjeskoviti silt promjenjive debljine, a iznad njega siltozni pijesak. Siltozni pijesak istaložen je u obalnom dijelu, što je najvjerojatnije posljedica donosa krupnijih čestica s kopna, prisustva biogene komponente i erozije centralnog dijela područja uslijed djelovanja struja, ali i povećanog antropogenog utjecaja (odnošenje materijala). Pretpostavlja se da se glinoviti silt (zemlja crvenica) istaložio ispod pjeskovitog silta na cijelom području akvatorija, a njegova stvarna debljina nije utvrđena zbog ograničenog prodiranja akustičkog signala SBP-a kroz podlogu, kao i zbog ograničene duljine uzorkovanih jezgara sedimenta (do 1 m).

LITERATURA

MEISCHNER, D. (1973): Formation processes and dispersal patterns of the sediments along the Istrian coast of the Adriatic.– Rapp. Comm. int. Mer Medit., 21/11, 843–846.

SHEPARD, F.P. (1954): Nomenclature based on sand-silt-clay relations.– The Journal of Sedimentary Petrology, 24, 151–158.

STANLEY, D.J. (1995): A global sea-level curve for the late Quaternary: the impossible dream.– Marine Geology, 125, 1–6.

ŠKARO, K. (2009): Holocenski sedimentacijski procesi u akvatoriju luke Poreč.– Magistarski rad. Sveučilište u Zagrebu, 137 str.

Sastav i porijeklo baremskih glinovitih sedimenata s otoka Mljeta

Composition and origin of the Barremian clay-rich sediments from the Mljet Island, Croatia

Darko Tibljaš[1], Kadosa Balogh[2], Ankica Oros Sršen[3], Toma Molnar[1], Vanja Biševac[1], Blanka Cvetko Tešović[1] & Ivan Gušić[1]

[1]Geološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Horvatovac 95, 10 000 Zagreb, Hrvatska (dtibljas@geol.pmf.hr)
[2]Institute of Nuclear Research, Hungarian Academy of Science, Bem tér 18/c, HU-4001 Debrecen, Hungary
[3]Zavod za paleontologiju i geologiju kvartara, Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti, Ante Kovačića 5, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: glinoviti sedimenti, karbonatna platforma, emerzija, dijageneza, barem, Mljet
Key words: clay sediments, carbonate platform, emersion, diagenesis, Mljet island, Barremian

Zelenkasto sivi glinovito-laporoviti sedimenti otkriveni su unutar donjokrednih plitkomorskih platformnih karbonata na više lokaliteta na otoku Mljetu. Najveći broj takvih pojava vezan je uz litostratigrafsku jedinicu Goveđari baremske starosti (HUSINEC, 2002). Najčešće su prisutni kao nepravilni, nehomogeni slojevi debljine nekoliko centimetara, ali na nekim lokalitetima tvore i deblje slojeve. Pojave glinovitih sedimenata, kao i pojave breča predstavljaju završni stadij ciklusa oplićavanja naviše tj. pojave emerzije. Za potrebe ovog rada istraženi su takvi sedimenti i karbonati iz njihove neposredne podine i krovine s izdanaka u uvali Pračarica na Velikom jezeru odnosno na cesti iznad blatine kod Sobre.

Sa ciljem određivanja njihovog sastava i porijekla, glinoviti sedimenti te netopivi ostaci karbonata analizirani su metodom difrakcije rendgenskih zraka na praškastim uzorcima. Odabrani uzorci su kemijski analizirani, snimani na infracrvenom spektrometru te datirani K-Ar metodom. Mikroskopiranjem vapnenaca određen je njihov mikrofosilni sadržaj i mikrofacijesne karakteristike.

Na izdanku uz Veliko jezero glinoviti sediment pretežno sivo-zelene, ali ponekad i žućkasto-bijele boje, otkriven je u duljini od otprilike 1,5 m. Promjenjive je debljine, maksimalno oko deset centimetara, a u njemu je prisutno i kršje karbonata. Starost brečastog vapnenaca iz podine gline, klasificiranog kao algalni vekston-pekston, taloženog u okolišu plitke podplimne zone s niskom energijom vode, određena je kao baremska na temelju dasikladacejskih algi. Mikrofacijesna analiza ukazala je na moguće ostatke paleotla i milimetarske do centimetarske pukotine (rizolite) koje su najvjerojatnije nastale rastom korijenja u još neočvrslom sedimentu. U madstonu iz krovine mjestimično su vidljive pukotine s geopetalnim ispunama koje ukazuju na (povremeno) izranjanje još neočvrslog taloga u vadoznu zonu. U glinovitom materijalu determinirani su illit, klorit, kaolinit i kalcit, a vrlo sličan je i mineralni sastav netopivog ostatka krovinskog vapnenca. Netopivi ostatak homogenih dijelova vapnenca iz podine je bitno različit; u njemu su određeni muskovit, kvarc i kaolinit.

Glinoviti sedimenti na izdanku kraj Sobre, dolaze u dva nivoa, i odlikuju se daleko većom debljinom (do 2 m) nego na prethodno opisanom lokalitetu, i uključuju različito velike ulomke vapnenaca, kao što je to opisao i HUSINEC (2002). Mikrofosilna zajednica (dasikladacejske alge i foraminifere) peloidno-bioklastičnog vekston-pekstona iz podine starijeg glinovitog sloja u skladu je s baremskom starošću jedinice Goveđari. Okoliš taloženja je plitkomorski s niskom do srednjom energijom. Karakteristike baremskog fenestralnog bioklastičnog pekstona-grejnstona ukazuju na okoliš u području izmjene plime i oseke. U podini mlađeg glinovitog horizonta je fenestralni madston-vekston sa stilolitskim šavovima taložen u okolišu plimne zone. U peloidno-fenestralnom vekstonu stromatolitne građe iz krovine mlađeg glinovitog horizonta uočene su fenestre s geopetalnim ispunama. Taložen je ili u zoni izmjene plime i oseke ili u natplimnoj zoni. Mineralni sastav oba glinovito-laporovita horizonta je sličan. U oba su determinirani illit, kaolinit, klorit, kalcit čiji je udio unutar horizonta izuzetno promjenjiv, a prisutne su i interstratificirane gline koje nisu mogle biti detaljnije determinirane. Kalcit je u nekim dijelovima glinovito-laporovitog horizonta dominantan, dok je drugdje prisutan ili kao sporedan ili u tragovima. Na ovom lokalitetu netopivi ostatak vapnenca iz podine starijeg glinovitog horizonta i materijal iz tog horizonta imaju sličan mineralni sastav. U vapnencu iz krovine povišen je udio kaolinita u odnosu na druge minerale glina. Netopivi ostaci vapnenaca iz podine i krovine mlađeg glinovitog horizonta bitno su različiti od onih iz karbonata vezanih za stariji glinoviti horizont odnosno za proslojke gline na lokalitetu uz Veliko jezero. U njima su kao glavni sastojci u siltnoj frakciji determinirani autigeni kalijski feldspati.

Postanak glinovitog sedimenta nije jednoznačno određen. Različiti mineralni sastavi tog sedimenta i netopivog

ostatka podinskog vapnenca s Velikog jezera te kratko trajanje emerzije ukazuju da porijeklo glina najvjerojatnije ne treba vezati uz vapnence. Budući da su naslage bile taložene na uglavnom izoliranoj Jadranskoj karbonatnoj platformi (VLAHOVIĆ et al., 2005) porijeklo glina je vjerojatnije povezano s vulkanskom prašinom, koja vjetrovima može biti nošena na velike udaljenosti. Pretpostavka je da je vulkanski materijal bio podvrgnut procesima trošenja koje su slijedili dijagenetski procesi (SANDLER & HARLAVAN, 2006) tijekom kojih su nastali illit i autigeni felspati.

LITERATURA

HUSINEC, A. (2002): Stratigrafija mezozojskih naslaga otoka Mljeta u okviru geodinamske evolucije južnog dijela Jadranske karbonatne platforme.– Doktorska disertacija. Sveučilište u Zagrebu, 300 str.

SANDLER, A. & HARLAVAN, Y. (2006): Early diagenetic illitization of illite-smectite in Cretaceous sediments (Israel): evidence from K-Ar dating.– Clay Minerals, 41, 637–658, London.

VLAHOVIĆ, I., TIŠLJAR, J., VELIĆ, I. & MATIČEC, D. (2005): Evoluution of the Adriatic Carbonate Platform: Palaeogeography, main events and depositional dynamics.– Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeocology, 220, 333–360.

Depositional model of freshwater lacustrine/palustrine carbonates (Early-Middle Miocene, Sinj Basin, SE Croatia)

Taložni model slatkovodnih jezersko/palustrinskih karbonata (rani-srednji miocen, Sinjski bazen, JI Hrvatska)

Alan Vranjković[1], Elizabeth Gierlowski-Kordesch[2], Arjan de Leeuw[4], Davor Pavelić[1], Oleg Mandic[3], Ivan Dragičević[1], Dunja Aljinović[1] & Mathias Harzhauser[2]

[1]Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb, Pierottijeva 6, 10 002 Zagreb, p.p. 390, Croatia (alan.vranjkovic@rgn.hr, davor.pavelic@rgn.hr, ivan.dragicevic@rgn.hr; dunja.aljinovic@rgn.hr)

[2]Department of Geological Sciences, Ohio University, Athens, OH 45701-2979, USA (gierlows@ohio.edu)

[3]Geological-Paleontological Department, Natural History Museum Vienna, Burgring 7, A-1010 Vienna, Austria (oleg.mandic@nhm-wien.ac.at, mathias.harzhauser@nhm-wien.ac.at)

[4]Paleomagnetic Laboratory Fort Hoofddijk, Faculty of Geosciences, Utrecht University, Budapestlaan 17, 3584 CD Utrecht, The Netherlands (adeleeuw@geo.uu.nl)

Key words: Sinj basin, Miocene Dinaride Lake System, lacustrine/palustrine carbonates
Ključne riječi: Sinjski bazen, miocenski Dinaridski jezerski sistem, jezerski/palustrinski karbonati

During the Neogene due to the ongoing collision of Africa/Arabia with Europe a Dinarian-Anatolian island was formed. It represented a geographic barrier between the Paratethys and the Mediterranean (HARZHAUSER & MANDIC, 2009). In the northern part of the island due to a general compressional regime, a series of tectonic depressions were occupied by numerous synchronous lakes called the Dinaride Lake System (KRSTIĆ et al., 2003). The Sinj basin occurs as one of the southernmost basins of this Miocene system.

Today the Sinj basin is located on the Croatian Karst (External) Dinarides. The pre-Neogene basement is dominated by the Adriatic Carbonate Platform (AdCP) carbonates along the basin margins, ranging in age from the Middle Triassic to the Eocene (VLAHOVIĆ et al., 2005). Extensive Permo-Triassic evaporites occur immediately beneath the basin and are exposed in the middle of the basin probably as a result of post-Miocene diapirism.

In the Sinj Basin two overlapping composite sections were logged in detail, representing together a continuous, approximately 500 m-thick record of lacustrine/palustrine deposits. The Lučane section (CSL) was logged in and around Sutina creek, near the village of Lučane at the NW margin of the basin. The Glavice section (CSG) is also a composite section from the central part of the Sinj basin, about five km east of the Lučane section. Correlation of sections was established by using tephrostratigraphy ($^{40}Ar/^{39}Ar$ dating) and magnetostratigraphy (DE LEEUW et al, 2010). The Sinj basin infill was deposited from 18.0 to 15.0 Ma, correlating with the Upper Burdigalian and Lower Langhian Mediterranean stages and the Ottnangian, Karpatian and lowermost Badenian Paratethys stages.

The lake sediments are dominated by freshwater carbonates. The $CaCO_3$ content varies between 82% and 99%; the siliciclastic input was insignificant. The uppermost 100 m of the section include up to 3-m thick, coal seam intercalations, whereas the rest of the infill is exclusively carbonate rocks. The whole succession is intercalated rarely by volcanic ash layers. The coal deposition at the top of the section shows a straightforward correlation with the Middle Miocene climate optimum. Sedimentological analysis and petrography identified nine facies types. Seven facies are carbonate in origin in addition to the coal and tephra facies: A – Lime mudstone, B – Calcisiltite, C – Charophytic micrite, D – Laminated micrite, E – Coquina/rudstone, F – Tuff/clays, G – Extrabasinal breccia, H – Conglomerates and I – Coal. The infill is divided into three main units (Units 1, 2, and 3). Unit 1 is comprised of alternations of Facies A, B, and C with minor contributions by Facies D, E, F and G. Unit 2 contains only Facies C with some Facies D and E. Unit 3 is composed of Facies C and I (coal) with minor interbedding of Facies D, E, F and H.

Carbonate sediments in the lacustrine-paludal paleoenvironments of the Sinj Basin formed broad, shallow benches around lake margins which prograded basinward with time (MURPHY & WILKINSON, 1980; TREESE & WILKINSON, 1982). A detailed time frame (DE LEEUW et al., 2010) made it possible to see changes of three major factors controlling carbonate deposition – hydrology, sediment input and temperature changes (GIERLOWSKI-KORDESCH,

2010). From Unit 1 thru transitional Unit 2 and then to Unit 3, carbonate textures indicate a change from intermediate to humid climate/hydrology conditions (PLATT & WRIGHT, 1992). Concomitant with these changes up-section, a change in sedimentation rate occurs, from approximately 10 cm/kyr in Unit 1 to 20cm/kyr in Units 2 and 3. Unit 3 with its coal-limestone facies is interpreted as a small lake delta (GIERLOWSKI-KORDESCH et al., 1991), formed from an increase in water and sediment input along with an increase in the accommodation space.

REFERENCES

DE LEEUW, A., MANDIC, O., VRANJKOVIĆ, A., PAVELIĆ, D., HARZHAUSER, M., KRIJGSMAN, W. & KUIPER, K.F. (2010): Chronology and integrated stratigraphy of the Miocene Sinj Basin (Dinaride Lake System, Croatia).– Palaeogeography, Paleoclimatology, Palaeoecology, doi: 10.1016/j.palaeo.2010.03.040

GIERLOWSKI-KORDESCH, E.H., GÓMEZ-FERNÁNDEZ, J.C. & MELÉNDEZ, N. (1991): Carbonate and coal deposition in an alluvial lacustrine setting: Lower Cretaceous (Weald) in the Iberian Range (east-central Spain).– In: ANADÓN, P., CABRERA, L. & KELTS, K. (eds.): Lacustrine Facies Analysis. International Association of Sedimentologists Special Publication, 13, 109–125.

GIERLOWSKI-KORDESCH, E.H. (2010): Lacustrine carbonates.– In: ALONSO-ZARZA, A.M. & TANNER, L.H. (eds.): Continental Carbonates. Developments in Sedimentology, 61, 1–102.

HARZHAUSER, M. & MANDIC, O. (2009): Neogene dreissenids in Central Europe: evolutionary shifts and diversity changes. Chapter 2.– In: VAN DER VELDE, G. RAJAGOPAL, S. & BIJ DE VAATE, A. (eds.): The Zebra Mussel in Europe. Backhuys Publishers, Leiden/Margraf Publishers, 11–29, Weikersheim.

KRSTIĆ, N., SAVIĆ, LJ., JOVANOVIĆ, G. & BODOR, E. (2003): Lower Miocene lakes of the Balkan Land.– Acta Geologica Hungarica, 46/3, 291–299.

MURPHY, D.H. & WILKINSON, B.H. (1980): Carbonate deposition and facies distribution in a central Michigan marl lake.– Sedimentology, 27, 123–135.

PLATT, N.H. & WRIGHT, V.P. (1991): Lacustrine carbonates: facies models, facies distribution and hydrocarbon aspects.– In: ANADÓN, P., CABRERA, L. & KELTS, K. (eds.): Lacustrine Facies Analysis. Special Publication International Association of Sedimentologists, 13, 57–74.

TREESE, K.L. & WILKINSON, B.H. (1982): Peat-marl deposition in a Holocene paludal-lacustrine basin – Sucker Lake, Michigan.– Sedimentology, 29, 375–390.

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.

Conodont dating of the Lower Triassic – Scythian sedimentary rocks in the External Dinarides (Croatia and Bosnia and Herzegovina)

Datiranje konodontima donjotrijaskih – skitskih stijena u Vanjskim Dinaridima (Hrvatska i Bosna i Hercegovina)

Dunja Aljinović[1], Tea Kolar-Jurkovšek[2], Bogdan Jurkovšek[2] & Hazim Hrvatović[3]

[1]University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Croatia (dunja.aljinovic@rgn.hr)

[2]Geological survey of Slovenia, Dimičeva 14, 1 000 Ljubljana, Slovenia (tea.kolar@geo-zs.si; bogdan.jurkovsek@geo.zs.si)

[3]Federal Bureau of Geology, Ilidža, Ustanička 11, 71 210 Sarajevo, Bosnia and Herzegovina (zgeolbih@bih.net.ba)

Key words: Lower Triassic, Dinarides, conodont zonation, Croatia, Bosnia and Herzegovina
Ključne riječi: donji trijas, Dinaridi, zoniranje konodontima, Hrvatska, Bosna i Hercegovina

Two Lower Triassic – Scythian sediment successions have been dated by means of conodonts in the External Dinarides: Plavno section in the vicinity of Knin (Croatia) and Bosansko Grahovo section in neighboring Bosnia and Herzegovina. Deposition at both sections shows similar characteristics differentiated in three continuously deposited facies: The Siliciclastic facies (previously considered Siusi beds and assigned to the Early Scythian), Mudstone facies and Siltstone-mudstone facies (occured in the upper part of the Scythian succession that was formerly considered Campil beds of the Late Scythian). Vertical succession of Siliciclastic, Mudstone and Siltstone-mudstone facies were interpreted as deepening of the environment envisaged as a transgressive trend in a shallow shelf environment.

Facies sucessions at Plavno (ca 700 m thick) and Bosansko Grahovo (ca 130 m thick) differentiate in the appearance of Dolomitic facies that occurred only at the beginning of Plavno sucession.

Conodont fauna of Dolomitic facies at Plavno section is represented by isarcicellids, *Isarcicella staeschei* and *I. isarcica* that mark the Griesbachian *isarcica* Zone. The Siliciclastic facies of Plavno and Bosansko Grahovo section is characterized by shallow-water euryhaline taxa attributed to the Smithian *obliqua* Zone. This fauna is prevailed by *Hadrodontina anceps* and *Pachycladina obliqua* with co-ocurrence of *Parachirognathus ethingtoni* and very rare presence of *Furnishius* sp.

Discerned conodont taxa enable us to establish conodont zonation which gave a new insight to the range of so-called Siusi and Campil beds. Bipartite dismembering of the Lower Triassic beds that is still used in the Dinarides is not actual any more, because also in the Southern Alps it has been changed and further defined.

As seen in the examples from the Southern Alps and Slovenia lithology varies from one section to the other. It is particularly true for the shallow shelf environment where slight changes in palaeomorphology influence important differences. Thus, there is no need to compare Lower Triassic developments of the Dinarides strictly with the type localities, considering only lithology. The important comparison can be made based on established zoning especially using very precise conodont zonation.

Palaeoclimatic record based on the irregular echinoid tests

Zapisi o paleoklimi u čahurama nepravilnih ježinaca

Šimun Aščić, Jasenka Sremac, Hrvoje Posilović, Karmen Fio & Đurđica Pezelj

Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb, Croatia
(simeascic@geol.pmf.hr)

Key words: Cenozoic, Palaeoclimate, Echinoidea, Irregularia, Magnesium, SEM
Ključne riječi: kenozoik, paleoklima, Echinoidea, Irregularia, magnezij, skenirajući elektronski mikroskop

Irregular echinoids emerged in the Lower Jurassic, but their significant evolution occurred during the Paleogene period, especially during the Eocene epoch, when the environmental conditions were most favourable. At the end of the Eocene epoch, as result of the global tectonic movements, a cooler climatic period started. Most species of Irregularia were retreating to the warmer, tropical seas. At the end of the Badenian and during the Sarmatian, Paratethys completely separated from Tethys Sea. Due to the fresh water conditions Irregularia disappeared from the Paratethys Sea.

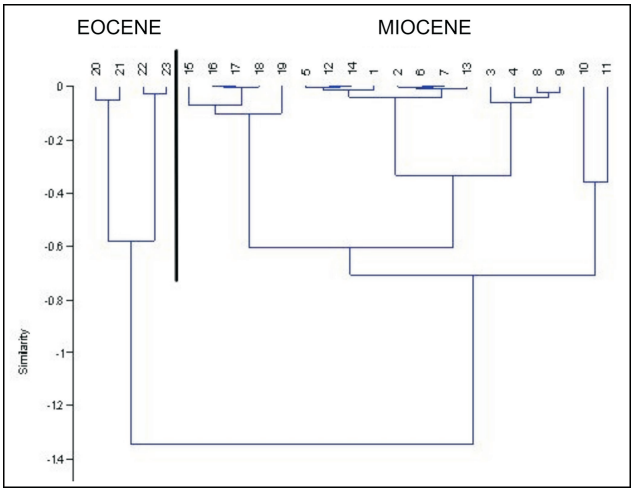


Figure 1. The cladogram showing Eocene and Miocene Irregularia specimen groups. The diagrams show two biggest clusters marking the Badenian and Eocene samples. In the Eocene cluster, marked by the enhanced magnesium content, separation for *Echinolampas* (20 i 21) and for *Conoclypeus* (22 i 23) genus can be noticed. Samples 15, 16, 17, 18 and 19 are indicative for Late Badenian showing higher Mg content in concern to the other Badenian samples. Samples 10 and 11 mark the *Echinolampas (Heteroclypeus) hungaricus* with the highest Mg content.

Slika 1. U kladogramu su prikazana grupiranja eocenskih i miocenskih vrsta nepravilnih ježinaca. Dva najveća grupiranja razdvajaju badenske i eocenske primjerke. Eocenska grupa, koja ima povišen udio magnezija, razdvaja se na dva roda *Echinolampas* (20 i 21) i *Conoclypeus* (22 i 23). Uzorci 15, 16, 17, 18 i 19, iz gornjeg badena, pokazuju povišen udio Mg u odnosu na druge primjerke iz badena. Brojevi 10 i 11 pripadaju vrsti *Echinolampas (Heteroclypeus) hungaricus* i pokazuju najveći sadržaj magnezija.

In Croatia, Eocene irregular echinoids can be found in flysch sediments, marls and conglomerates, and rarely in laminated marly limestones, in Istria (Raša valley, Pazin region), on the islands of Rab, Brač and Hvar, in the vicinity of Bribirske mostine area and in the Benkovac area (MITROVIĆ-PETROVIĆ, 1970). The Miocene Irregularia can be found in the Badenian deposits of the Medvednica Mt., Samoborska, Petrova and Zrinska Gora, in the Dilj and Psunj Mts., and in the other localities containing Lithothamnium Limestone ("Litavac") and grey marly clays (POLJAK, 1938).

To analyse the Irregularia tests composition, the calcite crystal fragments were prepared by fracturing and carbon coating. Samples were analysed by Energy Dispersive Spectrometer (EDS) coupled with Scanning Electron Microscope (SEM) Tescan VEGA to obtain chemical composition, especially magnesium content in Mg-calcite tests. The aim of this research is to determine whether the weight percent of magnesium in the tests can be used as the indicator of the sea water temperature. The enhanced magnesium content should correspond to higher, and decreased to the lower sea temperatures (PILKEY & HOWER, 1960). Stable isotope analyses ($^{18}O/^{16}O$) are planned in order to verify these preliminary conclusions.

The Eocene Irregularia tests have shown relatively uniform magnesium content (Fig. 1). The magnesium weight percent varies from 0.49% in *Conoclypeus conoideus* ZITTEL, to 0.68% in *Echinolampas*, averaging 0.6% for the Eocene samples. The *Echinolampas* genus shows increased magnesium weight percent for both Eocene (0.63–0.68%) and Miocene samples (0.36–0.98%).

The Miocene samples have shown a wider range of magnesium weight percent in the tests (Fig. 1). The *Clypeaster* specimens display values from 0.05 to 0.84%, while *Echinolampas* (*Heteroclypeus*) *hungaricus* VADÁSZ shows range from 0.36–0.98%. The average value of the magnesium content for the Miocene specimens is 0.35%.

These results can be compared with the average Earth temperature curve during Eocene epoch when the average temperature was above 20°C (Fig. 2). The environmental

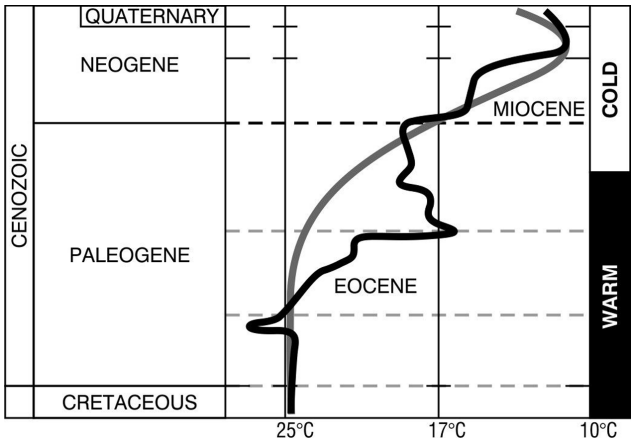


Figure 2. Average temperature on Earth during Cenozoic era (modified after www.scotese.com).
Slika 2. Prosječna temperatura na Zemlji tijekom kenozoika (preuzeto i modificirano prema www.scotese.com).

conditions in shallow-water realms of the Tethys Sea were similar to recent tropical sea conditions and therefore suitable for the Irregularia. This is consistent with relatively uniform and high magnesium content found in the Eocene Irregularia tests. The climate changes at the end of the Eocene and during the Oligocene and Miocene coincide with the reduction of living area for Irregularia, especially in the Paratethys Sea, which becomes physically separated from the Tethys Sea.

The average Earth temperature in Miocene was around 15°C (Fig. 2). The average annual temperature fall in Miocene can also be seen from the magnesium weight percent in tests of Miocene Irregular Echinoids. The biggest number of samples contains less than 0.30% of magnesium. The Miocene *Echinolampas* specimens living in the colder Paratethys Sea show lower and more variable magnesium content in relation to their Eocene relatives. The increased magnesium weight percent determined within some of the *Clypeaster* specimens may be related to some local environmental factor such as low salinity (PILKEY & HOWER, 1960).

REFERENCES

MITROVIĆ-PETROVIĆ, J. (1970): Eocene echinoids of Yugoslavia (in Croatian).– Geological anales of the Balkan peninsula 35. Geological institute of the University of Belgrade, 151–190, Belgrade.

PILKEY, O.H. & HOWER, J. (1960): The effect of environment on the concentration of skeletal magnesium and strontium in *Dendraster*.– The Journal of Geology, 68, 203–214.

POLJAK, J. (1938): Supplement to Miocene Echinoidea of Croatia and Slavonia (in Croatian).– Vesnik of the Geological Institute of Yugoslavia, 167–203, Belgrade.

http://www.scotese.com/climate.htm (21.04.2010.)

Anizički krinoidi Gologlava
Anisian crinoids from Gologlav

Marija Bošnjak & Dražen Japundžić

Hrvatski prirodoslovni muzej, Geološko-paleontološki odjel, Demetrova 1, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: anizik, krinoidi, Gologlav, Hrvatska
Key words: Anisian, crinoids, Gologlav, Croatia

Na "točku" (mjesto gdje se toči voda) Busovača, smještenu na Gologlavu (sjeveroistočno od Knina), nađeni su slojevi vapnenca bogati fragmentima krinoida (trohitni vapnenac) srednjotrijaske starosti, a pripadaju anizičkom katu. Ti slojevi leže superpozicijski na crvenom cefalopodnom vapnencu (Buloški vapnenac), koji je pak pokriven tankim slojem (20–30 cm) zelenkastog tufitičnog sedimenta, dok je sama granica prema mlađim taložinama na tom lokalitetu problematična zbog tektonike kao i problema vezanih uz kondenziranu sedimentaciju. U podinskom sloju cefalopodnog vapnenca nađene su među ostalim i vrste amonita: *Acrochordiceras carolinae* MOJSISOVICS 1882 i *Balatonites balatonicus* MOJSISOVICS 1873, koje pripadaju kozmopolitskoj carolinae-grupi (BUCHER, 1992), a dokazuju pelsonijansku starost [(Balatonicus zona; Balatonicus i Cadoricus podzone) (VÖRÖS, 2003)] (Tabla I, sl. 5, 6). Krinoidna fauna pronađena ondje može se među ostalim uspoređivati sa sličnom faunom u okolici Vareša, gdje dolaze tri krinoidne vrste: *Dadocrinus gracilis* BUCH 1845, *Encrinus liliiformis* LAMARCK 1801 i *Entrochus silesiacus* BEYRICH 1858 (MUDRENOVIĆ et al., 1989).

U uslojenom trohitnom vapnencu određeni su ponajviše dijelovi stapke krinoida – kolumnaliji i plurikolumnaliji, kao i fragment donjeg dijela čaške, odnosno pločica kojom je čaška prirasla za stapku, te brahiopod *Punctospirella* sp. DAGYS 1974, koji se nalazi zajedno s dijelovima krinoida (Tabla I). Uzorak sloja debljine 16 cm pohranjen je u depou Hrvatskoga prirodoslovnog muzeja u Zagrebu.

Na Tabli I, sl. 2 vidi se kolumnalij kružnog presjeka i srednje debljine. Prema obliku pripada srednjim (mezistelnim) kolumnalijima. Ne sadrži privjeske, a na bočnoj strani nisu vidljivi ni ožiljci privjesaka, što znači da pripada internodalima (MOORE, 1952). Artikulum sadrži lijepo razvijen

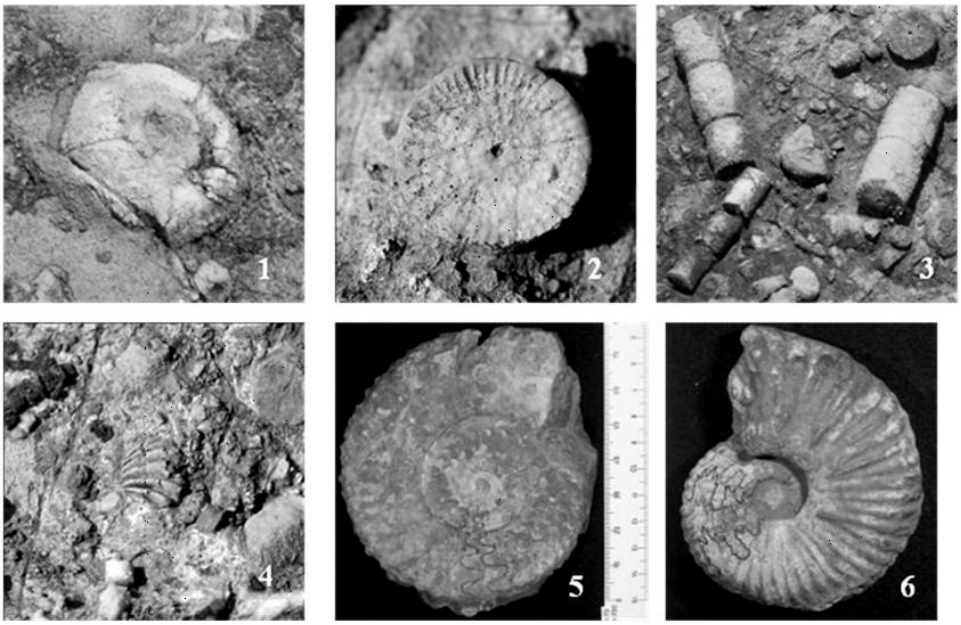


Tabla I. Srednjotrijaski krinoidi Gologlava
Table I. Middle Triassic crinoids from Gologlav

1 – Blok 1 – donji dio čaške, 5x
1 – Block 1 – calyx base, 5x
2 – Blok 1 – kolumnalij (internodal) s uskim i dugim krenelama, 5x
2 – Block 1 – columnal (internodal) with narrow and short crenellae, 5x
3 – Blok 1 – plurikolumnalij sa središnjim ili udaljenim kolumnalijima, 5x
3 – Block 1 – pluricolumnal with mesistele and distal columnals, 5x
4 – Blok 1 – brahiopod (Punctospirella sp. DAGYS 1974), 3x
4 – Block 1 – brachiopod (Punctospirella sp. DAGYS 1974), 3x
5 – Balatonites balatonicus MOJSISOVICS 1873
6 – Acrochordiceras carolinae MOJSISOVICS 1882

uzak krenularij s radijalno raspoređenim krenelama: krenule su uske i kratke, a kulmine su im oblikom vrlo slične. Areola je šira, dok je lumen manji i okrugao.

Plurikolumnalij (Tabla I, sl. 3) sadrži tri, odnosno dva kolumnalija izgleda poput prije opisanih. Pojedinačni su kolumnaliji okrugli i relativno viši, što upućuje na zaključak da pripadaju središnjim (mezistelnim) ili udaljenim (distalnim) kolumnalijima. Bočne su im strane ravne ili blago ispupčene. Prema nazubljenom izgledu krenulatnih suturnih linija vidi se da su spojevi u stapci simpletični (FEARNHEAD, 2008).

Donji dio čaške (Tabla I, sl. 1) zdjeličastog je oblika, s konveksnom bazom iznad koje se nalaze dijelovi pet infrabazalnih pločica, budući da je tip čaške dicikličan (MOORE, 1952). Nije nađena čitava čaška krinoida, te su njezina točna građa i broj krakova nepoznati. Kako je pri određivanju vrste najvažniji kriterij izgled čaške (KOCHANSKY-DEVIDÉ, 1964), bila je moguća samo usporedba sa srednjotrijaskim vrstama krinoida unutar podrazreda Articulata MILLER 1821. Prema stratigrafskom slijedu i navedenom opisu određeno je da nalaz fragmentiranih krinoida pripada aniničkom rodu *Encrinus* LAMARCK 1801 (GŁUCHOWSKI & SALAMON, 2005).

Ostaci krinoida široko su rasprostranjeni u mnogim formacijama stijena starosti od donjeg paleozoika do kenozoika, te je njihovo proučavanje paleontološki i stratigrafski važno zbog mnoštva fosila s kratkim stratigrafskim rasponom pojedine vrste.

LITERATURA

BUCHER, H. (1992): Ammonoids of the Shoshonensis Zone (Middle Anisian, Middle Triassic) from Northwestern Nevada (USA).– Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, 135, 425–465, Wien.

FEARNHEAD, F.E. (2008): Towards a systematic standard approach to describing fossil crinoids, illustrated by the redescription of a Scottish Silurian Pisocrinus de Koninck.– Scripta Geologica, 136, 39–61, Leiden.

G£UCHOWSKI, E. & SALAMON, M. (2005): The Lower Muschelkalk crinoids from Raciborowice, North-Sudetic Basin, SW Poland.– Geological Quarterly, 49/1, 83–92, Warszawa.

KOCHANSKY-DEVIDÉ, V. (1964): Paleozoologija.– Školska knjiga, Zagreb, 452 str.

MOORE, R.C. (1952): Invertebrate fossils.– McGraw-Hill Book Company Inc., 766 p., New York-Toronto-London.

MUDRENOVIĆ, V., KOLAR-JURKOVŠEK, T. & JURKOVŠEK, B (1989): Development of Anisian near Vareš, 'Hydasp' Substage.– Geološki anali Balkanskog poluostrva, Tome LIII/1, 227–236, Beograd.

VÖRÖS, A. (2003): The Pelsonian Ammonoid fauna of the Balaton highland.– Geologica Hungarica series Palaeontologica, Fasciculus, 55, 71–121, 8 tbl., Budapest.

Integrated stratigraphy of the Upper Cretaceous carbonate deposits on the Island of Čiovo (central Dalmatia, Croatia)

Integrirana stratigrafija karbonatnih naslaga gornje krede otoka Čiova (središnja Dalmacija, Hrvatska)

Mihovil Brlek[1], Tvrtko Korbar[1], Blanka Cvetko Tešović[2], Ladislav Fuček[1] & Bosiljka Glumac[3]

[1]Croatian Geological Survey, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Croatia
(mihovil.brlek@hgi-cgs.hr)

[2]Department of Geology, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 95, 10 000 Zagreb, Croatia

[3]Department of Geology, Smith College, Northampton, Massachusetts 01063, USA

Key words: lithostratigraphy, biostratigraphy, chemostratigraphy, slope carbonates, carbonate platform.
Ključne riječi: litostratigrafija, biostratigrafija, kemostratigrafija, padinski karbonati, karbonatna platforma.

The Upper Cretaceous carbonate succession on the Island of Čiovo in central Dalmatia, Croatia, differs from the typical platform development in the region (e.g. the Island of Brač: GUŠIĆ & JELASKA, 1990; STEUBER et al., 2005), implying different depositional setting. Several methods, including integrated stratigraphy (litho-, bio-, and chemo-stratigraphy of C and Sr stable isotopes) and petrological analysis, are being used in order to constrain the regional stratigraphic correlation.

Approx. 300 m thick succession of Cretaceous carbonates is measured and analyzed on the westernmost coast of the island. The succession is unconformably overlain by the Paleogene Foraminiferal limestones. Lower 66 m of the succession is referred to as the Dol formation (Santonian-Campanian cf. GUŠIĆ & JELASKA, 1990) characterized by bioclastic W/P containing calcispheres, planktonic foraminifera (globotruncanoids), agglutinated foraminifera and calcite fragments (SMF 3, after WILSON, 1975), and with chert nodules in a few horizons. Horizon Č-9 represents an intercalation of resedimented allochthonous bio-lithoclastic P/R (platform derived fragments of rudists and other mollusks) (SMF 4-5) with admixtures of pelagic bioclastic W/P (SMF 3), which shows normal gradation. Integrated stratigraphic analysis indicates Campanian age of the Dol formation. Depositional setting of the Dol formation is presumed to be toe-of-slope/slope. Two intra-Campanian discontinuity surfaces occur in the uppermost part (at 56 and 66 m) of the Dol formation. Bioclastic P/G intercalated within the surfaces shows a generally fining upward trend. These surfaces can be described as hard-/firm-grounds with traces of bioturbation, bioerosion, nodularization and mineralization (KENNEDY & GARRISON, 1975). Several methods (field and laboratory) will be used in order to describe their petrological and mineralogical characterictics, as well as to explain their genesis. There is a possible correlation to some regional or global process of hard-/firm-ground formation, potentially to the regional intra-Campanian relative sea-level fall (Adriatic platform: STEUBER et al., 2005; Apulian platform: SCHLÜTER et al., 2008) or some global eustatic/isotopic event (cf. JARVIS et al., 2002).

The succession between 66 and 296 m is in general represented by massive to thick-bedded resedimented allochthonous grainy limestones, which are in places highly neomorphosed, and sporadically dolomitized. These are mostly bio-lithoclastic P (rarely G/R) (SMF 4-5-12-Crin, encrinite) with predominantly echinoderm fragments (mostly crinoids but also echinoids) with syntaxial overgrowths (commonly the only components), mollusk fragments (bivalves: rudist fragments and other bivalves), benthic foraminifera, bryozoans, coralinacean algae, other calcite fragments (heterozoan grain association), cortoids and wholly micritized grains, lithoclasts, as well as pelagic admixtures (SMF 3). The benthic foraminifera association of the whole succession indicates (late middle) late Campanian (?Maastrichtian) age. The strata between 66 and 296 m were deposited in slope/toe-of-slope settings, indicated as well by the benthic foraminfera assemblage (CVETKO TEŠOVIĆ et al., 2001; see BORGOMANO, 2000).

During subaerial exposure, "paleokarstic pockets" in the form of paleosols with *Microcodium* structures (WRIGHT, 1994) developed in the uppermost ~10 m of this Upper Cretaceous succession, which is unconformably overlain by the transgressive Paleogene (?Eocene) Foraminiferal limestones over the regional type 1 sequence boundary.

Although the depositional setting and lithology of the bio-lithoclastic packestones in the upper part (66-296 m) of the Upper Cretaceous succession on the Island of Čiovo can be correlated with that of the Brač "marble" member of the Pučišća formation or "atypical" facies (Dračevica) of the Dol formation on the Island of Brač (GUŠIĆ & JELASKA, 1990; CVETKO TEŠOVIĆ et al., 2001), the stratigraphic

range and the relationships with overlying rocks demand to define a new formation, which is called here the Čiovo formation.

While the Sumartin formation on the Island of Brač represents a typical inner-platform development, penecontemporaneous deposits of the Čiovo formation likely represent deeper water slope/toe-of-slope depositional settings (see BORGOMANO, 2000), presumably facing the NE Adriatic trough (KORBAR, 2009). According to the current interpretations, the trough represents the extension of the Budva-Cukali basin in the form of either an intra-platform embayment (tongue of the ocean) that ends in the area near Split (CHOROWICZ, 1975; VLAHOVIĆ et al., 2005), or an inter-platform trough that completely separated the Adriatic and Dinaridic platforms during the latest Cretaceous and earliest Paleogene, and is today completely covered by the Dinaridic thrust further to the NW (as hypothesized by KORBAR, 2009).

REFERENCES

BORGOMANO, J.R.F. (2000): The Upper Cretaceous carbonates of the Gargano-Murge region, southern Italy: A model of platform-to-basin transition.– AAPG Bulletin, 84/10, 1561–1588.

CHOROWICZ, J. (1975): Le devenir de la zone de Budva vers le Nord-Ouest de la Yougoslavie.– Bulletin de la Societe Geologique de France, 7/17, 699–709.

CVETKO TEŠOVIĆ, B., GUŠIĆ, I., 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): 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. OOUR za geologiju, vol. 69. Institut za geološka istraživanja, Zagreb, 160 str.

JARVIS, I., MABROUK, A., MOODY, R.T.J. & CABRERADE, S. (2002): Late Cretaceous (Campanian) carbon isotope events, sea-level change and correlation of the Tethyan and Boreal realms.– Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 188, 215–248.

KENNEDY W.J & GARRISON R.E (1975): Morphology and genesis of nodular chalks and hardgrounds in the Upper Cretaceous of southern England.– Sedimentology, 22, 311–386.

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.

SCHLÜTER, M., STEUBER, T. & PARENTE, M. (2008): Chronostratigraphy of Campanian-Maastrichtian platform carbonates and rudist associations of Salento (Apulia, Italy).– Cretaceous Research, 29, 100–114.

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.

VLAHOVIĆ, I., TIŠLJAR, J., VELIĆ, I. & MATIČEC, D. (2005): Evolution of the Adriatic Carbonate Platform: palaeogeography, main events and depositional dynamics.– Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 220/3–4, 333–360.

WILSON, J.L. (1975): Carbonate facies in geologic history.– Springer-Verlag, x+471 p., Berlin.

WRIGHT, V.P. (1994): Paleosols in shallow marine carbonate sequences.– Earth-Science Reviews, 35, 367–395.

Ubušivanja, eocenske velike foraminifere i Prijelazni slojevi (Istra, Hrvatska), paleoekološki i tafonomski značaj

Borings, Eocene larger foraminifera and Transitional beds (Istria, Croatia): paleoecologic and taphonomic significance

Vlasta Ćosović, Alan Moro & Željko Ištuk

Geološko-paleontološki zavod, PMF, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: Ortofragmine, ubušivanja, endoliti, lutet, vapnenci, Istra
Key words: Orthophragminids, Borings, Endoliths, Lutetian, Limestones, Istria

Ihnofosili u paleogenskim klastičnim naslagama Vanjskih Dinarida istražuju se već godinama. Česta ubušivanja u kućice ortofragmina u eocenskim vapnencima koje nalazimo rasprostranjene od Istre do Pelješca, nisu istraživana. Nasuprot tome, tafonomska istraživanja tragova u krednim i eocenskim foraminiferama, razriješila su neke od dilema oko njihova nastanka: ihnotaksonomiju, smještaj unutar "domaćina" i vrstu organizama koji ih ostavljaju (SLITER, 1971; SHROBA, 1993; NIELSEN, 2002; NIELSEN & GORMUS, 2003; NIELSEN et al., 2003; GORMUS & NIELSEN, 2006; CHECCONI & MONACO, 2008).

Kućice ortofragmina iz lutetskih (SBZ15 i SBZ 16) Ortofragminskih vapnenaca (Prijelaznih slojeva *sensu* ĆOSOVIĆ et al., 2004, odnosno vršnog dijela tradicionalnih Foraminiferskih vapnenaca) s profila Pićan, Ragancini-Lišani, Šterna, Buzet (Istra) imaju tragove ubušivanja. Učestalost pojavljivanja tragova, oblik, položaj unutar kućice i dimenzije, te tekstura ispuna proučavani su isključivo iz mikroskopskih preparata, odnosno iz osnih ili kosih (ali ne tangencijalnih) presjeka kućica. Analizirani uzorci, odgovaraju Mikrofacijesu IV Ortofragminskih vapnenaca: Biološki uništenim vekstonima s ortofragminama (ĆOSOVIĆ et al., 2004), i uz brojčano najzastupljenije ortofragmine sadrže dobro sačuvane kućice operkulina i "sferičnih" numulita. Na čak 30% kućica ortofragmina uočeni su bioerozijski tragovi. Kućice su različitih veličina, dijametra od 1,1 do 36 mm, a debljine od 0,9 do 2,2 mm. Prema obliku, tragovi su, pravilne kružnice, elipse, ali ima i onih čiji je oblik nepravilan. Tragove u obliku pravilnih kružnica promjera do 0,18 mm, ispunjenih mikritom, nalazimo u lateralnom sloju orbitoklipeusa. Kućice *Orbitoclypeus* sp. i *Asterocyclina* sp., u ekvatorijalnom sloju neposredno uz embrionalni aparat imaju tragove čiji su presjeci elipse. Dimenzije (dulja os) struktura variraju od 0,4 do 1 mm i one su ispunjene mikritom. Elipsaste bušotina nalazimo i kod jedinki *Discocyclina* sp., ali smještene u ekvatorijalnom sloju na različitim udaljenosti od embrionalnog aparata (embrionalnom aparatu najbliži trag je između 6–8 ekvatorijalne klijetkice). Velike jedinke imaju više takvih bušotina, a udaljenost između pojedinih je 1 mm. Zanimljivo je to da veličina bušotina (0,4 do 1,25 mm je dulja os) tek neznatno raste idući od embrionalnog aparata prema rubovima kućice. Tragovi su ispunjeni mikritom, odnosno ispranim mikritom, sparitom. Nepravilne su forme najrjeđe i nalazimo ih kod jedinki diskociklina u lateralnim slojevima, uskim kanalom povezane s površinom kućice. Ispuna u potpunosti odgovara vezivu stijene.

Elipsasti tragovi u kućicama ortofragmina koje nalazimo u ekvatorijalnom sloju i ne dopiru do vanjske površine, pretpostavljamo da su nastali za života jedinke. Napravio ih je organizam koji je živio kao endobiont, hraneći se citoplazmom "domaćina". Kako je jedinka "domaćina" rasla (u slučaju diskociklina, D/T omjer veći od 2.2 s 20–25 ekvatorijalnih klijetki) i selila se u mlađe i veće klijetke, tako se endobiont selio. Pri tome se za prolaz koristio sistemom stolona na ekvatorijalnim klijetkama i klijetkicama, proširujući ih i ostavljajući spiralno udubljenje-trag (u ekvatorijalnom sloju na jednakim razmacima više jednako velikih tragova). Naime, kod drugih foraminifera (operkuline i sferični numuliti) u zajednici, čije su kućice sličnog oblika, ali i veličina, nisu uočeni tragovi ubušivanja. Sparitne ili geopetalno ispunjene bušotine objašnjavamo precipitacijom kalcita iz pornih voda koje su lakše cirkulirale praznom bioerodiranom kućicom (GOLUBIĆ et al., 1975). Izolirane strukture u lateralnom sloju su u kućicama čiji je D/T manji od 2,2 (orbitoklipeusi i asterocikline, 7–10 ekvatorijalnih klijetki), nastale su proširivanjem stolona biološkim uništavanjem septulana na lateralnim klijetkama i kljetkicama. Ubušivanje u lateralni sloj je teško i zahtjevno zbog specifične arhitekture, a zbog reducirane brzine stvaranja novih klijetki, manja je količina potencijalne hrane (nerazmjer u koncentraciji citoplazme u ekvatorijalnom i lateralnom sloju). Stoga je za pretpostaviti da su ove strukture nastale djelovanjem drugog tipa organizma. Tragovi nepravilnog oblika najvjerojatnije su nastali tako što su u postojeće biostrukture, nakon uginuća organizma, iskoristili drugi endoliti, povećali ih (ispuna sličnog oblika kao okolni sediment i veza s vanjskom površinom).

Interpretacija biostruktura je donekle ograničena zbog ciljanog uzorkovanja isključivo ortofragminskih slojeva (stoga i relativno veliki postotak oštećenih kućica) i zbog nemogućnosti dobivanja ekvatorijalnih presjeka kućica. Unatoč tome smatramo da bioerozijski tragovi svjedoče o postojanju grabežljivaca i parazita nad ortofragminama (selektivni odabir prema rodovima, veličini jedinke i području skeleta). Izolirani tragovi u različitim ekvatorijalnim ili lateralnim klijetkama upućuju na djelovanje jednog ili više nepoznatih organizama (slične opisanim tragovima ostavljaju cijanobakterije, gljive, crvi, ali i foraminifere). U recentnim okolišima ubušivanja su zabilježena na foraminiferama iz umjerenih i hladnijih mora, stoga postojanje elipsastih i sferičnih biostruktura ide u prilog pretpostavci o vanjskom šelfu kao staništu nekih ortofragmina (ali unutar fotičke zone; ĆOSOVIĆ et al., 2004).

LITERATURA

CHECCONI, A. & MONACO, P. (2008): Trace fossil assemblages in rhodoliths from the Middle Miocene of Mt. Camposauro (Longano Formation, Southeren Apennines, Italy).– Studi Trent. Sci. Nat. Acta Geol., 83, 165–176, Trento.

ĆOSOVIĆ, V., DROBNE, K. & MORO, A. (2004): Paleoenvironmental model for Eocene foraminiferal limestones oft he Adriatic carbonate platform (Istrian peninsula).– Facies, 50, 61–75, Erlangen.

GOLUBIĆ, S., PERKINS, R.D. & LUKAS, K.J. (1975): Boring micro-organisms and microborings in carbonate substrates.– In: FREY, R.W. (ed.): The Study of Trace Fossils. Springer-Verlag, 229–259, Berlin-Heideberg-New York.

GORMUS, M. & NIELSEN, J.K. (2006): Borings in larger Benthic Foraminifers from Turkey and their Paleoevironmental significance.– Journ. Foram. Research, 36/2, 152–165, Washington.

NIELSEN, J.K. (2002): Borings formed by Late Cretacoues endobiontic foraminifers within larger benthic foraminifers.– Acta Paleonttol. Pol., 47/4, 673–678, Warszawa.

NIELSEN, J.K. & GORMUS, M. (2004): Ichnotaxonomy and ethology of borings in shallow-marine benthic foraminifes from the Maastrichtian and Eocene of northwestern and southwestern Turkey.– Riv. It. Paleont. Strat., 110/2, 493–501, Milano.

NIELSEN, K.S.S., NIELSEN, J.K. & BROMLEY, R.G. (2003): Palaeoecelogical and ichnological significance of microborings in Quaternary Foraminifera.– Paleontologica Electronica, 6/2, 13 p. (http://palaeo-electronica.org/paleo/2003_1/ichno/issue1_03.htm)

SHROBA, C.C. (1993): Taphonomic features of benthic foraminifera in a temperate setting: experimental and field observations on the role of abrasion, solution and microboring in the destruction of foraminiferal tests.– Palaios, 8, 250–266, Tulsa.

SLITER, W.V. (1971): Predation on benthic foraminiferal.– Journ. Foram. Research, 1, 20–29, Washington.

Lavsa Island, biostratigraphic overview of Eocene beds from the K/T boundary to Middle Lutetian and its paleogeographic position between Dinarides and Apennines on the Paleogene Adriatic carbonate platform (Ypresian (Cuisian) – Oligocene)

Otok Lavsa, biostratigrafski pregled eocenskih naslaga od granice kreda/paleogen do srednjeg luteta i njegov paleogeografski položaj između Dinarida i Apenina na paleogenskoj Jadranskoj karbonatnoj platformi (ipres (kuiz) – oligocen)

Katica Drobne[1], Vlasta Tari[2], Uroš Premru[3] & Mladen Trutin[4]

[1]I. Rakovec Institute of Paleontology, ZRC SAZU, Novi Trg 2, 1 000 Ljubljana, Slovenia (katica@zrc-sazu.si)
[2]INA Naftaplin, Exploration Department, Šubićeva 29, 10 000 Zagreb, Croatia
[3]Independent geologist, Ul. Josipine Turnograjske 2, 4 205 Preddvor, Slovenia
[4]Independent geologist, Trnsko 7c, 10 000 Zagreb, Croatia

Key words: larger foraminifera, Ypresian, Lutetian, Central Dalmatia, Kornati, Lavsa Island, Paleogene Adriatic Carbonate Platform
Ključne riječi: velike foramnifere, ipres, lutet, središnja Dalmacija, Kornati, otok Lavsa, paleogen, Jadranska karbonatna platforma

Lavsa, biostratigraphic overview of Eocene beds from the K/T boundary to Middle Lutetian

The island Lavsa is situated in the exposed outer arc of the Kornati islands. On the smaller peninsula of its NE part Cretaceous and Eocene beds are exposed displaying a clear boundary between the two. The Eocene part of profile passes the first 60 m across a plain, then for cca 120 m over a minor height. The northern side of coast is steep, beds dip to NW. The measured thickness of beds is cca 160 m. In the first 60 m a typical subtidal facies is indicated, which in younger beds gradually deepens, but remains under influence of a higher energy index of water. In samples (25) were established more than 40 taxons that distinctly characterize two age complexes of rocks. In the first one prevail nubecularias, spirolinas, conical foraminifera with agglutinated wall and larger trematophorid miliolides. To the first mentioned belong *Coskinolina douvillei, C. liburnica, C. perpera, Pseudochrysalidina* cf. *variospira,* and to the second ones *Periloculina dalmatina, P.* cf. *decastroi, Pseudolacazina* n.sp. After a shorter hiatus marked by breccia appears in limestones a second group of larger foraminifera with alveolinas and nummulites, and in younger beds with orthofragminas accompanied by a rotaliids. Among leading fossils *Alveolina levantina*, *A. hottingeri, A. elliptica nuttalli, A. stipes, A. tenuis* are listed, further *A.* cf. *minieri.* Among the nummulites

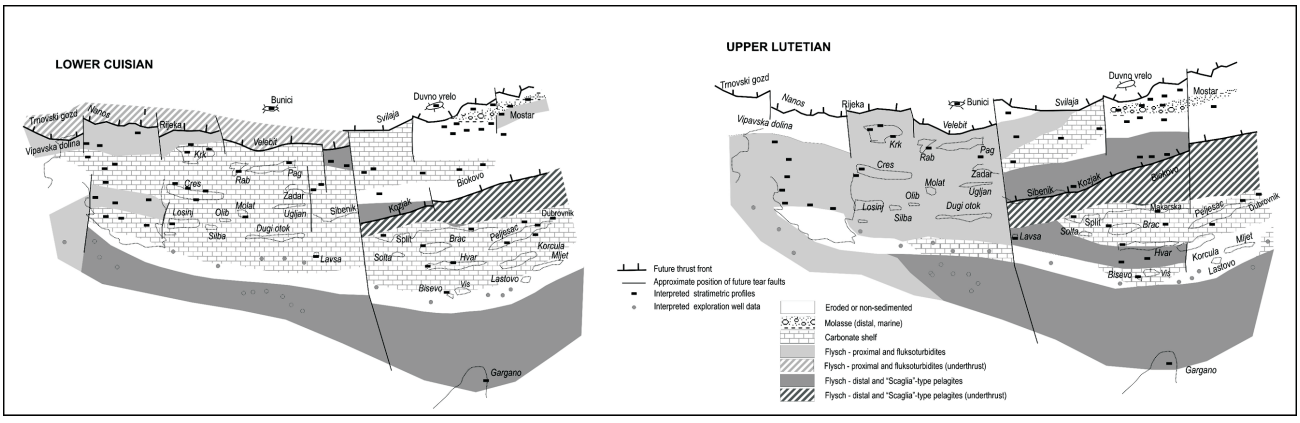


Figure 1. Lower Cuisian and Upper Lutetian paleogeographic maps.
Slika 1. Paleogeografska karta donjeg kuiza i gornjeg luteta.

prevails *N. laevigatus*, and in the youngest beds *N. praeaturicus* and *Assilina spira.*

Based on these determinations the older beds with conical and trematophorid foraminifera can be attributed to Middle and Upper Cuisian (Ypresian), SBZ 11 and SBZ 12. The younger part with alveolinas and nummulites extends to Lower and partly Middle Lutetian, SBZ 13 and SBZ 14, i.e. to Middle Eocene.

Many Lutetian larger foraminifera display regenerated tests, overgrown with sessile foraminifera, probably *Solenoporis.* Very often the red algae form macroids or they overgrow foraminifera. Many tests are etched by endoliths. In samples the tests are very frequently damaged by later breaks or compressions and disintegrations. These phenomena indicate slow sedimentation and later tectonic deformations.

Comparison of foraminiferal assemblage from the Lavsa Island with other areas indicates connections with Dalmatia, Istria and Apulia, there especially with the Trentinara Formation. In favor of Eocene connection of marine areas of the central part of Tethys, especially of the Paleogene Adriatic carbonate platform, speaks the following chapter with graphic illustrations. (References see below).

Paleogene Adriatic carbonate platform between Dinarides and Apennines

The paper is an attempt to reconstruct rather complicated paleogeography and tectonics during early collision of the Dinarides with Adria block. The complicated paleobiogeographical and sedimentological composition of Cuisian to Priabonian deposits reflects a significant shortening which led to the Eocene formation of the SW-verging Western thrust belt (TARI, 2002). A simple thrust belt-foredeep-foreland model applied can explain distribution of paleoenvironments and their further shortening during Lutetian to Priabonian by SW-ward thrust propagation and also later by Oligocene and Miocene thrusting.

Progressive compression in Middle and Late Eocene closed and underthrust Budva Basin and buried eastern margin of Adria by flysch and flysch-like deposits. Toward the end of Eocene the entire northern Adriatic area became a part of Mediterranean province characterized with subtropical and warm-temperature climate (PREMEC-FUČEK et al., 1998).

The differentiation of ramps and troughs, i.e. biozoological provinces (PREMRU et al., 2006) and their migration through time and space is based on micropaleontological associations and lithological properties of more than 150 stratimetric sections and about 20 off-shore boreholes (DROBNE, 2003). Presumed position of paleogeographic units is represented on palinspastic maps from Lower Cuisian to Priabonian time (Fig. 1) based on tectonic reconstruction (PREMRU, 2006) and adapted by DROBNE et al. (2007).

REFERENCES

DROBNE, K. (2003): Paleogene biota from the sedimentary zones 1–4 on the Adriatic Carbonate Platform (ACP).– In: VLAHOVIĆ, I. (ed.): 22nd IAS Meeting of Sediment. Opatija, Abstract Book, 47, CD-rom, Zagreb.

DROBNE, K., TARI-KOVAČIĆ, V., PREMRU, U. &. TRUTIN, M. (2007): Carbonate platform of Adriatic and Dinarides from Cuisian till Oligocene (Slovenia and Croatia).– In: 3rd Intern. Conf. Geology of the Tethys, Cairo Univ., Abstract, CD-rom.

PREMRU, U., DROBNE, K., TARI-KOVAČIĆ, V. & TRUTIN, M. (2006): Paleogene biofacies in palinspastic and paleogeographic reconstruction of Adria Region.– ADRIA 2006 Intern. geol. congress on Adriatic area, www.uniurb.it/adria2006/ADRIA-2006, Abstr. pdf, Urbino, CD-rom.

PREMEC-FUČEK, V., BABIĆ, LJ., BAJRAKTAREVIĆ, Z. & GUŠIĆ, I. (1998): Planktonic foraminiferal biostratigraphy and paleoecology of the Middle to Upper Eocene succession in the north Adriatic sea.– In: HOTTINGER, L. & DROBNE, K. (eds.): Paleogene Shallow Benthos of the Tethys, 2, Dela-Opera SAZU 4. razr., 34/2, 255–271, 5 pls., Ljubljana.

TARI, V. (2002): Evolution of the northern and western Dinarides: a tectonostratigraphic approach.– EGU Stephen Mueller Spec. Publ. Series, 1, 223–236.

Tragovi aktivnosti fosilnih insekata na miocenskim biljkama

Traces of fossil insect activity on Miocene plants

Tamara Đerek & Sanja Japundžić

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

Ključne riječi: tragovi, aktivnost, fosilni insekti, miocenske biljke
Key words: traces, activity, fossil insects, Miocene plants

Fosilno lišće s dobro očuvanim oštećenjima nastalim uslijed aktivnosti insekata pruža bogate i različite informacije, kako o biljkama i insektima, tako i o ekološkim i ponekad taksonomskim grupama korisnika, što je jedinstveno u fosilnim zabilješkama (WILF, 2008).

Očuvanje ovakvih oštećenja na fosilnim listovima dugo je vremena smatrano rijetkim fenomenom, paleontološkim kuriozitetom. Fosilne mine i gale pružaju direktan dokaz parazitskog ponašanja i odgovora biljaka na takav parazitizam. Stoga su očuvane mine i gale potencijalno značajne za bolje razumijevanje međusobne evolucije biljaka i parazita (većinom insekata) (KRASSILOV, 2007).

U skupinu lisnih minera ubrajaju se vrste kojima ličinke u listovima buše hodnike, tunele, nazvane minama. Izrazito

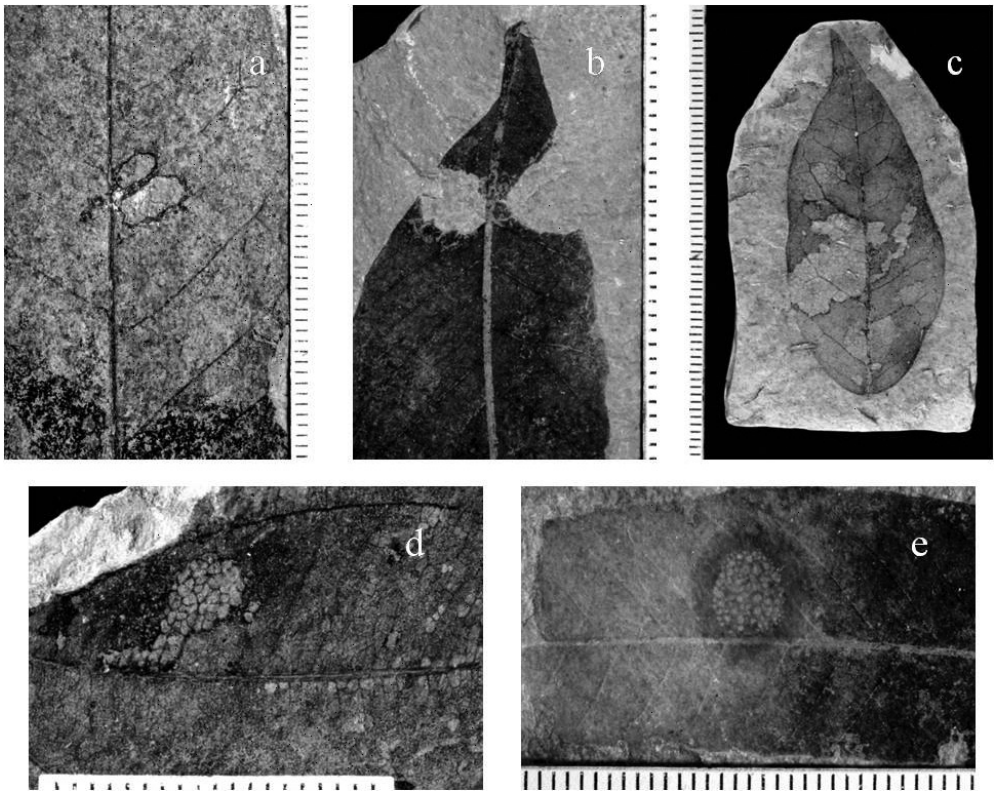


Tabla I. Izabrani primjeri aktivnosti fosilnih insekata na miocenskim biljkama (Foto: Nives BORČIĆ).
Table I. Selected examples of fossil insects activity on Miocene plants (Photo: Nives BORČIĆ).

a) Grizotine na plojki lista *Cedrella europaea* UNGER, sarmat, Radoboj
Hole feeding on *Cedrella europaea* UNGER, Sarmatian, Radoboj
b) Grizotine na obodu lista, otnang, Poljanska
Margin feeding on Ottnangian leaf from Poljanska
c) Skeletiranje plojke lista, sarmat, Podsused
Skeletonization on Sarmatian leaf from Podsused
d) Mina na *Quercus neriifolia* AL.BRAUN, sarmat, Podsused
Mine on *Quercus neriifolia* AL. BRAUN, Sarmatian, Podsused
e) Gala na plojki lista, otnang, Poljanska
Gall on Ottnangian leaf from Poljanska

najveći broj lisnih minera su gusjenice Lepidoptera, no u lisne minere ubrajaju se i ličinke nekih Diptera, katkad Coeloptera i drugih redova kukaca. Ličinke buše parenhim između epidermi lica i naličja lista ostavljajući epidermu netaknutu. (MACELJSKI, 1999).

Gale ili šiške nastaju kao odgovor biljnog tkiva na prisutnost ličinke kukca. Kad je biljka napadnuta, aktivira obrambeni sustav i pokušava se zaštititi od uljeza razvijajući dodatno tkivo. Oko 85% šiški izazivaju kukci iz porodice Cynipidae i to unutar roda Quercus.

Osim gala i mina, vrlo su česte i grizotine na plojki lista, grizotine na obodu lista, skeletiranje, te ostala oštećenja koja se rjeđe pojavljuju.

Iz paleobotaničkih zbirki Geološko-paleontološkog odjela (Sarmatska flora Radoboja, Sarmatska flora Zagrebačke i Samoborske gore, Oligocenska flora Planine u Zagrebačkoj gori, te novi nalazi s lokaliteta Poljanska u Slavoniji) izdvojeno je 26 primjeraka fosilnih listova na kojima su jasno vidljivi tragovi oštećenja uslijed djelovanja insekata.

Izabrani listovi klasificirani su u 5 grupa:

1) grizotine na plojki lista
2) grizotine na obodu lista
3) skeletiranje
4) mine
5) gale

Na izabranim miocenskim biljkama utvrđeno je u najvećem broju postojanje grizotina tipa 1. i 2. Grizotine na plojki lista uočene su na 13 primjeraka, a grizotine na obodu lista vidljive su na 9 primjeraka. Gale su sačuvane na 9 uzoraka, a mine na 2 uzorka. Skeletiranje je primjećeno samo na 1 fosilnom listu.

Klasifikacija aktivnosti/oštećenja uspoređena je s literaturom (LABANDEIRA et al., 2007) i utvrđeno je postojanje vrlo sličnih tipova oštećenja ali i nekih različitih koji će se detaljno razraditi u budućim radovima.

Recentnija istraživanja ovakvih tragova aktivnosti insekata, osobito mina i gala, (LABANDEIRA et al., 1994; LABANDEIRA, 2002) pokazuju da možemo već govoriti o novim granama istraživanja u paleontologiji – paleominologiji i paleocecidologiji. (KRASSILOV, 2007).

LITERATURA

KRASSILOV, V.A. (2007): Mines and galls on fossil leaves from the Late Cretaceous of southern Negev, Israel.– African Inverebrates, 48/1, 13–22, Pietermaritzburg.

LABANDEIRA, C.C. (2002): The history of associations between plants and animals.– In: HERRERA, C.M. & PELLMYR, O. (ed.): Plant-Animal Interactions: An Evolutionary Approach. London: Blackwell Science, 26–47, 248–261.

LABANDEIRA, C.C., DILCHER, D.L., DAVIS DONALD, R. & WAGNER, D.L. (1994): Ninety-seven million years of angiosperm-insect association: paleobiological insights into the meaning of coevolution.– Proceedings of the National Academy of Sciences, 91/25, 12278–12282, Washington.

LABANDEIRA, C.C., WILF, P., JOHNSON, K.R. & MARSH, F. (2007): Guide to Insect (and Other) Damage Types on Compressed Plant Fossils.– Smithsonian Institution, Version 3.0, 25 p., Washington.

MACELJSKI, M. (1999): Poljoprivredna entomologija.– Zrinski, 464 str., Čakovec.

WILF, P. (2008): Insect-damaged fossil leaves record food web response to ancient climate change and extinction.– New Phytologist, 178, 486–502, Lancaster.

Principal component analysis around the Transitional and Sandy Dolomite boundary in the Velebit Mt. (Croatia)

Analiza glavnih komponenti na granici prijelaznog i pjeskovitog dolomita na Velebitu (Hrvatska)

Karmen Fio[1], Hrvoje Posilović[1], Jasenka Sremac[1], Igor Vlahović[2], Ivo Velić[3] & Jorge E. Spangenberg[4]

[1]Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb, Croatia (karmen.fio@geol.pmf.hr)
[2]Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Croatia
[3]Croatian Geological Survey, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Croatia
[4]Institute of Mineralogy and Geochemistry, University of Lausanne, Bâtiment Anthropole, CH-1015 Lausanne, Switzerland

Key words: Statistical correlation, Transitional Dolomite, Sandy Dolomite, Upper Permian, Velebit meeting
Ključne riječi: statička korelacija, prijelazni dolomit, pjeskoviti dolomit, gornji perm, Velebit

Late Permian and Early Triassic deposits in the Velebit Mt. are represented by two informal lithostratigraphic units, Transitional Dolomite (TD) and Sandy Dolomite (SD) (SALOPEK, 1948). Due to the lack of the Triassic index fossils above the erosional contact between TD and SD, this lithologic change used to be considered as the Permian-Triassic Boundary (PTB), until the recent findings of Permian fossils in the lower part of the Sandy Dolomite unit (FIO et al., submitted).

Transitional Dolomite is represented by well-bedded light-grey to grey early- and late-diagenetic dolomites, relatively rich in fossils, containing up to 6.70% of calcite and 0.09–7.61% of insoluble residue. Sandy Dolomite comprises thin-bedded dolomites, often with recrystallized grains and scarce fossil findings, with up to 1.88% of calcite, and up to 29.56% of insoluble residue, mostly terrigenous siliciclastic material. The lowermost part of the Sandy Dolomite is characterized by complete lack of fossils, numerous ooids and angular siliciclastic grains, above the clear erosional boundary between Transitional and Sandy dolomites (Fig. 1).

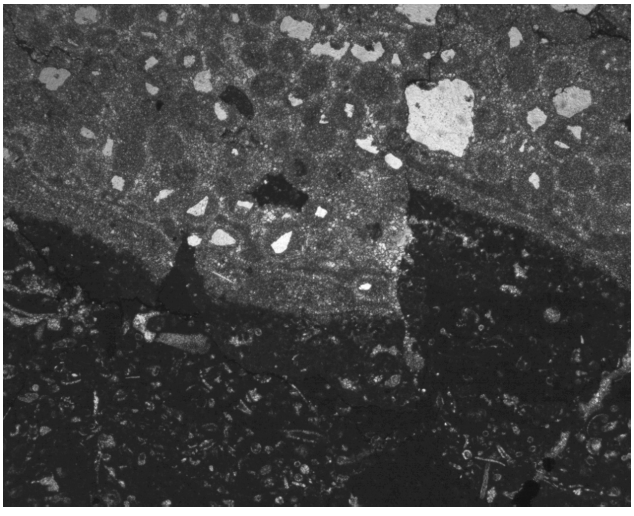


Figure 1. Erosional boundary between Transitional and Sandy Dolomite. Width of the photomicrograph is 5 mm.
Slika 1. Erozijska granica između prijelaznog i pjeskovitog dolomita. Širina fotografije je 5 mm.

The Principal component analysis (PCA) was used to identify patterns of positive and negative covariation for Transitional and Sandy Dolomite samples, such as those expected between Al and trace elements included in clay matrices, or relations between Mg and Ca and siliciclastic minerals (Fig. 2). Al, Si, K and Ti in the TD and SD datasets show high scores on the first principal component, indicating strong positive covariation. Elements with high coefficient of determination (R^2) that correlate to Al_2O_3 content are those which tend to stay bound with clays during weathering and erosion, and therefore can be related to the terrigenous source area.

Ca, Mg, S and Sr are generally more closely related within the Transitional Dolomite and may be connected to relatively abundant fossil content in these deposits. Transitional Dolomite is characterized by the positive Ca–Mg correlation (R^2 = 0.59) and low variability in Ca/Mg ratio (1.48–1.50), indicating consistency in carbonate stechiometry. Sandy Dolomite with more variable Ca/Mg ratio (1.39–1.52) and low negative Ca–Mg correlation (R^2 = –0.25) indicate more diverse carbonate mineralization. The increase in Mg content and its variability in Sandy Dolomite can be explained by sediment dolomitization and diagenesis. Correlations between Ca and S content in both units are positive (R^2 = 0.46 in TD and 0.30 in SD). Mg and S are uncorrelated in the TD (R^2 = 0.01), but show negative correlation in the

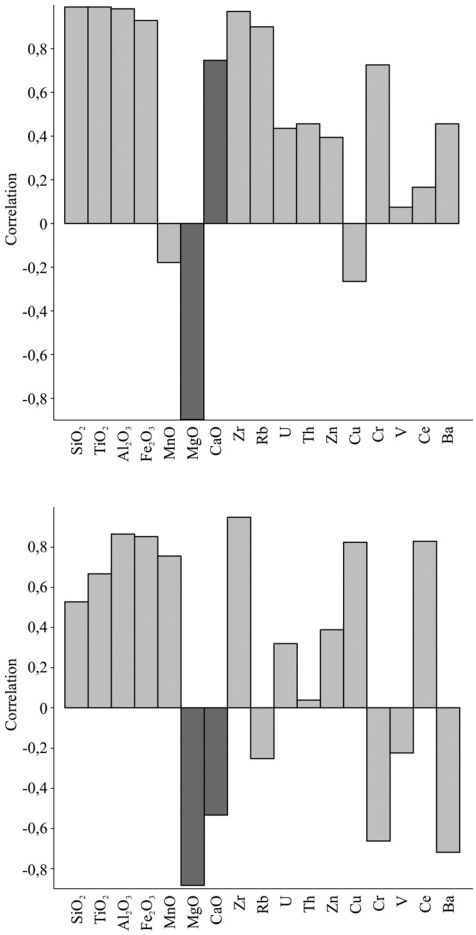


Figure 2. The Principal component analysis (PCA) for Transitional and Sandy Dolomite samples. More than 43% of the total data variance for the Transitional Dolomite (A) and more than 51% of variance for Sandy Dolomite (B) is explained by the first principal component. Dark-grey columns represent MgO and CaO.

Slika 2. Analiza glavnih komponenti za uzorke prijelaznog I pjeskovitog dolomita. Više od 43% varijance podataka za prijelazni dolomit (A) i više od 51% varijance za pjeskoviti dolomit (B) je objašnjeno prvom PCA komponentom. Tamno sivi stupci predstavljaju MgO I CaO.

SD unit (R^2 = –0.48), suggesting that Mg source is not related to organic matter. This is consistent with the lack of the Mg-calcite skeletal remains in the lowermost part of the SD unit.

The abrupt lithologic change between TD and SD is marked by the enrichment in lithophile (Si, Al, K, Rb, Zr, Th, V, Y), siderophile (Fe, Co, Ni) and chalcophile (Cu, Zn, As) elements, enrichment in rare earth elements and negative Cerium anomaly, showing simultaneously a strong decrease in the CaO, MgO, S and Sr content.

The PCA analyses and coefficients of determination gave us possibility to derive the most useful elemental data to define lithologic change. The decrease in Ca–Mg correlation and sulphur content in the Sandy Dolomite after the lithologic boundary, high correlation of elements attributive to clays and siliciclastic material (quartz, zircon, feldspars), sudden disappearance of fossils and occurrence of ooids may be explained as a consequence of the Late Permian regression, and the sediment reworking and import by the transgression onset.

REFERENCES

FIO, K., SPANGENBERG, J.E., SREMAC, J., VLAHOVIĆ, I., VELIĆ, I. & MRINJEK, E. (submitted): Stable isotope and trace element stratigraphy across the Permian-Triassic transition: a redefinition of the boundary in the Velebit Mountains, Croatia.

SALOPEK, M. (1948): O gornjem palozoiku sjeveroistočnog podnožja Velebita i Like (On the Upper Palaeozoic of the northeastern slope of the Velebit Mt. and Lika region – in Croatian).– Natural Sciences – Yugoslavian Academy of Science and Art, 101–143, Zagreb.

How tectonic, sea level changes and (dis)connections with others marine areas influenced on calcareous nannoplankton asemblage during the Sarmatian/Pannonian transition

Kako su tektonika, promjene morske razine i (prekidi) veze sa drugim marinskim prostorima utjecali na zajednice vapnenačkog nanoplanktona tijekom prijelaza sarmata u panon

Ines Galović

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

Key words: calcareous nannoplankton, Sarmatian/Pannonian transition, environmental changes, Croatian Basin, Central Paratethys
Ključne riječi: vapnenački nanoplankton, prijelaz sarmat/panon, okolišne promjene, hrvatski bazen, centralni Paratethys

The Croatian Basin belongs to south western part of the Central Paratethys. This intercontinental region is developed in the early Miocene as a result of the African and European plate collision. It's surrounded by the Alps, Dinaride and Carpathian Mts. The evolution of the Central Paratethys was controlled by regional tectonic events, sea-level changes and connections with Mediterranean, Boreal and Indopacific oceans. These connections have been several times repeatedly disrupted and re-established, which had a direct influence on the evolution of the organisms and their endemism. In the upper Sarmatian the marine littoral development prevails. Lack of the coccospheres in the assemblage with *Braarudosphaera bigelowii* (GRAN & BRAARUD) DEFLANDRE, *Lithostromatium perdurum* DEFLANDRE, *Perforocalcinella fusiformis* BÓNA, and reworked species of the NN6 zone imply on regresive trend and their development in typically shallow, oligotrophic, and warm marine environments (BÓNA & GÁL, 1985; BUCCHERI et al., 2002) at Žumberak Mts. (Draganić section) and Dilj Mt. (Bečic section). Percentage of calcareous nannoplankton (*Reticulofenestra minuta* ROTH, Sphenolithus abies DEFLANDRE and *Syracosphaera pulchra* LOHMANN) in the assemblages is drastically increased (up to 99.5 %) at the end of the Sarmatian. Mentioned species are characteristic for warmer marine areas (RAHMAN et al., 1990; AUBRY et al., 1992; PROBERT & HOUDAN, 2004). The communications with the other marine areas are broken in the upper part of the Sarmatian on the Medvednica Mt. In the area of Samobor hills and Krndija Mt. the connections oscillate but are still present. The regional tectonic movements caused shallowing and much more influence of the river input. The lowstand at the end of the Sarmatian (Sarmatian/Pannonian boundary) discovered in the NN8 zone of calcareous nannoplankton can be correlated with the Ser4 sequence boundary (GALOVIĆ & BAJRAKTAREVIĆ, 2006). This event is detected at 11.1 Ma (VASILIEV, 2006) and noticed in drastic decrease in the number of species and genus with monofloral development of the calcareous nannoplankton characterising more changes in the environment (shallowing, river input…). The most representative calcareous nannoplankton in laminated sediments belongs to ascidian spicules known in Paratethys as an endemic *Perforocalcinella fusiformis* BÓNA and also to *Isolithus semenenko* LULJEVA in association with *Reticulofenestra* spp., *Sphenolithus* spp. and *Syracosphaera pulchra* LOHMANN. The typical endemical form *Noelaerhabdus bozinovicae* JERKOVIĆ is also a conseguence of those changes in the environment and it's adjustment to them. On the other hand, the first detected appearance of the Amaurolithus group (*Nicklithus amplificus* (BUKRA & PERCIVAL) RAFFI et al., *Amaurolithus tricorniculatus* (GARTNER) GARTNER & BUKRY) on the Samobor hills (Jurjevčan section) and Krndija Mt. is typical for the tropical marine regions (RAFFI et al., 1998). The reason for their appearance might be in periodic influx of warm marine waters within the coastal lake or influence of warm marine current into restricted environment during the warmer season. It's evident that in the North Croatian Basin (Samobor hills and Krndija Mt.) the marine (weak) connections oscillate but are still present with the beginning of the Pannonian.

REFERENCES

AUBRY, M.P., BERGGREN, W.A. & SCHAAF, A. (1992): Paleontological evidence for early exposure of deep oceanic crust on the Vema fracture zone southern wall (Atlantic Ocean, 10 degrees 45'N).– Marine Geology, 107, 1–7.

BÓNA, J. & GÁL, M. (1985): Kalkiges nannoplankton im Pannonien Ungarns. Chronostratigraphie und Neostratotypen Miozän der Zentralen Paratethys 7.– U: PAPP, A. (ed): Pannonien. Budapest, Akad. Kiadó, 482–515.

BUCCHERI, G., CAPRETTO, G., DI DONATO, V., ESPOSITO, P., FERRUZZA, G., PESCATORE, T., RUSSO ERMOLLI, E., SENATORE, M.R., SPROVIERI, M., BERTOLDO, M., CARELLA, D. & MADONIA, G.A. (2002): High resolution record of the last deglaciation in the southern Tyrrhenian Sea: environmental and climatic evolution.– Marine Geology, 115, 1–24.

GALOVIĆ, I. & BAJRAKTAREVIĆ, Z. (2006): Sarmatian biostratigraphy of the Mt. Medvednica at Zagreb based on siliceous microfossils (North Croatia, Central Paratethys).– Geologica Carpathica, 57/3, 199–210.

PROBERT, I. & HOUDAN, A. (2004): The laboratory culture of coccolithophores.– In: THIERSTEIN, H.R. & YOUNG, J.R. (ed.): Coccolithophores From Molecular Processes to Global Impact. Springer, 217–249, Berlin.

RAFFI, I., BACKMAN, J. & RIO, D. (1998): Evolutionary trends of tropical calcareous nannofossils in the late Neogene.– Marine Micropaleontology, 35, 17–41.

RAHMAN, A. & ROTH, P.H. (1990): Late Neogene paleoceanography and paleoclimatology of the Gulf of Aden region based on calcareous nannofossils.– Paleoceanography, 5/1, 91–107.

VASILIEV, I. (2006): A new chronology for the Dacian Basin (Romania). Consequences for the kinematic and paleoenvironmental evolution of the Paratethys region.– Geologica Ultraiectina, 267, p. 193.

Paleontološke karakteristike eocenskih klastita područja Čitluka (jugozapadna Hercegovina)

Paleontological characteristics of the Eocene clastics within the Čitluk area (southwestern Herzegovina)

Goran Glamuzina

JP Elektroprivreda HZ HB, Mile Budaka 106a, 88 000 Mostar, Bosna i Hercegovina

Ključne riječi: Paleogen, eocen, klastiti, Čitluk, jugozapadna Hercegovina, makrofauna, makroflora, paleogeografija, fliš
Key words: Paleogene, Eocene, clastics, Čitluk, southwestern Herzegovina, macrofauna, macroflora, paleogeography, flysch

Na širem području Čitluka u jugozapadnoj Hercegovini nalaze se vrlo brojna ležišta boksita. Ležišta uglavnom dolaze unutar stratigrafskog raspona gornja kreda – paleogen. Paleogenske krovinske naslage u većini ležišta pripadaju srednjoeocenskim do gornjoeocenskim klastičnim sedimentima. Upravo u ovim klastitima prikupljena je obilna i vrlo raznolika makrofauna, koja zasada znanstveno nije nigdje posebno obrađivana. Uz proučenu makrofaunu posebno se ističu brojni nalazi makroflore, koji uz dosadašnje nalaze s područja Posušja (JUNGWIRTH, 1997) i Stoca (BUTKOVIĆ, 1983), predstavljaju prve zabilježene pronalaske paleogenske makroflore na području Čitluka i ovog dijela Hercegovine. Makrofaunu većinom čine fosilni ostatci mekušaca i to školjkaša i puževa u jednako velikom broju. Određen je i veliki broj oblika fosilnih ježinaca i koralja. Tafonomske karakteristike su prilično impresivne, s obzirom na malu površinu područja na kojem je prikupljena fosilna makrofauna. Dosad je determinirano ukupno 140 različitih taksona makrofaune, pri čemu je najveći broj taksona školjkaša (59), puževa (42), koralja (24) i ježinaca (12). Ostali fosilni oblici predstavljeni su mahovnjacima, kolutićavcima, glavonošcima i florom. Pronađeno je dosta fosilnih oblika koji svojim morfološkim karakteristikama kazuju da se možda radi o novim vrstama, što je posebice izraženo unutar gastropodne faune koja je sadrži najviše morfološki specifičnih i neuporedivih oblika. Na osnovu cijelokupne fosilne faune moguće je izdvojiti nekoliko zona s karakterističnim biofacijesima i faunalnim zajednicama. U paleogeografskoj rekonstrukciji terena od posebnog je značaja zona s biofacijesnim i litofacijesnim pokazateljima litorala i plitkomorskog obalnog područja. Bogati ostatci makroflore omogućuju rekonstrukciju paleoklimatskih uvjeta za vrijeme srednjeg/gornjeg eocena i puno jasnije definiranje paleokoliša.

U dosadašnjoj literaturi kao i u geološkim kartama ove naslage se većinom tretiraju kao fliš ili Promina formacija. Paleontološke osobine mnogih paleogenskih fosilifernih izdanaka i slojeva ukazuju na nešto drugačiji režim sedimentacije i tip paleookoliša nego što je u slučaju fliša i Promina formacije. Na pojedinim lokalitetima zapažene sedimentne strukture zajedno s pripadnim fosilnim sadržajem govore o minimalnim brzinama sedimentacije i kretanja materijala, te o taloženju u vrlo plitkom okolišu, što se kosi s turbiditnim mehanizmom kretanja materijala i dubinom sedimentacije kod fliša.

Uspoređivanjem i korelacijom svih proučenih litofacijesnih elemenata s biofacijesnim elementima omogućuje se dobivanje jasnije slike rasprostiranja 'flišoliko – prominskih' formacija i tipičnih plitkomorskih formacija gornjopaleogenskih sedimenata, kao i njihovo vertikalno i lateralno razgraničenje na širem području Čitluka. Ovakvi dobiveni elementi paleogeografije i paleokoliša upotputnjuju prazninu unutar dosada istraženih područja Dalmacije i Hercegovine s eocenskim klastitima, čime se olakšava rekonstrukcija taložnog modela i evolucije šireg prostora vanjskih Dinarida tijekom mlađeg paleogena.

LITERATURA

BUTKOVIĆ, B. (1983): Prilog poznavanju eocenskih molusaka Dabrice kod Stoca (Hercegovina).– Glasn. Zemalj. muz. BiH, Sv. prir. nauke, 22, 29–34, Sarajevo.

JUNGWIRTH, E. (1997): Prvi nalazi eocenske fosilne makroflore u zapadnoj Hercegovini.– Rud.-geol. glasnik, 1, 88–92, Mostar.

Vapnenačke alge otoka San Salvador (Bahami) i njihova usporedba s odgovarajućim fosilnim zajednicama

Calcareous algae from San Salvador Island (Bahamas), and correlation with respective fossil communities

Tonći Grgasović[1] & Antun Husinec[2]

[1]Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Hrvatska
(tgrgasovic@hgi-cgs.hr)
[2]Department of Geology, St. Lawrence University, Canton, New York, 13 617 USA
(ahusinec@stlawu.edu)

Ključne riječi: vapnenačke alge, karbonatni okoliši, karbonatna sedimentacija, Bahami
Key words: Calcareous algae, Carbonate environments, Carbonate sedimentation, Bahamas

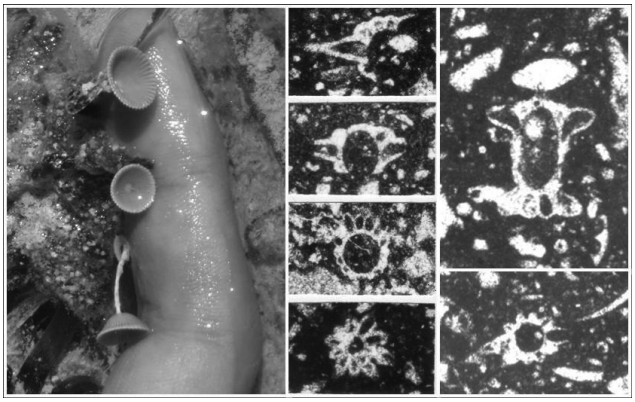
Karbonatna platforma Bahama (*Great Bahama Bank*) široko je poznata kao recentni ekvivalent karbonatnih platformi iz geološke povijesti. Naša istraživanja fokusirala su se na vapnenačke alge, posebno dazikladalne, njihovu raznovrsnost, životne okoliše, utjecaj na stvaranje karbonatnih sedimenata, kao i na usporedbu s fosilnim zajednicama rasprostranjenima u karbonatnim naslagama hrvatskih Dinarida.

Otok San Salvador je mala izolirana karbonatna platforma unutar Bahamskog otočja. Otok izgrađuju pleistocenske i holocenske karbonatne naslage, male debljine i pretežno eolskog podrijetla, koje leže na debelom slijedu tercijarnih i mezozojskih karbonata. Velik dio otoka prekrivaju hipersalina jezera nastala u depresijama između litificiranih dina. San Salvador je okružen barijernim grebenima koji štite plitka lagunarna područja. Temperatura mora varira od 24 do 30 °C.

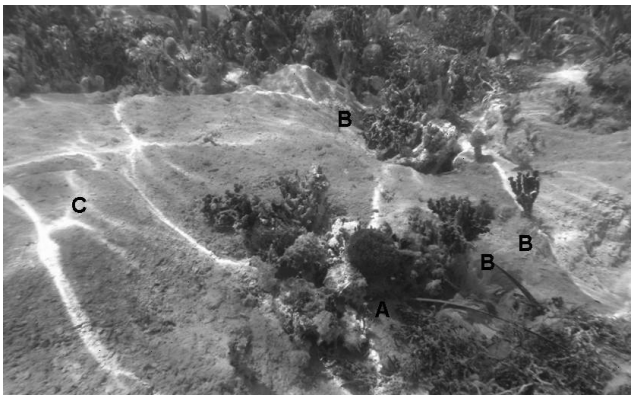
Vapnenačke alge nađene su u raznolikim okolišima. Zelene halimedacejske alge *Halimeda* i *Penicillus* (Sl. 2B i A) su najrasprostranjenije, posebno u zaštićenim lagunama s mekanim dnom, bilo da je dno golo ili obraslo travom. Nalazimo ih i na krpastim grebenima, u plimnim kanalima i uz plaže, sve do nivoa oseke. Ostale zelene alge su također česte, kao što su *Rhipocephalus*, *Udotea* i *Avrainvillea*.

Zelene alge iz reda Dasycladales su mnogo rjeđe od spomenutih iz reda Bryopsidales (LITTLER & LITTLER, 2000). Među njima su najčešće *Acetabularia crenulata* (Sl. 1) i *Dasycladus vermicularis*. Ovapnjele vrste *Cymopolia barbata* i *Neomeris annulata* su vrlo rijetke. Sve one nađene su uglavnom skupljene u busene po više primjeraka i pričvršćene za čvrsti substrat (stijene, valutice, koralje, fragmente školjkaša). *Batophora* je nađena u lagunarnim okolišima, uglavnom blizu plaža, često u malim bazenčićima između humaka koje rade kalianasidni rakovi. Također se javlja pričvršćena za korijene mangrova iznad nivoa oseke, što znači da tolerira povremeno isušivanje. *Acetabularia* dolazi u istim okolišima kao i *Batophora*, ali uvijek ispod razine mora. *Dasycladus* je nađen u hipersalinim jezerima. *Cymopolia* se javlja blizu obale na udaru valova, čvrsto pričvršćena za podlogu, kao i rijetki neomerisi.

Ovapnjenje varira kod različitih alga. Neke alge (*Halimeda, Neomeris, Cymopolia*) stvaraju karakteristični vapnenački "skelet" koji ih štiti od grabežljivaca i utjecaja okoliša. Postmortem dezintegracija ovih skeleta vodi stvaranju karbonatnog sedimenta dimenzija pijeska do mulja. Ostale vapnenačke alge (*Penicillus, Avrainvillea, Rhipocephalus, Udotea*, *Padina*) precipitiraju male aragonitne kristale koji se nakupljaju na površini alga i između filamenata. Mlade alge su tako zelene, bivajući sve svijetlije (do bijele) kako se na njima taloži aragonit. Nakon smrti alge aragonitna se ovojnica raspada u čestice dimenzije mulja. *Acetabularia* stvara vrlo tanku aragonitnu ovojnicu koja se također raspada u čestice dimenzije mulja, ali je ona genetski bliža prvom tipu ovapnjenja. Neovapnjele dazikladalne alge *Batophora* i *Dasycladus*



Slika 1. *Acetabularia crenulata* LAMOUROUX (otok San Salvador, Bahami) – lijevo; *Clypeina besici* PANTIĆ (gornji trijas, karnik, Žumberak) – desno.
Figure 1. *Acetabularia crenulata* LAMOUROUX (San Salvador Island, Bahamas) – left; *Clypeina besici* PANTIĆ (Upper Triassic, Carnian, Žumberak Mt., Croatia) – right.



Slika 2. Tipična zajednica zaštićenih plitkomorskih karbonatnih okoliša Bahama: A) *Penicillus*, B) *Halimeda*, C) humci koje rade rakovi *Callianassa.*
Figure 2. Typical community of protected shallow-water carbonate environments of Bahamas: A) *Penicillus*, B) *Halimeda*, C) mounds made by crustacean *Callianassa.*

djeluju kao sakupljači (*"bafflers"*), hvatajući čestice dimenzije pijeska i mulja između svojih ogranaka. Količina tako sakupljenog sedimenta je vrlo mala u usporedbi s morskom travom, ali u geološkoj prošlosti, prije pojave trava, neovapnjele alge bile su glavni sakupljači sedimenta, iako nisu fosilno sačuvane.

Doprinos alga iz reda Bryopsidales stvaranju recentnih karbonatnih sedimenata je dobro poznat (npr. NEUMANN & LAND, 1975), a istraživan je i na San Salvadoru (ARMSTRONG & MILLER, 1988; BRESNEHAN, 1988; COLBY & BOARDMAN, 1988). Naša istraživanja potvrdila su ranije podatke o iznimnoj važnosti vapnenačkih alga u stvaranju karbonatnih čestica dimenzija pijeska i mulja. Vrlo slaba rasprostranjenost dazikladalnih alga uz obale San Salvadora priječi procjenu njihovog doprinosa recentnoj karbonatnoj sedimentaciji. U geološkoj prošlosti situacija je bila obrnuta: dok su nalazi fosilnih briopsidalnih alga rijetki, nalazi dazikladalnih alga vrlo su česti, a u nekim geološkim razdobljima predstavljaju litogenetske fosile. Tako je npr. bilo u trijasu današnjih Dinarida, u kojem nalazimo i neke vrste čiji bliski srodnici žive i danas (Sl. 1).

Recentne halimedaceje Bahama mogu se tako, što se tiče uloge u stvaranju karbonatnih sedimenata, smatrati recentnim analozima dazikladnih alga paleozoika i mezozoika.

LITERATURA

ARMSTRONG, M.E. & MILLER, A.I. (1988): Modern carbonate sediment production and its relation to bottom variability, Grahams Harbor, San Salvador, Bahamas.– Proceedings of the Fourth Symposium on the Geology of The Bahamas. Bahamian Field Station, 23–32, San Salvador.

BRESNEHAN, M.C. (1988): The biological communities, sediments, and biogenic processes of a modern, carbonate tidal flat, Pigeon Creek, San Salvador Island, Bahamas.– Proceedings of the Fourth Symposium on the Geology of The Bahamas. Bahamian Field Station, 55–57, San Salvador.

COLBY, N.D. & BOARDMAN, M.R. (1988): Depositional evolution of windward, high-energy carbonate lagoon, San Salvador, Bahamas.– Proceedings of the Fourth Symposium on the Geology of The Bahamas. Bahamian Field Station, 95–105, San Salvador.

LITTLER, D.S. & LITTLER, M.M. (2000): Caribbean Reef Plants: An Identification Guide to the Reef Plants of the Caribbean, Bahamas, Florida and Gulf of Mexico.– Offshore Graphics, Washington D.C., 542 p.

NEUMANN, A.C. & LAND, L.S. (1975): Lime mud deposition and calcareous algae in the Bight of Abaco, Bahamas; a budget.– Journal of Sedimentary Research, 45/4, 763–786.

Ostracods as biostratigraphic and palaeoenvironmental proxies from Miocene deposits in Croatia

Ostrakodi kao pokazatelji biostratigrafije i paleoekologije miocenskih naslaga u Hrvatskoj

Valentina Hajek-Tadesse

Croatian Geological Survey, Sachsova 2, Zagreb, Croatia
(valentina.tadesse@hgi-cgs.hr)

Key words: Ostracoda, biostratigraphy, palaeoecology, Miocene, Croatia
Ključne riječi: ostrakodi, biostratigrafija, paleoekologija, miocen, Hrvatska

The present study gives a short description of the perennial investigation and results of Miocene ostracod (freshwater, brackish and marine) fauna from Croatia. In general, ostracod fauna has proven to be a valid tool for the investigation of local and global realms. The ostracod assemblages and species are useful as biostratigraphic and ecological indicators.

During the Miocene, connections of the Central Paratethys with the Mediterranean and the Indo-Pacific Ocean were established and interrupted several times (STEININGER et al., 1988; RÖGL, 1996). Such unstable type of connection resulted in sea level oscillations (HAQ, 1991), different depositional modes and palaeoecological conditions, and consequently the development of different ostracod faunas. Changes in the ostracod distribution closely follow regional geological events. Transgressive phases resulted in a much diversified fauna, while regressive phases resulted in a great number of specimens and species.

During the Neogene the central and northern regions of Croatia were situated on the southern and south-western margins of Central Paratethys. Formation of sedimentary basin in North Croatia started in the Early Miocene, probably in the Ottnangian (PAVELIĆ et al., 1998; PAVELIĆ, 2001). Freshwater deposits cover a wider area. Alluvial sediments (without fossil remains) are overlain by lacustrine freshwater to brackish deposits containing the first abundant ostracod assemblages (HAJEK-TADESSE et al., 2006, 2009). Based on the analysis of ostracod fauna (HAJEK-TADESSE et al., 2009), the brackish deposits of Late Ottnangian and Early Karpatian age were recognized for the first time in the North Croatian Basin.

HAJEK-TADESSE et. al. (2009) recognized the first marine ingression into the Lower Miocene Lake in this area; the transgression played a major role during the Karpatian age. In the lowermost part of the basal marine sediments ostracods are represented with only a few juvenile valves. Following the stabilization of marine palaeoenvironment, the ostracod fauna becomes rich, with ostracods occurring both in nearshore and offshore environments. Several ostracod species limited to Karpatian age are known, but valuable ostracod biostratigraphical markers are missing. The integrative biostratigraphic studie by ĆORIĆ et al. (2009) suggests that the originally marine Karpatian-dated sediments (PAVELIĆ et al., 1988) ca be correlated with the Middle Miocene, Early Badenian deposits.

The great transgression started during the basal Middle Miocene. Ostracod fauna is characterized by strong Tethyan component. Deep marine ostracod fauna dominated in all areas. The richness and diversity of ostracod fauna in the area investigated is the consequence of global changes in the Paratethys area during the Badenian, which had a positive effect on marine organisms. Four Badenian ostracod zones were defined in the NCB known from the Miocene of Paratethys (JIŘIČEK, 1983; JIŘIČEK & RIHA, 1990): Lower Badenian zone NO-7 *Acanthocythereis hystrix – Bythocypris lucida*, Middle Badenian zone NO-8 *Eocytheropteron inflatum – Falunia spinulosa* and two Upper Badenian zones NO-9 *Paijenborchella (E.) laskarevi – Neocyprideis (M.) sarmatica elongata* and NO-10 *Carinocythereis carinata – Phlycttenophora farkasi*.

The marine regression and progressive restriction of conections with the open ocean resulted in demise of ostracod fauna in the Sarmatian. Many "Mediterranean" species dissapeared, deep water ostracods became less abundant, and shallow marine fauna became the dominant.

Brackish, abundant and well preserved ostracod assemblages dominated in Upper Miocene deposits. Due to lack of other fossil remaines, the determination of ostracod assemblages and species is essential in biozonation of Upper Miocene sediments. SOKAČ (1961, 1961a, 1963, 1965, 1967, 1972) presented a detailed biostratigraphical division and palaeoecological reconstruction of Upper Miocene deposits.

This study also presents a peculiar Miocene freshwater ostracod fauna that belong to the Dinaride Lake systems. The ostracod fauna is autochtonous, and is similar to the

ostracod freshwater fauna of Central Paratethys Sea and Lake Panon (SOKAČ, 1979; JURIŠIĆ-POLŠAK et al., 1993). It is characterised by a specific endemic development in location Crnika, Pag.

REFERENCES

ĆORIĆ, S., PAVELIĆ, D., RÖGL, F., MANDIĆ, O., VRABAC, S., AVANIĆ, R. & VRANJKOVIĆ, A. (2009): Revised Mid Miocene datum for initial marine flooding of North Croatian Basins (Pannonian Basin System, Central Paratethys).– Geol. Croatica, 62/1, 31–43.

HAJEK-TADESSE, V., BELAK, M., SREMAC, J., VRSALJKO, D. & WACHA, L. (2009): Lower Miocene ostracods from the Sadovi section (Mt. Požeška gora, Croatia).– Geol. Carpathica, 60/3, 251–262.

HAJEK-TADESSE, V., SREMAC, J., BELAK, M., BERMANEC, V. & SOKAČ, A. (2006): Preservation, abundance and architectural variations of Ostracods in different Miocene paleoenvironments of Northern Croatia.– In: REŽUN, B., ERŽEN, U., PETRIČ, M., & GANTAR, I. (eds.): 2. Slovenski geološki kongres, Book of abstracts, 52, Idrija.

HAQ, B.U. (1991): Sequence stratigraphy, sea level change and significance for the deep sea.– Spec. Publs. Int. Ass. Sed., 12, 3–39.

JIŘÍČEK, R. (1983): Redefinition of the Oligocene and Neogene ostracod zonation of the Paratethys.– Miscellana Micropalaeontologica, 4, 195–225.

JIŘÍČEK, R. & RIHA, J. (1990): Correlation of Ostracod Zones in the Paratethys and Tethys.– In: SAITO HO-ON KAI (ed.): Spec.Pub., No.3, Proceedings of Shallow Tethys 3, Sendai.

JURIŠIĆ-POLŠAK, Z., KRIZMANIĆ, K. & HAJEK-TADESSE, V. (1993): Freshwater Miocene of Krbavsko Polje in Lika (Croatia).– Geol. Croat., 46/2, 213–228.32

PAVELIĆ, D., MIKNIĆ, M. & SARKOTIĆ-ŠLAT, M. (1998): Early to Middle miocene facies succession in lacustrine and marine environments on the southwestern margin of the Pannonian Basin System.– Geol. Carpathica, 49/6, 433–443.

PAVELIĆ, D. (2001): Tectonostratigraphic model for the North Croatian and North Bosnian sector of the Miocene Pannonian Basin System.– Basin Research, 13, 359–376.

SOKAČ, A. (1961): Pontische Ostracodenfauna aus Donja Konščina.– Bulletin Scientifique–Conceil de l' Académie RSF de Yougoslavie, Section A: 6/4, 98.

SOKAČ, A. (1961a): Die pannonische Fauna der Ostrakoden aus der Banija (Kroatien).– Bulletin Scientifique, Conceil de l' Académie RSF de Yougoslavie, Section A: 6/2, 85.

SOKAČ, A. (1963): Panonska fauna ostrakoda Donjeg Selišta jugozapadno od Gline. – Geol. vjesnik, 15/2, 391–401.

SOKAČ, A. (1965): Die pannonische und pontische Ostracodenfauna von Medvednica.– Bulletin Scientifique, Conceil de l' Académie RSF de Yougoslavie, Section A: 10/5, 147.31

SOKAČ, A. (1967): Pontska fauna ostrakoda jugoistočnog pobočja Zagrebačke gore.– Geol. vjesnik, 20, 63–86.

SOKAČ, A. (1972): Pannonian and Pontian Ostracode Fauna of Mt. Medvednica.– Paleont. jugosl. Jugosl. Akad., 11, 9–140.

SOKAČ, A. (1979): Miocenski ostrakodi Sinjskog polja.– Geol. vjesnik, 31, 137–144.

STEININGER, F., MÜLLER, C. & RÖGL, F. (1988): Correlation of Central Paratethys, Eastern Paratethys, and Mediterranean Neogene Stages.– In: ROYDEN, L.H. & HORVATH, F. (eds.): The Pannonian Basin. A study in Basin Evolution. Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem., 45, 79–87.

Planktonic foraminiferal turnover across the Eocene/Oligocene boundary in the North Adriatic Sea

Promjene u zajednici planktonskih foraminifera na granici eocen/oligocen u sjevernom Jadranu

Morana Hernitz Kučenjak, Vlasta Premec Fuček & Renata Slavković

INA-Industrija nafte d.d., Exploration & Production BD, Field Engineering & Operation Sector, E&P Research Laboratory Department, Lovinčićeva bb, 10 000 Zagreb, Croatia

Key words: biostratigraphy, Eocene/Oligocene boundary, planktonic foraminifera, Adriatic Sea
Ključne riječi: biostratigrafija, granica eocen/oligocen, planktonske foraminifere, Jadransko more

Hemipelagic paleogene sediments in the North Adriatic Sea contain very well-preserved planktonic foraminiferal assemblages. The turnover of planktonic foraminiferal fauna was studied for a stratigraphic interval spanning the *Hantkenina alabamensis* Zone (E16) and *Pseudohastigerina naguewichiensis* Zone (O1) (BERGGREN & PEARSON, 2005). Significant changes in small size fractions (<125 μm) across the Eocene/Oligocene boundary have been observed.

Planktonic foraminiferal assemblage in the last Eocene zone E16 is highly diversified with 28 planktonic foraminiferal species indicating warm and stable climate. Four species of *Hantkenina* are present: *H. alabamensis* CUSHMAN, *H. compressa* PARR, *H. primitiva* CUSHMAN & PONTON, and *H nanggulanensis* HARTONO, as well as species *Cribrohantkenina inflata* (HOWE). The most common species are *Turborotalia cocoaensis* (CUSHMAN) and *Subbotina linaperta* (FINLAY). Three genera record the highest percentages: *Subbotina* (30%), *Turborotalia* (20%) and *Globoturborotalita* (14%), whereas *Dentoglobigerina* (9%) and *Catasydrax* (8%) are less abundant. *Turborotalia ampliapertura* (BOLLI) is very rare in late Eocene and became more frequent after the Eocene/Oligocene boundary. At the end of this zone, abundant species decrease in number and some of them become extinct indicating climatic deterioration and instability of the water column. Compared with E16, in Zone O1, 21 species of planktonic foraminifera have been observed. Very frequent are specimens of the genus *Dentoglobigerina*. *D. galavisi* (BERMUDEZ) and *D. tripartita* (KOCH) continued from E16, whereas *D. tapuriensis* BLOW & BANNER and *D. globularis* (BERMUDEZ) have their first appearance in O1.

Chiloguembelina cubensis (PALMER) (Fig. 1-D) occurs cca 30 m before the boundary with very few specimens and increase in abundance at the boundary. After the boundary this species fluctuates in abundance. This species also varies in size. At the beginning of their evolutionary appearance, specimens are small (average size of foraminifera test is 8504,04 μm^2). Prior to boundary size of the test increased to 9728,02 μm^2, but at the Eocene/Oligocene boundary size decrease to 9004,54 μm^2.

Chiloguembelina ototara (FINLAY) (Fig. 1-C) extremely increases in abundance (cca 15 m before boundary), and then abruptly decreases in abundance just before the boundary (cca 5 m). At the E/O boundary this species has the last peak in abundance. After that it becomes very rare and finally disappears at the base of the O2 Zone, cca 80m after

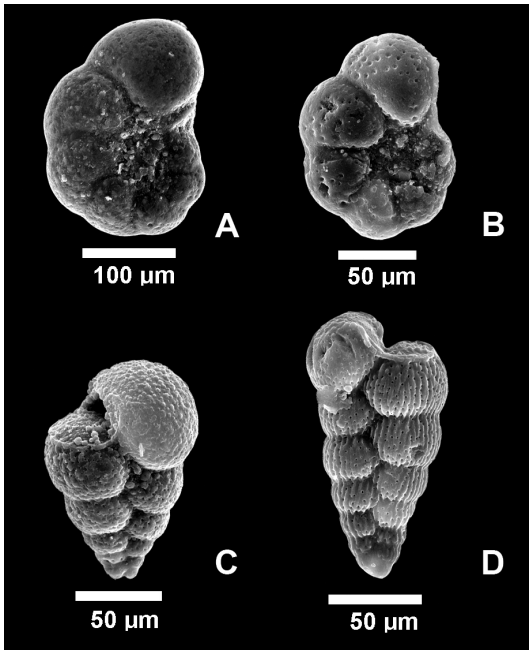


Figure 1. Scanning electron microscope images of the planktonic foraminifera from Istra more – 3 well; A – *Pseudohastigerina micra* (1290 m); B – *Pseudohastigerina naguewichiensis* (1280 m); C – Chiloguembelina ototara (1280 m); D – *Chiloguembelina cubensis* (1280 m).
Slika 1. Fotografije planktonskih foraminifera iz bušotine Istra more – 3 snimljene skanirajućim elektronskim mikroskopom; A – *Pseudohastigerina micra* (1290 m); B – *Pseudohastigerina naguewichiensis* (1280 m); C – *Chiloguembelina ototara* (1280 m); D – *Chiloguembelina cubensis* (1280 m).

boundary. *C. ototara* also shows distinct size reduction at the Eocene/Oligocene boundary.

The Eocene/Oligocene boundary in the Adriatic Sea is clearly defined by the extinction of all hantheninids, *Turborotalia cerroazulensis* group and the last globigerinathekids species *Globigerinatheka tropicalic*. In the small size fraction (<125 μm) a turnover in planktonic foraminiferal association is also very well visible. *Pseudohastigerina micra* (COLE) (Fig. 1-A) decrease in size just at the E/O boundary. It recovers after the boundary, but no longer reaches the previous size. Furthermore, during the Eocene, specimens of genus *Pseudohastigerina* (Fig. 1-A, B) are present also in the 125–160 μm sieve size fraction. After the Eocene/Oligocene boundary pseudohastigerinids are found only in the <125 μm sieve size fraction.

Both species *Chiloguembelina ototara* and *C. cubensis* vary in size near the boundary, whereas *C. ototara* drops in size at the boundary and never reaches the former size. The first appearance of *Cassigerinella chipolensis* was also observed at the boundary associated with other microperforate taxa like *Chiloguembelina ototara, Streptochilus martini* (PIJPERS)*, Tenuitella praegema* (LI) *and T. gemma* (JENKINS).

Our data show significant changes of the planktonic foraminifera association, indicating the global cooling, which culminated in the earliest Oligocene (SPEZZAFERRI & PREMOLI SILVA, 1991; ZACHOS et al., 2001; WADE & PEARSON, 2008).

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.

SPEZZAFERRI, S. & PREMOLI SILVA, I. (1991): Oligocene planktonic foraminiferal biostratigraphy and paleoclimatic interpretation from Hole 538A, DSDP Leg 77, Gulf of Mexico.– Paleogeography, Paleoclimatology, Palaeoecology, 83, 217–236.

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.

WADE, B.S. & PEARSON, P.N. (2008): Planktonic foraminiferal turnover, diversity fluctuations and geochemical signals across the Eocene/Oligocene boundary in Tanzania.– Marine micropaleontology, 68/3–4, 244–255.

New facts about the Upper Badenian Paratethys paleogeography

Novija saznanja o gornjebadenskoj paleogeografiji Paratetisa

Aleksander Horvat[1,2], Miloš Bartol[2] & Vasja Mikuž[1,2]

[1]Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geologijo, Privoz 11, 1000 Ljubljana, Slovenija
[2]Paleontološki inštitut Ivana Rakovca ZRC SAZU, Novi trg 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

Key words: paleogeography, Middle Miocene, Upper Badenian, Paratethys, Slovenian Corridor
Ključne riječi: paleogeografija, srednji miocen, gornji baden, Paratetis, Slovenski koridor

The Slovenian Corridor, a seaway connection between the Central Paratethys and the Mediterranean, was opened during a syn-rift phase of the Pannonian basin formation in the Karpatian. It is widely assumed that this seaway was closed by the end of the Middle Badenian at the NN5/NN6 boundary so that the Central Paratethys was already isolated from the Mediterranean in the Upper Badenian and communicated only to the southeast, with the Indopacific bioprovince and the Eastern Paratethys. (e.g. HARZHAUSER & PILLER, 2007; POPOV et al., 2004; RÖGL, 1998; STEININGER & WESSELY, 2000).

The results of two independent studies of the Miocene siliceous phytoplankton of the Krško basin (HORVAT, 2004) and calcareous nannoplankton of the Mura depression (BARTOL, 2009) were found to have some similar palaeogeographical implications and indicate that connection of the Central Paratethys and the Mediterranean remained active untill the end of the Badenian.

The composition of Badenian nannoplankton assemblages in the Mura depression (Mura-Zala basin) closely resembles that of contemporary Mediterranean assemblages. The succession of observed biostratigraphic events immediately above the NN5/NN6 boundary (LO of *Sphenolithus heteromorphus*, LCO of *Cyclicargolithus floridanus*, FCO of *Reticulofenestra pseudoumbilicus* />7 μm/, LO of *Cyclicargolithus floridanus* and the appearance of the first scattered specimens of *Calcidiscus macintyrei*) is exactly the same in the Lenart section (Central Paratethys) and several Mediterranean sites (FORNACIARI et al., 1996). This parallelism can be explained as a consequence of an active connection between the two realms during the lower part of NN6 or as a reflection of a universal global trend. A comparison of ODP and DSDP reports from the Mediterranean, the Pacific, Atlantic, and Indian Oceans reveals, that only the LO of *Sphenolithus heteromorphus* is a globally well correlated event. None of the other observed events is marked by global synchronicity; in fact, they are diachronous or missing in various regions.

New data indicate that the oldest marine facies in the Krško basin is of Upper Badenian age which means that the Krško basin was not flooded before the transgression at the beginning of the TB 2.5 cycle (RIŽNAR et al., 2002; HORVAT, 2004; OTONIČAR & CIMERMAN, 2006). The study of mollusc assemblages in the Krško basin, particularly the biogeography of the gastropod species *Pereiraea gervaisi* (Vézian), offers some additional proof of an active connection between the Central Paratethys and the Mediterranean. The Upper Badenian age of the beds with *P. gervaisi* was proven with diatoms (HORVAT, 2004). *P. gervaisi* can only be found in the Mediterranean, the Western Paratethys and at the northern margin of the Central Paratethys (MIKUŽ, 2000). The southernmost localities in the Central Paratethys are in northern Croatia and in the Krško basin. As the species was not found in any older beds, the migration of the species to the Central Paratethys appears to have occurred in the Upper Badenian. The migration path must have led across the Slovenian Corridor, and not through some connection with the eastern Mediterranean, since the species *P. gervaisi* did not colonise the southern part of the Central Paratethys.

On the basis of the paleogeographic and stratigraphic distribution of the gastropod species *Pereiraea gervaisi* (Vézian), and the perfectly symmetrical parallel development of calcareous nannoplankton assemblages on both sides of the Slovenian Corridor it can be assumed, that the connection of the Central Paratethys with the Mediterranean existed also in the Upper Badenian.

REFERENCES

BARTOL, M. (2009): Middle Miocene calcareous nannoplankton of NE Slovenia (western Central Paratethys).– ZRC SAZU Publishing, 136 p., Ljubljana.

HARZHAUSER, M. & PILLER, W.E. (2007): Benchmark data of a changing sea – Paleogeography, Pleobiogeography and events in the Central Paratethys during the Miocene.– Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 253, 8–31, Amsterdam.

HORVAT, A. (2004): Middle Miocene siliceous algae of Slovenia: paleontology, stratigraphy, paleoecology, paleobiogeography.– ZRC SAZU Publishing, 255 p., Ljubljana.

FORNACIARI, E, DI STEFANO, A., RIO, D. & NEGRI, A. (1996): Middle Miocene calcareous nannofossil biostratigraphy in the Mediterranean region.– Micropaleontology, 42/1, 37–62, New York.

MIKUŽ, V. (2000): *Pereiraea gervaisi* (Vézian) from Miocene beds south of Šentjernej in Lower Carniola.– Geologija, 42, 123–140, Ljubljana.

OTONIČAR, B. & CIMERMAN, F. (2006): Facialna analiza, biostratigrafija in depozicijski model srednjemiocenskih karbonatnih kamnin med Krško vasjo in Obrežjem.– In: REŽUN, B., ERŽEN, U. PETRIČ, M. & GANTAR, I. (eds.): Book of Abstracts, 2nd Slovenian Geological Congress, 71, Idrija.

POPOV, S.V., RÖGL, F., ROZANOV, A.Y., STEININGER, F.F., SCHERBA, I.G. & KOVAC, M. (2004): Lithological-Paleogeographic maps of Paratethys.– Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg, 250, 1–46, 10 Maps, Frankfurt.

RÖGL, F. (1998): Palaeogeographic considerations for Mediterranean and Paratethys Seaways (Oligocene to Miocene).– Ann. Naturhist. Mus. 99A, 279–310, Wien.

RIŽNAR, I., MILETIĆ, D., VERBIČ, T. & HORVAT, A. (2002): Middle Miocene sediments on the northern part of Gorjanci between Čatež and Kostanjevica (SE Slovenia).– Geologija, 45/2, 531–536, Ljubljana.

STEININGER, F.F. & WESSELY, G. (2000): From the Tethyan Ocean to the Paratethys Sea: Oligocene to Neogene stratigraphy, paleogeography and paleobiogeography to the circum-Mediterranean region and the Oligocene to Neogene basin evolution in Austria.– Mitt. Österr. Geol. Ges., 92, 95–116, Wien.

Paleozoic and Mesozoic succession of sediments in Khnifes-1 Well (Syria)

Paleozojsko-mezozojski slijed naslaga u bušotini Khnifes-1 (Sirija)

Zlata Ivaničeka[1], Branko Sokolović[1], Damir Stanković[1], Gabrijela Pecimotika[1], Vladimir Veseli[1], Krešimir Krizmanić[1] & Georg Koch[2]

[1]INA – Industrija nafte d.d., Exploration & Production BD, Field Engineering & Operations Sector, E&P Research Laboratory Department, Lovinčićeva bb, Zagreb, Croatia

[2]Croatian Geological Survey, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Croatia

Key words: Cretaceous, Triassic, Permian, Carboniferous, Lithostratigraphic Formations in Syria
Ključne riječi: kreda, trijas, perm, karbon, litistratigrafske formacije u Siriji

The vertical exploration well Khnifes-1 is located in the Hayan block in Syria, and drilled 3022 m of sediments ranging from the Upper Cretaceous to the Carboniferous.

The Palaeozoic sediments composed of mudstone/claystone in places hematitic, quartzarenite (silica, anhydrite and dolomite cement) and rare siltstone and dolomicrite of the Markada Formation (3022–2790 m) has been distinguished at the bottom of the well. In this unit the microfossils have not been found. The Carboniferous age is presumed according to correlation with previous investigated wells. Deposits are formed in transitional (deltaic) and occasionally shallow marine environment.

The succession of sediments in Khnifes-1 continues with the Amanus Sand Formation of the Palaeozic (2790–2330 m) consists of quartzarenite and hematitic mudstone/claystone. Fossils have not been found. On the basis of correlation with previously investigated wells, EK logs, and lithology, Permian age is supposed as well as transitional to continental depositional environment.

The Amanus Shale Formation of the Lower Triassic (2330–2214 m) made of hematitic shale, follows. Index microfossils have not been found in this unit. Very scarcely thin mollusc shells were observed together with some other fossils fragments. The Scythian age is presumed according to correlation with previously investigated wells. Sedimentation probably took place in transitional environment.

Next is the Kurrachine Dolomite Formation of Triassic (2214–1590 m) composed of micrite (M), biomicrite (W) in places dolomitic and/or argillaceous, dolomicrite (argillaceous, calcitic and silty-sandy) with primary anhydrite/gypsum and shale. Microfossil association is very poor or almost absent. Only benthic foraminifera *Nodosaria* sp. has been noticed. Throughout the entire interval ostracods, thin mollusc shells, fragments of echinoderms, gastropods, brachiopods, corals and relicts of foraminifera have been found. The Middle – Upper Triassic age is assumed on the basis of correlation with previously investigated wells. Lithology and microfossil content indicate peritidal – supratidal with sporadic sabkha environment.

The Kurrachine Anhydrite Formation of the Triassic (1590–1230 m) consists of argillaceous dolomicrite with early diagenetic anhydrite and gypsum, salt and shale pursues. In this unit the microfossils have not been found. The Middle – Upper Triassic age is presumed according to correlation with previously investigated wells. Lithological characteristics suggest supratidal with sabkha environment.

The Butmah Formation of the Upper Triassic (1230–1180 m) is next. Sediments are composed of dolomicrite, argillaceous dolomicrite with anhydrite, less gypsum, crystalline dolomite, shale and chert. Fossils have not been found. The Carnian age is supposed due to the lithological characteristics as well as correlation with similar deposits. Sedimentation took place in peritidal (shallow subtidal – supratidal) environment.

The Rutbah Formation of the Lower Cretaceous (1180–1140 m) composed of quartzarenite in places conglomeratic, dolomite (crystalline and dolomicrite) and shale proceeded. In this interval there are no fossil remains. As a result of correlation with previous investigated wells, EK logs and lithology the Lower Cretaceous age has been defined. Lithology and absence of fossils suggest predominantly continental (fluvio-deltaic) environment.

The Hayane Formation of the Lower Cretaceous – Upper Cretaceous (1140–1030 m) carries on the Mesozoic series. Sediments are micrite (M), slightly fossiliferous, hematitic and dolomitic, biomicrite (W), dolomicrite and dolopelmicrite in places recrystallized, and sporadically late diagenetic dolomite. Only a few fragments of echinoderms, ostracods, mollusc shells, undeterminable benthic foraminifera and relicts of microfossils have been found. Due to a correlation with previous investigated wells, EK logs, and lithology the whole interval is affiliated to Upper Albian –

Middle Cenomanian. Sediments were most probably deposited in restricted shallow marine environment.

Next is the Judea Formation of the Upper Cretaceous (1030–740 m). Deposits are predominantly composed of late diagenetic dolomite (finely – medium crystalline), and in lesser amount of early diagenetic dolomite (dolomicrite, dolopelomicrite in places recrystallized and impregnated with organic matter). Fossils are very rare. Only a few fragments of echinoderms, mollusk shells and relicts of microfossils have been found. On the basis of correlation with previously investigated wells, EK logs, and lithology the age of whole interval has been estimated as Upper Cenomanian – Turonian. Sedimentation took place in the shallow subtidal – supratidal environment.

The Soukhne Formation of the Upper Cretaceous (740–530 m), consists of biomicrite (W) interbedded with phosporites, chert and shale, follows. The following foraminifera taxa have been defined the Late Santonian – Early Campanian stratigraphic position of the deposits: *Muricohedbergella* sp., *Macroglobigerinelloides* sp., *Heterohelix* sp., *Globotruncana* sp., *Bulimina* sp. and *Bolivina* sp. In the whole interval, benthic undeterminable foraminifera, mollusc shells and fragments of echinoderms are present too. Lithology and microfossil content indicate deposition in outer shelf to deep marine environment.

The Shiranish Formation of The Upper Cretaceous (530–390 m) made of biomicrite (W), rarely argillaceous and sporadically brecciated is next. The microfossils, which define the Late Campanian to Maastrichtian age, are presented by the following planktonic and benthic foraminifera: *Macroglobigerinelloides prairiehillensis* (PESSAGNO), *Macroglobigerinelloides subcarinatus* (BROENNIMANN), Gansserina gansseri (BOLLI), *Globotruncana aegyptica* var. *gagnebini* (NAKKADY), *Pseudoguembelina costulata* (CUSHMAN), *Globotruncana bulloides* (VOGLER), *Muricohedbergella* sp., *Globotruncana* sp., *Contusotruncana* sp., *Heterohelix* sp., *Gavelinella* sp., *Rugoglobigerina* sp., *Lenticulina rotulata* (LAMARCK), *Bulimina* sp., *Bolivina* sp., *Gyroidinoides* sp., *Gaudryna* sp. and *Marsonella* sp. Also, in the association of the whole interval, fragments of molluscs, ostracods, echinoderms as well as undeterminable benthic foraminifera and other recristalized microfossils relicts have been observed. Lithology and microfossil association suggest outer shelf to deep marine depositional environment.

Subsequently, there is the Judea Formation (390–10 m) of the Upper Cretaceous again. This formation is brought into abnormal contact with the preceding Shiranish formation by tectonics (fault). Sediments are composed of dolomite (predominatelly late diagenetic, in some places with anhydrite, rare gypsum, and some dolomicrite, dolopelmicrite – recrystallized and fossiliferous), sporadically slightly fossiliferous, dolomitized micrite (M), carbonate microbreccia, and chert. Microfossil association is very poor or almost absent. Throughout the entire interval fragments of thin mollusc shells, undeterminable bentic foraminifera, planktonic foraminifera and other recristalized microfossils relicts have been observed. The Upper Cenomanian – Turonian age of this interval is assumed on the basis of correlation with previously investigated wells. Sedimentation took place in the shallow subtidal – supratidal with sporadic sabkha environment.

Tragovi ugriza na ljušturama anizičkih amonita Poštaka, Hrvatska

Bite marks on the Anisian ammonoid shells of Poštak Mt., Croatia

Dražen Japundžić, Katarina Krizmanić & Nediljka Prlj Šimić

Hrvatski prirodoslovni muzej, Geološko-paleontološki odjel, Demetrova 1, 10 000 Zagreb, Hrvatska

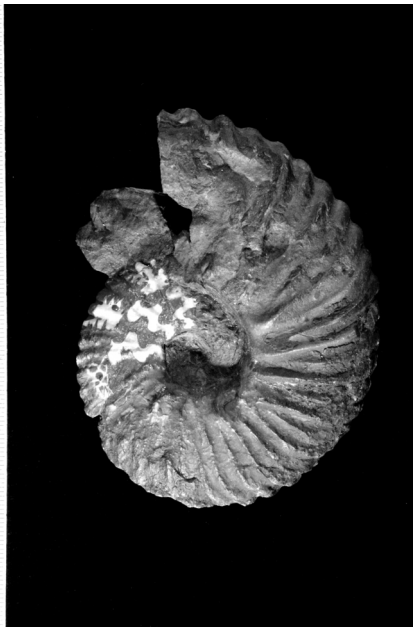
Ključne riječi: amoniti, ugrizi gmazova, srednji trijas, anizik, Poštak, Hrvatska
Key words: ammonoids, reptile bite marks, Middle Triassic, Anisian, Poštak Mt., Croatia

Tijekom terenskih istraživanja kustosa geološko-paleontološkog odjela Hrvatskoga prirodoslovnog muzeja u posljednjih nekoliko godina na lokalitetima Poštak, Orlovica i Gologlav (Lika i Dalmacija) prikupljena je brojna i raznovrsna cefalopodna fauna. Na osnovi determiniranih rodova i vrsta amonita možemo ustvrditi da se radi o hanbuloškom facijesu, u literaturi poznatom i kao "bosanski muchelkalk" (HAUER, 1887).

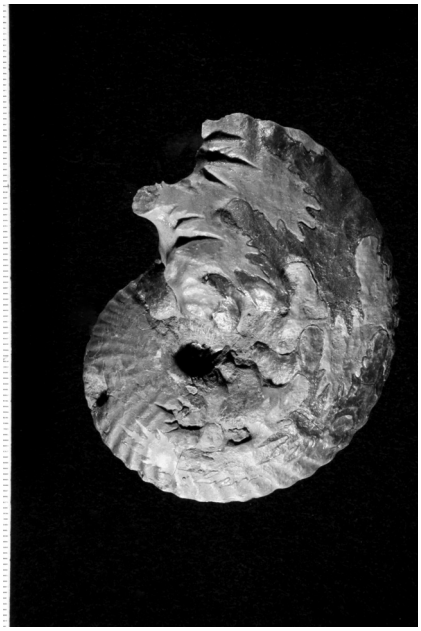
Unatoč kondenziranoj sedimentaciji i problemima vezanim uz superpozicijske odnose, kao i nedostatku novijih podataka o stratigrafskom rasprostranjenju amonita, prisustvo rodova *Acrochordiceras*, *Balatonites*, *Bulogites* i *Proteusites* upućuje na pripadnost faune u aniziči "pelsonijski" potkat (BUCHER, 1992). Balatonites je dijagnostički najvrjedniji rod za ovo vremensko razdoblje i pojavljuje se kao bitan marker niskih paleogeografskih širina (TOZER, 1981), a poznat je iz Europe, Sjeverne Amerike i Azije. Stoga je za faunu pelsonijskog potkata u europskoj stratigrafiji prihvaćen naziv "Balatonites-zona" (VOROS, 2003).

Amoniti pronađeni u kokinama unutar teepee šupljina javljaju se zajedno sa nautiloidima, ortoceratidima, aulakoceratidima, algama dazikladacejama, te podređeno bentičkim foraminiferama, školjkašima, brahiopodima i bodljikašima. Tijekom obrade i klasifikacije prikupljene faune na ljušturama nekoliko uzoraka uočeni su, po prvi puta kod nas, pravilni i neuobičajeni ožiljci – tragovi ugriza. Na njima se jasno vidi da su organizmi pretrpjeli određeni stupanj oštećenja ljušture. U nekim slučajevima ta oštećenja nisu bila kobna po amonita, pa ljuštura pokazuje istovremeni rast (*Acrochordicras ippeni* ARTHABER, 1911), dok se na drugima (*A.* cf. *pustericum* MOJSISOVICS, 1882 i *Procladiscites brancoi* MOJSISOVICS, 1882) može zaključiti da je ugriz predatora bio smrtonosan.

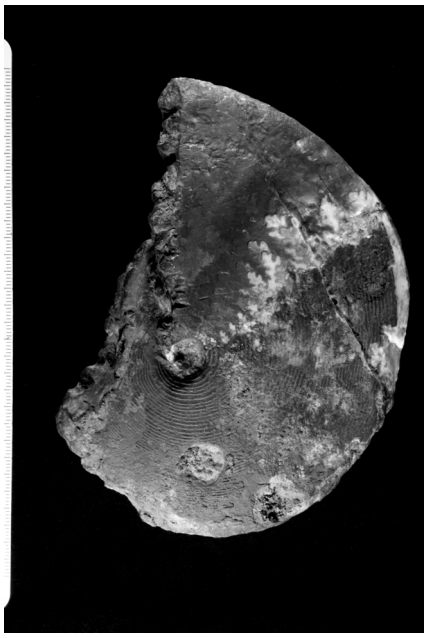
Tragovi zubi na ljušturama mogući su ključ determinacije vrsta grabežljivaca koji su se hranili amonitima (TICHY & URBANEK, 2004), a mogu ukazivati i na koji su ih način napadali. Proučavanjem ovih fosila na kojima je vidljiva patološka šteta, dolazimo također do značajnih informacija



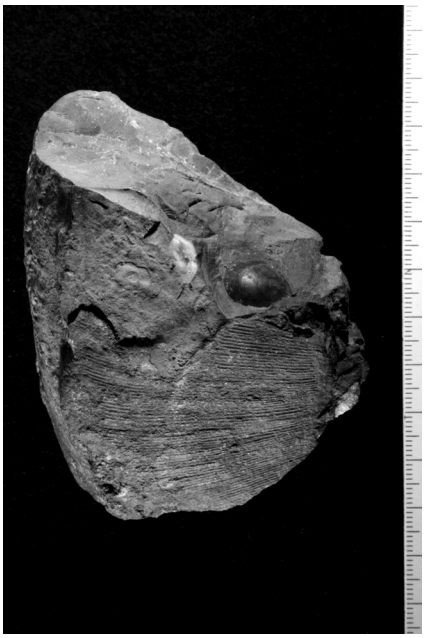
Slika 1. / Figure 1. *Acrochordicras ippeni* ARTHABER, 1911



Slika 2. / Figure 2. *Acrochordicras* cf. *pustericum* MOJSISOVICS, 1882



Slika 3. / Figure 3. *Procladiscites brancoi* MOJSISOVICS, 1882



Slika 4. Zub gmaza *Placodus* sp.,
Figure 4. Tooth of the reptile *Placodus* sp. (Fotografije/Photo: Nives BORČIĆ).

o paleookolišu te o položaju amonita u morskom hranidbenom lancu. Detaljnom analizom ožiljaka, uzevši u obzir sve parametre kao i dosad opisane nalaze iz istovremenih taložina, pretpostavili smo da se radi o otiscima ugriza gmazova specijaliziranih za durofagnu prehranu. Poznata su samo dva anizička gmaza specijalizirana za drobljenje ljuštura amonita: *Placodus* AGAZZIS, 1833 i *Omphalosaurus* MERRIAM, 1906. Nalaz nepčanog zuba u fragmentu nastanjene klijetke roda *Monophyllites* po svojim morfometrijskim karakteristikama upućuje na anizičkoga gmaza *Placodus* sp., a specijaliziranog (čeljust i zubi) za lov na tvrdoljušturaste organizme: školjkaše, ramenonošce, rakove i glavonošce. Oni su lovili svoj tvrdoljušturast plijen bezkralježnjaka iz mekog morskog taloga svojim isturenim prednjim zubima, a kada se plijen jednom našao u ustima zdrobili bi ga stražnjim i nepčanim zubima. Prije nego li je bila poznata anatomija *Placodus*-a, njihovi zubi bili su tumačeni kao riblji (ROMER, 1966). Sjekačima-dlijetu nalik prednji zubi, smješteni na anteriornom dijelu premaksile, ostavljali su duboke ožiljke na ljušturama amonita.

Radi se o vrlo zanimljivim i dosad neistraživanim nalazima koji sadrže niz informacija o životu i peleoekološkm prilikama u srednjotrijaskom prostoru zapadnog Tethys-a što nam pruža nove mogućnosti za daljnja istraživanja, kako na terenu, tako i na postojećim zbirkama amonita u Muzeju.

LITERATURA

BUCHER, H. (1992): Ammonoids of the Shoshonensis Zone (Middle Anisian, Middle Triassic) from northwestern Nevada (USA).– Jahrb. Geol. Bundesanst., 135/2, 425–465, Wien.

HAUER, F.R. (1887): Die Cephalopoden des Bosnischen Muschelkalkes von Han Bulog bei Sarajevo.– Denkschriften der Kais. Akademie der Wissenschaften, Math.-Naturw. Kl, 54, 50 p., tbl. 1–8, Wien.

ROMER, A.S. (1966): Vertebrate Paleontology, 3rd ed.– Univ. Chicago Press, VII + 468 p., Chicago.

TOZER, E.T. (1981): Triassic Ammonoidea: Classification, evolution and relationship with Permian and Jurassic Forms.– In: HOUSE, M.R. & SENIOR, J.R. (ed.): The Ammonoidea: The evolution classification, mode of life and geological usefulness of a major fossil group. Spec. Vol. System. Assoc., 18, 65–100, London.

TICHY, G. & URBANEK, E. (2004): Biss-Spuren eines Sauriers an Pinacoceras parma MOJSISOVICS, ein Ammonit der Halleiner Obertrias.– Geo. Alp., 1, 87–90, Innsbruck.

VÖRÖS, A. (2003): The Pelsonian Ammonoid fauna of the Balaton highland.– Geologica Hungarica series Palaeontologica, Fasciclus, 55, 71–121, 8 tbl., Budapest.

Late Cretaceous carbonate succession of the Northern margin of the Adriatic Carbonate Platform (Hrušica plateau, W Slovenia)

Gornjokredni karbonatni slijed sjevernog ruba Jadranske karbonatne platforme (Hrušica, zapadna Slovenija)

Jernej Jež[1] & Bojan Otoničar[2]

[1]Geological Survey of Slovenia, Dimičeva 14, 1000 Ljubljana, Slovenia
(jernej.jez@geo-zs.si)
[2]Karst Research Institute ZRC SAZU, Titov trg 2, 6230 Postojna, Slovenia
(otonicar@zrc-sazu.si)

Key words: Late Cretaceous, lithofacies, lithostratigraphic units, synsedimentary tectonics, Adriatic Carbonate Platform (AdCP), Hrušica plateau, W Slovenia
Ključne riječi: gornja kreda, litofacijes, litostratigrafske jedinice, sinsedimentna tektonika, Jadranska karbonatna platforma, Hrušica, zapadna Slovenia

Introduction

Late Cretaceous sedimentary evolution of the inner parts of the northern sector of the Adriatic Carbonate Platform (AdCP) is relatively well known, while the evolution of its marginal parts and transition towards the deeper marine Slovenian basin have not been studied in detail. Depositional settings of the inner areas of the northern sector of the AdCP indicate significant differentiation in topography culminated in development of deep closed lagoons and/or intraplatform basins throughout the Cretaceous as a consequence of regional tectonics and in minor extent eustasy. Therefore, also the successions of the marginal parts of the platform which are normally, as the main sites of carbonate production, even more sensitive to conditions that control carbonate production, should yield the information about these events.

Approximately 1200 m thick Albian to Campanian carbonate succession was studied in the "Nadrt" geological profile, in the central part of the Hrušica plateau, close to the regional road Logatec – Ajdovščina. Tectonically, the investigated area belongs to the Hrušica nappe, the most extended thrust unit of the northwestern External Dinarides. With regard to lithofacies characteristics and their stratigraphic position, eight informal lithostratigrafic units were defined.

Lithostratigraphic units of the Nadrt section

(1) Among different lithofacies of this 350 m thick unit, thin bedded ostracod-peloid-miliolidal mudstone and mudstone/wackestone prevail, while bioclastic-ostracod-foraminiferal packstone and graistone rarely occur within thicker beds. In the lowermost 32 m of the unit, intraclastic-ooid grainstone occurs sporadically. Locally dolomite and dolomitized limestone prevail over limestone. Mud-supported textures of the unit with oligotypic fauna indicate deposition in restricted closed lagoon with episodic higher energy events when grain-supported lithofacies were deposited. The upper boundary of the unit is sharp and marked by sudden lithologic change from mud dominated lithofacies to bioclastic packstone with pelagic fauna.

(2) Next, 90 m thick, unit is composed of thick-bedded limestone. Rudist bioclastic rudstone and grainstone/rudstone lithofacies prevail over bioclastic packstone which occur in the lower part of the unit. In the uppermost part of the unit up to 30 cm large shells of caprinids and chondrodontids have been found. In the lowermost part of the unit calcispheres and pelagic foraminifers occur, while in the middle part of the unit orbitolinid foraminifers (e.g., *Conicorbitolina conica*) have been locally noticed indicating Lower to Middle Cenomanian age of the unit. Coarse-grained grain-supported lithofacies indicate deposition in high-energy environments as a result of storm and wave reworking and redistribution of shallow marine rudist shoals. The upper boundary of the unit is gradual and defined where thin bedded bioclastic-peloidal-foraminiferal wackestone/packstone prevails over thick bedded rudist dominated framestone and rudstone.

(3) Third, 200 m thick, unit is composed of mudstone and mudstone/wackestone lithofacies characterized by fenestrae (i.e., loferite), while algal-peloidal-intraclastic-bioclastic-foraminiferal wackestone/packstone and packstone/grainstone is less common. Mud dominated texture, fenestral fabrics, occurrences of supratidal breccia and meteoric cements indicate depositional processes in peritidal environments from restricted lagoon to tidal/supratidal zone of tidal flats. Grain supported lithofacies were deposited during periodical storms. Benthic foraminifers *Broeckina (Pastrikella) balcanica* and *Vidalina radoicicae* suggest the Upper Cenomanian age of the unit. The upper boundary of the unit is gradual and defined where progressively thicker and com-

monly coarser-grained lithofacies pass over to micritic limestone with bioclasts and sporadic calcispheres.

(4) Approximately 20 m thick fourth unit is composed of thick-bedded limestone predominantly composed of mudstone/wackestone and wackestone/packstone lithofacies with echinoderm and mollusk shell fragments and calcispheres. Calcispheres and lack of characteristic sedimentary structures suggest a deposition in subtidal depositional setting within a relatively open marine environment. Transition to the next unit is gradual and defined where characteristic echinoderm and mollusk bioclasts and calcispheres disappear.

(5) Algal-bioclastic-foraminiferal-peloidal mudstone and mudstone/wackestone are the prevailing lithofacies of the fifth, 25 m thick, lithostratigraphic unit, while packstone and packstone/grainstone occur only locally. Mud-supported textures, burrows and local abundance of ostracods indicate depositional environment of relatively protected lagoon with more opened episodes when packstone/grainstone was deposited. Sporadic fenestrae in the upper part of the unit suggest intertidal conditions. Distinct unconformity denoted by bauxite deposits represents the upper boundary of the unit.

(6) Next, approximately 30 m thick, unit consists of mudstone/wackestone, rarely packstone textural types with benthic foraminifers, rudist bioclasts, algae, ostracods and peloids. Diversity of fauna within prevailing micritic limestone lithofacies suggests deposition in open relatively oligotrophic lagoon. Fenestral fabrics and other geopetally filled voids indicate periodic intertidal conditions. With regard to foraminiferal assemblage, including *Murgella lata, Scandonea samnitica, Pseudocyclamina sphaeroidea, Moncharmontia apenninica*, the unit is Santonian in age. The upper boundary of the unit is gradual and defined where foraminiferal-bioclastic packstone with sparse calcispheres prevails over mud-supported lithofacies.

(7) Bedded and locally massive limestone compose 100 m thick seventh unit. Packstone textural type is the most common, while grainstone/rudstone type occurs only locally. Among skeletal grains, rudists, echinoderm fragments, foraminifers and calcispheres prevail over red algae and hydrozoans which occur sporadically. Limestone lithofacies of this unit were deposited in subtidal oligotrophic open marine environment. The upper boundary of the unit is gradual and defined where the amount of calcispheres diminishes simultaneously with the increasing amount of foraminifers and algae.

(8) Various lithofacies (wackestone to rudstone and boundstone textural types) compose the youngest, 350 m thick, unit. Among skeletal grains, rudists, benthic foraminifers and algae are the most common, while echinoderm fragments, calcispheres and bryozoans were recognized only locally. Lithofacies characteristics mainly indicate deposition in subtidal oligotrophic open marine environments. The occurrence of foraminifera *Keramosphaerina tergestina* and *Calvesiconus lecalvezae* suggest the Campanian age of the unit. Erosional unconformity overlain by by flysch deposits represents the upper boundary of the unit.

Discussion and conclusions

In general, the lack of reef building organisms and distribution of the lithofacies in the study carbonate succession indicate ramp-type carbonate depositional system. The study of lithostratigraphic units suggests alternation of inner and mid ramp depositional environments induced by relative sea-level changes. The lithofacies of the first, third and fifth units indicate characteristics of the inner ramp lagoonal and peritidal depositional setting and were mainly deposited under highstand system tract (HST), while those of the second and forth units indicate deposition in the mid ramp setting predominantly under transgressive system tract (TST). Deposition of the fifth unit was interrupted by forced regression denoted by paleokarstic features and bauxite deposits. Thus, the lithofacies of the sixth unit which indicate characteristics of inner ramp environments were deposited during transgressive system tract (TST). Continuous deepening of the accommodation space and progressively more open mid ramp depositional setting culminated in seventh lithostratigraphic unit. Upper part of the unit and the eighth unit indicate deposition in the subtidal open marine setting suggesting mainly the mid ramp depositional environments with slow but continuous relative sea-level rise. Transgressive character of the fourth and sixth unit could be correlated with the eustatic sea-level rise at the Cenomanian/Turonian and Santonian/Campanian boundary, while the Lower Cenomanian deepening of depositional environment was most probable tectonically induced. Although substantial stratigraphic gap between the fifth and sixth unit couldn't be formed without tectonic uplift of the marginal parts of the AdCP the subaerial exposure was initially most probably triggered and/or amplified by Late Turonian eustatic sea-level fall. More than 400 m thick accumulations of predominately bioclastic grain-supported mid ramp lithofacies of the unit seven and eight could be correlated with second order Santonian/Campanian sea-level rise and tectonically induced subsidence of the marginal parts of the platform during the foreland basin development.

A revision of the Cretaceous ichthyofauna from Croatia, with special reference to pycnodonts

Revizija kredne ihtiofaune Hrvatske, s osobitim obzirom na piknodonte

Koraljka Klepač[1] & Francisco José Poyato-Ariza[2]

[1]Natural History Museum – Rijeka, Lorenzov prolaz 1, 51 000, Rijeka, Croatia
[2]Dept. Biología, Universidad Autónoma de Madrid, Cantoblanco, 28049-Madrid, Spain

Key words: Pycnodonts, Cretaceous, Istria, Dalmatia, Croatia
Ključne riječi: Piknodonti, kreda, Istra, Dalmacija, Hrvatska

There are 19 localities with fish remains from Cretaceous platy limestones in Croatia. Most sites with Cretaceous ichthyofauna are located in Dalmatia – on the islands of Hvar, Brač, Šolta, and Korčula, and near the towns of Split, Trogir, Primošten, Šibenik, Omiš, Vrlika, Pag, and Mali Lošinj (GORJANOVIĆ-KRAMBERGER, 1895; RADOVČIĆ, 1975). Only one site in northern Croatia (Sedlarica, on Bilogora), and one on the territory of Istria (Valtura, near Pula) have provided Cretaceous ichtyofauna outside Dalmatia (SCHULTZ & PAUNOVIĆ, 1997) to date. Among the fishes from those localities we have reviewed the material previously assessed as the Pycnodontiformes, as part of a project to study the Cretaceous pycnodonts from Croatia.

The Croatian Natural History Museum in Zagreb houses specimens of pycnodontiform fish from localities in Dalmatia. These are: a nearly complete specimen originally reported as *Coelodus saturnus* HECKEL, 1854 (GORJANOVIĆ-KRAMBERGER, 1895; SCHULTZ & PAUNOVIĆ, 1997; RUKAVINA, 2003); two specimens of *Coelodus saturnus* HECKEL, 1854 assessed on the basis of isolated dentitions only (SCHULTZ & PAUNOVIĆ, 1997) and a specimen referred to as the holotype of *Coelodus suillus* HECKEL, 1854 (GORJANOVIĆ-KRAMBERGER, 1895; RUKAVINA, 2003). The validity of *Coelodus suillus*, questioned by POYATO-ARIZA & WENZ (2002) is being revised by the authors.

Some fragmentary material, namely two isolated dentitions of *Coelodus* cf. *saturnus* HECKEL, 1854, one from Dalmatia and the other from northern Croatia are housed in the Institute for Quaternary Paleontology and Geology of the Croatian Academy of Sciences and Arts in Zagreb (SCHULTZ & PAUNOVIĆ, 1997).

The only known specimen of a pycnodontiform fish from Istria comes from Valtura, near Pula, and is housed in the Natural History Museum in Vienna. It is an isolated dentition assessed as *Coelodus saturnus* HECKEL, 1854 (SCHULTZ & PAUNOVIĆ, 1997).

The Natural History Museum in Split houses a well preserved specimen of another pycnodontiform fish which has been found on the island of Šolta. It is a holotype of the nominal species "*Coelodus*" *gasperinii* GORJANOVIĆ-KRAMBERGER, 1902, which might be related to a new fish specimen reported here.

The new finding, a splendid specimen of pycnodontiform fish, consisting of part and counterpart found in bedded peloid packstones dated as Upper Cretaceous (VELIĆ et al., 1995) comes from the recently discovered locality of Rojnići, near Barban, in Istria. It is housed in the Natural History Museum in Rijeka, and is the first complete pycnodontiform fish specimen that has been found in Croatia.

The objective of our present work is to describe this new fossil remain, and compare it with the closely related specimens of the same age.

The new finding, together with revision of the previously known Croatian material, will certainly provide most valuable information, not only for phylogenetic systematics, but also for comparison of the local ichthyofaunas in the Tethys Sea and the surrounding areas during the Cretaceous.

During the Jurassic and the Cretaceous, the Tethys sea constitutes a relatively steady environment for fish, so that Early (and even some Late) Cretaceous ichthyofaunas are essentially formed by relict forms from the Jurassic. The new pycnodont is a confirmation of this, and will provide relevant information for study and comparison of the Tethys fish fauna in the Croatian area during the Creataceous period.

REFERENCES

GORJANOVIĆ-KRAMBERGER, D. (1895): De piscibus fossilibus Comeni, Mrzleci, Lesinae et M. Libanonis et appendix de piscibus oligocaenicis ad Tüffer, Sagor et Trifail.– Djela Jugosl. akad. znan. umjetn., 16, 1–67, 1. sl., 12 tab., Zagreb.

GORJANOVIĆ-KRAMBERGER, D. (1902): Paläoichthyologische Beiträge. I. Über einige Fische des ungarischen Tertiärs. II. Über einen obermiozänen Lates aus Dolje bei Agram in Kroatien. III.

Über einen miocänen Sparsiden aus Steiermark. IV. Über zwei obercretazische Fische der Insel Brač und Šolta in Dalmatien.– Mitt. Jahrb. Ung. geol. Anst., 14, 1–21, Budapest.

HECKEL, J. (1854): Über den Bau and die Eintheilung der Pycnodonten nebst kurzer Beschreibung einiger neuen Arten derselben.– Sitz.-Ber. Akad. Wiss., Math.-naturw. Cl., 12, 433–464, Wien.

HECKEL, J. (1856): Beiträge zur Kenntniss der fossilen Fische Oesterreichs.– Denkschr. Akad. Wiss., Mathem.-naturwiss. Cl., 11, 187–274, Wien.

POYATO-ARIZA, F. J. & WENZ, S. (2002): A new insight into pycnodontiform fishes.– Geodiversitas, 24/1, 139–248, Paris.

RADOVČIĆ, J. (1975): Some new Upper Cretaceous Teleosts from Yugoslavia with special reference to localities, geology and palaeoenvironment.– Palaeont. jugosl., 17, 1–55, Zagreb.

RUKAVINA, D. (2003): Catalogue of Fossil Vertebrates in the Croatian Natural History Museum, Zagreb.– Croatian Natural History Museum, 192 p., Zagreb.

SCHULTZ, O. & PAUNOVIĆ, M. (1997): Der Nachweis von Coelodus (Osteichthyes, Pycnodontidae) im Turonien (Oberkreide) von Gams bei Hieflau, Steiermark, Osterreich, und aus der Oberkreide von Kroatien und Italien.– Annalen des Naturhistorisches Museum in Wien 98A, 73–141, Wien.

VELIĆ, I. et al., (1995): A Review of the Geology of Istria.– I. Croat. Geol. Congr. Excursion, Guide-Book: 21–30, Zagreb.

Definition of the Permian – Triassic boundary in Western Slovenia

Definicija granice perm-trijas u zapadnoj Sloveniji

Tea Kolar-Jurkovšek[1], Bogdan Jurkovšek[1] & Dunja Aljinović[2]

[1]Geological Survey of Slovenia, Dimičeva 14, 1 000 Ljubljana, Slovenia
(tea.kolar@geo-zs.si, bogdan.jurkovsek@geo.zs.si)

[2]University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb
(dunja.aljinovic@rgn.hr)

Key words: Permian-Triassic boundary, biostratigraphic dating, conodont zonation, Western Slovenia
Ključne riječi: granica perm-trijas, biostratigrafsko datiranje, konodontna zonacija, zapadna Slovenija

The stratigraphy of the Permian-Triassic Boundary (PTB) beds has been intensively studied in many parts of the world for many years after the establishment of the Permian-Triassic Working Group (PTWG) in 1981. Stratigraphically most important species across the PTB belong to the conodonts of the *Hindeodus-Isarcicella* group. The Global Stratotype Section and Point (GSSP) of the PTB have been ratified by IUGS in 2001 (YIN et al., 2001). The first appearance datum (FAD) of the species *Hindeodus parvus* (KOZUR & PJATAKOVA) of the Meishan section in South China marks the base of the Triassic System. The approved proposal clearly separates the event stratigraphic- and biostratigraphic boundaries and is of key importance not only for defining the GSSP of the basal Triassic boundary but also for study of the P/T mass extinction and recovery (WANG, 1999). *Hindeodus parvus* is the first globally distributed species that appears just above the minimum faunal diversity indicated by the minimum in $\delta^{13}C$ (KOZUR, 1996; KOZUR et al., 1996).

Studies of the PTB interval were carried out in the Žiri area in the north-west part of the External Dinarides. In the paleogeographic sense Late Paleozoic and Early Triassic beds of the studied area were formed on extensive Slovenian Carbonate Platform which became established in the Late Permian, and remained stable until Late Anisian times (BUSER et al., 2008). Late Permian carbonates that are known also as "Žažar Fm" in Slovenia that represent equivalent of Bellerophon Fm. Above the Transitional beds that include P/T boundary is developed the Streaky limestone (KOLAR-JURKOVŠEK & JURKOVŠEK, 2007) and then follow oolithic-clastic Early Triassic succesion of beds.

In the studied Late Permian-Early Triassic section Lukač six conodont zones have been recognized, these are in ascending order, the latest Changhsingian (uppermost Permian) *praeparvus* Zone, and Griesbachian (lowermost Triassic) *parvus, lobata, isarcica, postparvus* and *anceps* Zones.

The FAD (first appearance datum) of *H. parvus* in the Transitional beds (sample L1) markes the base of the systemic boundary.

On the basis of conodonts, the Lukač section enables correlation with the sequences in Southern Alps and in other areas of the world.

REFERENCES

BUSER, S., KOLAR-JURKOVŠEK, T. & JURKOVŠEK, B. (2007): Triasni konodonti Slovenskega bazena. (*Triassic conodonts of the Slovenian Basin*).– Geologija 50/1, 19–28, Ljubljana.

KOLAR-JURKOVŠEK, T. & JURKOVŠEK, B. (2007): First record of *Hindeodus-Isarcicella* population in Lower Triassic of Slovenia.– Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol., 252/1, 72–81, Amsterdam.

KOZUR, H. (1996): The Conodonts Hindeodus, Isarcicella and Sweetohindeodus in the uppermost Permian and lowermost Triassic.– Geol. Croat., 49/1, 81–115.

KOZUR, H., RAMOVŠ, A., WANG, C.Y. & ZAKHAROV, Y.D. (1996): The importance of *Hindeodus parvus* (Conodonta) for the definition of the Permian-Triassic boundary and evaluation of the proposed sections for a global stratotype section and point (GSSP) for the base of the Triassic.– Geologija, 37–38, 173–213, Ljubljana.

WANG, C.Y. (1999): Conodont Mass Extinction and Recovery from Permian-Triassic Boundary Beds in the Meishan Sections, Zhejiang, China.– Boll. Soc. Paleont. Ital., 37/2–3 (1998), 487–495, Modena.

YIN, H., ZHANG, K., TONG, J., YANG, Z. & WU, S. (2001): The Global Stratotype Section and Point (GSSP) of the Permian–Triassic Boundary.– Episodes, 24, 102–114.

Kemostratigrafija krednih karbonata jadranskog područja Hrvatske – pregled dosadašnjih istraživanja

Chemostratigraphy of Cretaceous carbonates in the Adriatic region of Croatia – a review

Tvrtko Korbar

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

Ključne riječi: kemostratigrafija, d^{13}C, ^{87}Sr/^{86}Sr, kreda, Jadransko-dinaridska karbonatna platforma
Key words: chemostratigraphy, d^{13}C, ^{87}Sr/^{86}Sr, Cretaceous, Adriatic-Dinaridic carbonate platform

Primjenom kemostratigrafije tijekom protekla dva desetljeća omogućena je bolja korelacija biozona bentičkih organizama, koje nalazimo unutar plitkovodnih naslaga karbonatnih platformi, s kronostratigrafski bolje definiranim biozonama pelagičkih organizama. Pritom se najčešće koriste izotopi ugljika (δ^{13}C; SCHLANGER et al., 1987) i stroncija (^{87}Sr/^{86}Sr; MCARTHUR, 1994; MCARTHUR et al., 2001). Na temelju udjela elementarnog Sr, Fe i Mn te skeniranjem elektronskim mikroskopom (SEM), dokazano je da je vanjski kompaktni sloj ljušture pojedinih skupina rudista kvalitetan materijal za analizu ^{87}Sr/^{86}Sr (STEUBER, 2003). Zbog toga je ograničena dostupnost kvalitetnog materijala (uz cijenu analize) najveći problem pri primjeni stratigrafije stroncijevih izotopa (SIS). Budući da se stratigrafija ugljikovih izotopa (CIS) temelji na analizi nekog sedimentog slijeda, uzorci za određivanje δ^{13}C najčešće se uzimaju iz mikritnih litotipova vapnenca (*bulk sediment*), u kojima se na temelju odnosa izotopa δ^{13}C i δ^{18}O može detektirati stupanj dijagenetske izmjene originalnih vrijednosti δ^{13}C. Za korelaciju su najupotrebljivija odstupanja od prosječnih vrijednosti δ^{13}C, zabilježena u naslagama taloženim tijekom oceanskih anoksičnih događaja (OAE), a referentne krivulje definirane su za donju (MENEGATTI et al., 1998) i gornju kredu (JARVIS et al., 2006).

Napravljen je pregled rezultata dosadašnjih kemostratigrafskih istraživanja naslaga krede na jadranskom području Hrvatske, kojima su uglavnom obuhvaćene naslage Jadranske karbonatne platforme u užem smislu, jedan slijed padinskih karbonata i jedan lokalitet koji je pripisan alohtonom dijelu Dinaridskog segmenta. U širem smislu, sve istražene naslage taložene su u području Jadransko-dinaridske karbonatne platforme (KORBAR, 2009).

U donjoj kredi Istre detaljno su istražene naslage gornjeg barema i donjeg apta (HUCK et al., 2010). Na temelju kemostratigrafije (δ^{13}C i ^{87}Sr/^{86}Sr) napravljena je korelacija Kanfanar formacije s istodobnim naslagama rubnih područja negdašnjeg Tetisa. Zaključeno je da je Kanfanar formacija taložena tijekom OAE 1a, za vrijeme kojeg su u marinskim plitkovodnim okolišima niskih geografskih širina taložene *Lithocodium-Bacinella* naslage. Time je omogućena kronostratigrafska kalibracija dobro definiranih biozona unutar slijeda naslaga platformnih karbonata (VELIĆ, 2007). Utvrđeno je da biozona *Palorbitolina lenticularis* u Istri određuje donji dio donjeg apta te da množinska zona *Salpingoporella dinarica* pripada donjem, a ne gornjem aptu (HUCK et al., 2010). Stoga i regionalna aptsko-albska emerzija čini veću stratigrafsku prazninu nego što se prije smatralo. U završnoj fazi su i integrirana stratigrafska istraživanja na području Istre, koja obuhvaćaju i naslage alba (CVETKO TEŠOVIĆ et al., 2006).

Naslage najgornjeg cenomana i baznog turona istraživanog područja taložene su tijekom globalnog OAE 2 (SCHLANGER et al., 1987; GUŠIĆ & JELASKA, 1993). Taj interval naslaga je s kemostratigrafskog aspekta u Hrvatskoj po prvi puta istražen na Dugom otoku i Hvaru (DAVEY & JENKYNS, 1999). Naslage iste starosti izdanjuju i na zapadnim obalama otoka Brača, a njihova istodobnost s OAE 2 potvrđena je kemostratigrafskom korelacijom (KORBAR et al., 2009). Izotopni zapisi d^{13}C pokazuju značajan otklon prema pozitivnim vrijednostima (+4 do +5‰ VPDB) koje obilježavaju utjecaj OAE 2 na platformi. Osim globalne, kemostratigrafija je iskorištena i za lokalnu korelaciju istodobnih naslaga, čime je omogućena bolja interpretacija dinamike taloženja na platformi (KORBAR et al., 2009).

Nadalje, rasponi provodnih foraminifera i rudista koje nalazimo unutar naslaga konijaka do mastrihta na otoku Braču, re-kalibrirani su pomoću SIS-a (STEUBER et al., 2005). Time je unaprijeđen stratigrafski obrazac koji se koristi za gornju kredu Jadransko-dinaridske karbonatne platforme (GUŠIĆ & JELASKA, 1990; KORBAR, 2009), ali i šire. Određivanje vrijednosti ^{87}Sr/^{86}Sr u zanimljivim rudistnim horizontima na Hvaru (KORBAR et al., 2010) pridonijelo je boljem definiranju kampanskog događaja, tijekom kojeg je Dalmatinski dio Jadranske platforme emergiran prije oko 76 mil. g. Relativno mali hijatus koji odvaja formacije Pučišća i

Sumartin, posljedica je tog regionalnog događaja. U završnoj fazi su integrirana stratigrafska istraživanja gornje krede na otoku Čiovu, koja uključuju i kemostratigrafiju padinskih karbonata (BRLEK et al., 2010). Rezultati omogućuju dobru korelaciju s istodobnim plitkovodnim karbonatima otoka Brača i šire.

Budućim istraživanjima trebalo bi detaljnijim uzorkovanjem pogodnog slijeda naslaga od turona do paleogena dodatno unaprijediti stratigrafiju gornje krede pomoću SIS-a, čime bi se preciznije kalibrirale postojeće biozone (VELIĆ, 2007). Naime, dosadašnjim kemostratigrafskim istraživanjima utvrđeno je da pojedini zonski fosili imaju drugačije raspone pojavljivanja od tradicionalno prihvaćenih.

LITERATURA

BRLEK, M., KORBAR T., CVETKO TEŠOVIĆ, B., FUČEK, L. & GLUMAC, B. (2010): Integrated stratigraphy of the Upper Cretaceous carbonate deposits on the Island of Čiovo (central Dalmatia, Croatia).– 4th Croatian Geological Congress – Šibenik 2010, Abstracts Book (this volume).

CVETKO TEŠOVIĆ, B., GLUMAC, B. & BUCKOVIĆ, D. (2006): Unraveling stratigraphic complexities in Lower Cretaceous (Barremian to Albian) strata of Istria, Croatia.– In: HOYANAGI, K., TAKANO, O. & KANO, K. (eds.): From the Highest to the Deepest, ISC 2006, Fukuoka, Japan, Abstracts, Volume A, p. 254.

DAVEY, S.D. & JENKYNS, H.C. (1999): Carbon-isotope stratigraphy of shallow-water limestones and implications for the timing of Late Cretaceous sea-level rise and anoxic events (Cenomanian-Turonian of the peri-Adriatic carbonate platform, Croatia).– Eclogae geol. Helv., 92, 163–170.

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 str., Zagreb.

GUŠIĆ, I. & JELASKA, V. (1993): Upper Cenomanian-Lower Turonian sea-level rise and its consequences on the Adriatic-Dinaric carbonate platform.– Geol. Rundsch., 82/4, 676–686, Stuttgart.

HUCK, S., RAMEIL, N., KORBAR, T., HEIMHOFER, U., WIECZOREK, T.D. & IMMENHAUSER, A. (2010): Latitudinally different responses of Tethyan shoalwater carbonate systems to the Early Aptian oceanic anoxic event (OAE 1a).– Sedimentology (in press).

JARVIS, I., GALE, A.S., JENKYNS, H.C. & PEARCE, M.A. (2006): Secular variation in Late Cretaceous carbon isotopes: a new $\delta^{13}C$ carbonate reference curve for the Cenomanian-Campanian (99.6–70.6 Ma).– Geological Magazine, 143/5, 561–608.

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, doi: 10.1016/j.earscirev.2009.07.004

KORBAR, T., GLUMAC, B., CVETKO TEŠOVIĆ, B. & CADIEUX, S.B. (2009): Dynamics of carbonate deposition on the Adriatic platform during the Cenomanian-Turonian drowning and the OAE-2: a case study from the island of Brač (Dalmatia, Croatia).– 27th Meeting of Sedimentologists, IAS Alghero (Sardinia), Abstract book.

KORBAR, T., CVETKO TEŠOVIĆ, B., RADOVANOVIĆ, I., KRIZMANIĆ, K., STEUBER, T. & SKELTON, P.W. (2010): Campanian Pseudosabinia from the Pučišća Formation on the island of Hvar (Adriatic Sea, Croatia).– Turkish Journal of Earth Sciences (in press).

MCARTHUR, J.M. (1994): Recent trends in strontium isotope stratigraphy.– Terra Nova, 6, 331–358.

MCARTHUR, J.M., HOWARTH, R.J. & BAILEY, T.R. (2001): Strontium isotope stratigraphy: Lowess version 3. Best-fit to the marine Sr-isotope curve for 0 to 509 Ma and accompanying look-up table for deriving numerical age.– J. Geol., 109, 155–170.

MENEGATTI, A.P., WEISSERT, H., BROWN, R.S., TYSON, R.V., FARRIMOND, P., STRASSER, A. & CARON, M. (1998): High-resolution $\delta^{13}C$ stratigraphy through the early Aptian "Livello Selli" of the Alpine Tethys.– Paleoceanography, 13, 530–545.

SCHLANGER, S.O., ARTHUR, M.A., JENKYNS, H.C., & SCHOLLE, P.A. (1987): The Cenomanian-Turonian oceanic anoxic event, I. Stratigraphy and distribution of organic carbon-rich beds and the marine $\delta^{13}C$ excursion.– In: BROOKS, J. & FLEET, A.J. (eds.): Marine Petroleum Source Rocks: Geological Society of London, Special Publication, 26, 371–400.

STEUBER, T. (2003): Strontium isotope stratigraphy of Cretaceous hippuritid rudist bivalves: rates of morphological change and heterochronic evolution.– Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 200, 221–243.

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.

VELIĆ, I. (2007): Stratigraphy and Palaeobiogeography of Mesozoic Benthic Foraminifera of the Karst Dinarides (SE Europe).– Geologia Croatica, 60, 1–113.

Utjecaj sinsedimentacijske tektonike i OAE 2 na razvoj Jadranske karbonatne platforme tijekom cenoman-turona: primjer otoka Brača (Dalmacija, Hrvatska)

Influence of Cenomanian-Turonian synsedimentary tectonics and OAE 2 on development of Adriatic Carbonate Platform: a case study from the Island of Brač (Dalmatia, Croatia)

Tvrtko Korbar[1], Bosiljka Glumac[2], Blanka Cvetko Tešović[3] & Sarah B. Cadieux[4]

[1]Hrvatski geološki institut, Zavod za geologiju, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Hrvatska (tvrtko.korbar@hgi-cgs.hr)
[2]Department of Geosciences, Smith College, Northampton, Massachusetts, USA
[3]Geološki odsjek Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, Sveučilište u Zagrebu, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb, Hrvatska
[4]Department of Earth and Planetary Sciences, University of Tennessee, Knoxville, Tennessee, USA

Ključne riječi: OAE-2, litostratigrafija, biostratigrafija, kemostratigrafija, $\delta^{13}C$, gornja kreda, karbonatna platforma
Keywords: OAE-2, lithostratigraphy, biostratigraphy, chemostratigraphy, Upper Cretaceous, carbonate platform.

Tema je izvorno prezentirana na 27. skupu sedimentologa (Alghero, Sardinija) – IAS 2009 (KORBAR et al., 2009).

Naslage taložene tijekom kasnog cenomana i ranog turona, sadrže zapise jednog od najistraženijih globalnih oceanskih anoksičnih događaja (ocean anoxic event) – OAE 2 (SCHLANGER et al., 1987). U nedostatku usko-provodnih fosila, odličan alat za preciznu globalnu korelaciju tih naslaga je kemostratigrafija temeljena na izotopima ugljika ($\delta^{13}C$).

Naslage gornjeg cenomana i donjeg turona dobro su otkrivene na zapadnoj obali otoka Brača, gdje se nalaze u jezgri antiklinale kod Milne (GUŠIĆ & JELASKA, 1990, 1993). Istražena su 2 profila: u sjevernom krilu antiklinale u uvali Kupinova, i u južnom krilu u Splitskim vratima, s ciljem njihove međusobne i globalne korelacije. Snimljene su naslage gornjeg dijela formacije Milna, cijele formacije Sveti Duh i baznog dijela formacije Gornji Humac. Napravljene su sedimentološke, mikro- i makropaleontološke te kemostratigrafske (izotopi C i O) analize. Rezultati su potvrdili kasnocenomansko-ranoturonsku starost istraženog slijeda (GUŠIĆ & JELASKA, 1990, 1993), a potvrđeno je da je preplavljivanje platforme započelo u kasnom cenomanu (DAVEY & JENKYNS, 1999). Na temelju rezultata integriranih stratigrafskih istraživanja intrpretirana je dinamika taloženja na tom dijelu platfome tijekom kasnocenomanskog preplavljivanja.

Debljina formacije Sveti Duh je na stupu Kupinova oko 40 m, a na stupu Splitska Vrata više od 80 m. Najgornji dio formacije Milna je na stupu Kupinova sinsedimentacijski poremećen. Peritajdalni laminiti su u donjem dijelu tog stupa slampirani, s nejasnim južnim vergencijama decimetarskih slampova, slično kao na južnom krilu antiklinale kod Milne (PRTOLJAN et al., 2007). U vršnom dijelu su decimetarski do metarski paketi laminita kaotično slampirani i "izmješani" s intraformacijskim karbonatnim brečama. Kalcisferski vekston-pekston u matriksu, plastiklastima i neptunskim dajkovima, koji dopiru do podine laminita (hondrodontno-radiolitidne litosome), ukazuje na ekstenzijsku tektoniku i pretaloživanje nakon taloženja prvih kalcisferskih muljeva tijekom preplavljivanja platforme. Kontakt s dobro uslojenim krovinskim naslagama formacije Sveti Duh je oštar. Slijed naslaga formacije Sveti Duh je monoton, obilježen sporadičnim pojavama onkoida na stupu Kupinova i nekoliko horizonata rožnjačkih nodula u gornjem dijelu stupa Splitska Vrata. Te naslage taložene su tijekom oceanskog anoksičnog događaja 2 (OAE-2), što je potvrđeno kemostratigrafskom korelacijom s referentnim stupom Eastbourne u Engleskoj (JARVIS et al., 2006; PEARCE et al., 2009). U gornjem dijelu nalazimo metarske intervale bioklastičnih pekston-radstona s džepovima kalcisferskih vekstona u međuzrnskom prostoru. Slabljenje pelagičkog utjecaja obilježeno je pojavama plitkovodnih algi te radiolitida u položaju rasta, pa su te naslage pripisane formaciji Gornji Humac. Na njima još u kontinuitetu slijede masivni do debeloslojeviti bioklastični vapnenci s nejasnom kosom slojevitošću, koja sugerira migraciju visokoenergijskih okoliša.

Izotopni zapisi $\delta^{13}C$ iz oba istražena stupa pokazuju značajan otklon prema pozitivnim vrijednostima (+4 do +5‰ VPDB) koje obilježavaju utjecaj OAE-2 na platformi. Budući da su unutar tog intervala naslage potopljene platforme taložene u dobro oksičnim uvjetima, anoksični uvjeti u kojima su taložene istodobne bazenske naslage, tzv. "crni

šejlovi", najvjerojatnije nisu dosezali vršne dijelove vodene mase koja je preplavljivala platformu.

Dokumentirana razlika u debljini naslaga formacije Sveti Duh moguća je posljedica triju superponiranih mehanizama: 1) dijakronog preplavljivanja neravne platformne topografije, 2) lokalnog pretaloživanja dijela već istaloženih naslaga gravitacijskim tokovima (što ukazuje na povećanu nestabilnost uslijed diferencijalne sinsedimentacijske tektonike i usporene sedimentacije na preplavljenoj platformi), te 3) migracije rubnih okoliša (prudova/podvodnih dina) tijekom ponovnog uspostavljanja peritajdalnih uvjeta i zapunjavanja taložnog prostora stvorenog na potopljenoj platformi (cf. TIŠLJAR et al., 1998; KORBAR et al., 2001, 2009).

LITERATURA

DAVEY, S.D. & JENKYNS, H.C. (1999): Carbon-isotope stratigraphy of shallow-water limestones and implications for the timing of Late Cretaceous sea-level rise and anoxic events (Cenomanian-Turonian of the peri-Adriatic carbonate platform, Croatia).– Eclogae geol. Helv., 92, 163–170.

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 str., Zagreb.

GUŠIĆ, I. & JELASKA, V. (1993): Upper Cenomanian-Lower Turonian sea-level rise and its consequences on the Adriatic-Dinaric carbonate platform.– Geol. Rundsch., 82/4, 676–686, Stuttgart.

JARVIS, I., GALE, A.S., JENKYNS, H.C. & PEARCE, M.A. (2006): Secular variation in Late Cretaceous carbon isotopes: a new $\delta^{13}C$ carbonate reference curve for the Cenomanian-Campanian (99.6–70.6 Ma).– Geological Magazine, 143/5, 561–608.

KORBAR, T., GLUMAC, B., CVETKO TEŠOVIĆ, B. & CADIEUX, S.B. (2009): Dynamics of carbonate deposition on the Adriatic platform during the Cenomanian-Turonian drowning and the OAE-2: a case study from the island of Brač (Dalmatia, Croatia).– 27th Meeting of Sedimentologists, IAS Alghero (Sardinia), Abstract book.

KORBAR, T., FUČEK, L., HUSINEC, A., VLAHOVIĆ, I., OŠTRIĆ, N., MATIČEC, D. & JELASKA, V. (2001): Cenomanian Carbonate Facies and Rudists along Shallow Intraplatform Basin Margin – the Island of Cres (Adriatic Sea, Croatia).– Facies, 45, 39–58.

PEARCE, M.A., JARVIS, I. & TOCHER, B.A. (2009): The Cenomanian-Turonian event, OAE2 and palaeoenvironmental change in epicontinental seas: New insights from the dinocyst and geochemical records.– Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 280, 207–234.

PRTOLJAN, B., JAMIČIĆ, D., CVETKO TEŠOVIĆ, B., KRATKOVIĆ, I. & MARKULIN, Ž. (2007): The influence of Late Cretaceous synsedimentary deformation on the Cenozoic structuration of the middle Adriatic, Croatia.– Geodinamica Acta, 20/5, 287–300.

SCHLANGER, S.O., ARTHUR, M.A., JENKYNS, H.C. & SCHOLLE, P.A. (1987): The Cenomanian-Turonian oceanic anoxic event, I. Stratigraphy and distribution of organic carbon-rich beds and the marine $\delta^{13}C$ excursion.– In: BROOKS, J. & FLEET, A.J. (eds.): Marine Petroleum Source Rocks: Geological Society of London, Special Publication, 26, 371–400.

TIŠLJAR, J., VLAHOVIĆ, I., VELIĆ, I., MATIČEC, D. & ROBSON, J. (1998): Carbonate Facies Evolution from the Late Albian to Middle Cenomanian in Southern Istria (Croatia): Influence of Synsedimentary Tectonics and Extensive Organic Carbonate Production.– Facies, 38, 137–152.

Miocenski palinološki zapis bušotine Dravica-1

Miocene palynologic record of Dravica-1 well

Krešimir Krizmanić & Dražen Brajković

INA – Industrija nafte d.d., Exploration & Production BD, Field Engineering & Operations Sector, E&P Research Laboratory Department, Lovinčićeva bb, Zagreb, Croatia

Ključne riječi: palinološke analize, pelud, spore, dinoflagelate, miocen, Paratethys, Dravska potolina
Key words: palynologic analyses, pollen, spores, dinoflagellates, Miocene, Paratethys, Drava basin

Na temelju rezultata analiza fosilne peludi, spora, cisti dinoflagelata, zelenih alga i ostalih palinomorfi, palinološki je interpretirana istražna bušotina Dravica-1. Bušotina je locirana u hrvatskom dijelu Dravske potoline a probušila je naslage od 0 do 3500 m.

U intervalu od 3500 do 3255 m je matriks potporni brečokonglomerat uglavnom sastavljen od karbonatnih fragmenata stijena uklopljenih u siltozno-pjeskoviti karbonatni mulj. Materijal je transportiran gravitacijskim tokom (debris flow) i taložen kao deltna lepeza (gornji dio delte). Fosili su rijetki. Nema marinskih foraminifera ni dinoflagelata. Miocenska (donji-srednji miocen) starost je pretpostavljena na temelju superpozicije i određenih vrsta peludnih zrna (*Engelhardtioidites quietus*, *Myricipites coryphaeus, Myricipites microcoryphaeus*, *Inaperturopollenites concedipites*). Taloženje se odvijalo u kontinentalnom (fluvijalnom?) okolišu, ili (kad je prisutna zelena alga *Botryococcus braunii*) u proksimalnom, plićem, zaštićenom marinskom okolišu s jakim slatkovodnim utjecajem.

U intervalu od 3255 do 2890 m su različite krupnoklastične naslage badenske starosti.

Od 3255 do 3190 m su polimiktni brečokonglomerati s pjeskovito hematitno/limonitnim matriksom. Prisutne su zelene alge *Botryococcus braunii*, te različita zrna peludi i spora među kojima su: *Myricipites bituitus, Laevigatosporites* sp*., Sequoiapollenites* sp. i *Engelhardtioidites* sp. Dinociste nisu nađene. Sporomorfe upućuju na miocensku starost. Naslage su nastale u plićem i proksimalnijem i okolišu (puno peluda i spora, nema dinocisti) uz utjecaj i dotok slatke vode.

Od 3190 do 3150 m slijedi izmjena klast i matriks potpornog dolomitnog konglomerata, konglomeratičnog litoarenita i pjeskovitog siltita. Uz bentičke marinske foraminifere, utvrđene konvencionalnim mikropaleontološkim metodama, uočena je i bogata palinološka zajednica. Prisutne su spore gljiva, rijetke horatne dinociste, zelene alge *Botryococcus brauni*, te razne spore i pelud od kojih su najznačajnije: *Leiotriletes wolffi*, *Laevigatosporites gracilis*, *Taxodiaceaepollenites concedipites*, *Sapotaceoidaepollenites* sp., *Nyssapollenites kruschi, Engelhardtioidites quietus*, *Myricipites* div. sp., *Alnipollenites verus, Sequoiapollenites* sp., *Carpinipites carpinoides* i *Caryapollenites simplex*. Sedimenti su nastajali u marinskim plićacima (unutarnji šelf) uz jak utjecaj s kopna (alga *Botryococcus braunii* ukazuje na oslađeni okoliš) i uz povremeno produbljavanje.

Od 3150 do 3085 m su polimiktni konglomerati do brečokonglomerati, litoareniti do siltiti (konglomeratični, fosiliferni) i pjeskoviti fosiliferni lapori. Utvrđene su brojne planktonske foraminifere, te rijetke bentičke vrste. U palinofacijesu su, uz zelene alge *Botryococcus braunii*, uočene slijedeće dinociste: *Cribroperidinium* sp., *Polysphaeridium zoharyi*, *Spiniferites* sp., *Impagidinium* sp., *Systematophora* sp. i *Palaeocystodinium* sp. Sporomorfe su zastupljene raznim sporama i peludnim zrncima (primjerice *Momipites punctatus*, *Cupresaccites* sp.). Sedimentacija se odvijala u dubljem i distalnijem marinskom okolišu (padina) ali uz značajan fluvijalni utjecaj.

Od 3085 do 2890 m su zastupljeni polimiktni konglomerati, kalkarenacejski pješčenjaci i siltozno-pjeskoviti fosiliferni lapori s izmijenjenim andezit-bazaltom. Mikropaleontološkim analizama su oučene brojne planktonske foraminifere, rjeđe bentičke foraminifere, ostaci briozoa i crvenih algi. U palinološkim preparatima su uočene alge Botryococcus braunii*, malo* peludi (*Taxodiaceaepollenites* sp.) i spora (*Radialisporis radiatus*), te brojne dinociste (*Lingulodinium* sp., *Systematophora* sp., *Spiniferites pseudofurcatus*, *Operculodinium* sp., *Impagidinium patulum, Nematosphaeropsis* sp., *Batiacasphaera sphaerica*, *Polysphaeridium* sp., itd.). Zajednica dinoflagelata potvrđuje badensku starost sedimenata koji su nastajali u dubljem i distalnijem marinskom okolišu (padina).

Nedostatak fosilnih zajednica sarmata i najdonjeg panona omogućuje pretpostavku o hijatusu između badena i gornjeg dijela donjeg panona u trajanju od nekoliko milijuna godina.

U intervalu od 2890 do 2805 m su kalcitom bogati lapori s laminama litoarenita. Istovjetni su kronostratigrafski i pripadaju panonu, no biostratigrafski su različiti i podijeljeni prema biozonaciji dinocisti za Paratethys (SÜTŐ-SZENTAI, 1988; LUČIĆ et al., 2001; BAKRAČ, 2005).

Naslage od 2890 do 2880 m su na temelju utvrđenih vrsta dinocisti, a poglavito vrsta *Spiniferites bentori* i *Spiniferites bentori pannonicus* pridružene glavnoj dinoflagelatnoj biozoni, *Spiniferites bentori*, zoni *Spiniferites bentori pannonicus* znakovitoj za gornji dio donjeg panona. Nisu utvrđeni sedimenti najdonje panonske zone *Mecsekia ultima*. Paleookoliš je bio brakičan (oslađen) i razmjerno proksimalan (ne preblizu obali).

Od 2880 do 2845 m naslage također pripadaju glavnoj zoni *Spiniferites bentori*, ali zoni *Spiniferites bentori oblongus*, zoni donjeg dijela gornjeg panona, a nastale su u (oslađenom) brakičnom (ili slatkovodnom) okolišu oko granice proksimalnog i distalnog prostora.

Od 2845 do 2805 m naslage još uvijek pripadaju glavnoj zoni *Spiniferites bentori*, ali podzoni *Pontiadinium pecsvaradensis*, zoni gornjeg dijela gornjeg panona, a nastale su u (oslađenom) brakičnom (ili slatkovodnom) nešto distalnijem i dubljem okolišu.

U intervalu od 2805 do 1150 m su klastični jezerski sedimenti pontske starosti s brojnim vrstama cisti dinoflagelata i ostacima zelenih slatkovodnih algi od kojih su najčešće *Spirogyra* sp., *Pediastrum boryanum* i *Pediastrum simplex*.

Sedimenti karakterizirani izmjenom siltoznog do pjeskovitog lapora, sitnozrnastog litoarenita i siltita od 2805 do 2660 m, te izmjenom grauvaka do konglomeratičnih grauvaka, glinovito-siltoznih lapora i siltita od 2660 do 2005 m, prema biozonaciji dinocista spadaju u glavnu zonu *Spiniferites balcanica*, i to u donjopontsku zonu *Spiniferites bentori coniunctus, Spiniferites paradoxus* zone. Nastajali su u distalnijem i dubljem jezerskom (slatkovodnom) okolišu.

Od 2005 do 1150 m su siltozni, pjeskoviti i glinoviti lapori s lećama i/ili laminama vrlo sitnozrnastih do sitnozrnastih, povremeno srednjezrnastih litoarenita, siltita i mjestimice ugljena. Prema biozonaciji dinocista stijene iz ovog intervala još uvijek spadaju u glavnu pontsku zonu *Spiniferites balcanica*, ali u gornjopontsku zonu *Spiniferites validus, Galeacysta etrucsca*. Nastale su u proksimalnijem ali dovoljno dubokom jezerskom (slatkovodnom) okolišu pogodnom za život bogate zajednice dinoflagelata, no uz jak terigeni utjecaj.

U intervalu od 1150 do 0 m su fino do srednjezrnasti pliocenski pijesci, šljunak, mjestimice ugljen i glina. U palinofacijesu su utvrđeni ostaci različitih slatkovodnih algi kao što su *Mougeotia letevirens*, Botryococcus braunii, *Pediastrum boryanum*, *Pediastrum simplex* i *Spirogyra* sp.. Sporomorfe su brojne, a među različitim triporatnim, inaperturatnim, bisakatnim i drugim tipovima peluda, određene su vrste *Graminidites gramineoides*, *Alnipollenites verus* i *Tsugaepollenites* sp.. Manje je dinociste, uglavnom iz roda *Pontiadinium*. Sedimenti su nastali u proksimalnom i plićem slatkovodnom okolišu s povremenim produbljavanjem sedimentacijskog prostora.

LITERATURA

BAKRAČ, K. (2005): Palinološka karakterizacija naslaga srednjeg i gornjeg miocena jugozapadnog dijela panonskog bazena.– Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, PMF, 1–173, tab 17, Zagreb.

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, (2001) 133–147, Elsevier, Amsterdam.

SÜTÕ-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.

Evolutionary history of the Miocene Dinaride Lake System

Geodinamika i evolucija miocenskog Dinarskog jezerskog sustava

Oleg Mandic[1], Arjan de Leeuw[2], Mathias Harzhauser[1], Wout Krijgsman[2], Davor Pavelić[3] & Hazim Hrvatović[4]

[1]Department of Geology & Palaeontology, The Natural History Museum Vienna, Burgring 7, 1010 Wien, Austria (oleg.mandic@nhm-wien.ac.at)

[2]Paleomagnetic Laboratory "Fort Hoofddijk", Utrecht University, Budapestlaan 4, 3584 CD, Utrecht, Nizozemska

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

[4]Federalni Zavod za Geologiju – Sarajevo, Ustanička 11, 71 210 Ilidža, Bosna i Hercegovina

Key words: long-lived lakes, basin evolution, stratigraphy, fresh water mollusks, Croatia, Bosnia and Herzegovina
Ključne riječi: dugoživuća jezera, evolucija bazena, stratigrafija, slatkovodni mekušci, Hrvatska, Bosna i Hercegovina

The long-lived Dinaride Lake System (DLS) was a vast lacustrine environment covering an area of up to 75,000 square kilometer in today southeastern Europe (MANDIĆ et al., 2009). It occupied multiple tectonic depressions within the Dinaride mountain chain and was thus located at a crucial geographic position between the Central Paratethys and early Mediterranean Sea. While the richly preserved mollusks of the Dinaride Basins provide an impressive example of mollusk radiation, the strictly endemic character of these mollusks inhibits straightforward biostratigraphic correlation with regions outside the DLS. Until recently, the age of the lacustrine deposits therefore remained enigmatic. Good constraints can, however, be obtained using magnetostratigraphic, cyclostratigraphic and radiometric dating techniques. While the geodynamic evolution and paleogeographic history of the region are currently still prone to speculation, an absolute timescale and good correlations between the different basins provide better insight in the space-time evolution of the Neogene DLS and the timing and mechanism of basin formation. Moreover, they are essential for the interpretation of mollusk speciation and radiation rates as well as evolutionary modes.

The conducted integrative research allowed now for a very first time the definition of exact chronology and paleogeographic setting for different DLS basins. That result provided a complete new insight into the evolutionary history of a unique mollusk fauna originating from that fresh-water setting. The investigations were carried out in Croatia and Bosnia and Herzegovina, where corresponding lacustrine deposits crops out in tectonic depressions of Dinaric Alps or on isolated hills of the southern Pannonian basin. Our geophysical and geochemical measurements enabled the exact age calculations delimiting the Dinaride Lake System duration to a time interval of about 5 m.y. during Early to Middle Miocene (JIMÉNEZ-MORENO et al., 2009, LEEUW et al., 2010). Apparent time correlation with the initial tectonic rifting of the Pannonian basin pinpointed the geodynamics for most important factor controlling the origin and geologic history of these striking lakes. Furthermore the lake deposition coincided largely with the highest Miocene concentration of greenhouse gases in Earth's atmosphere during the Middle Miocene Climate Optimum (JIMÉNEZ-MORENO et al., 2008). Consequently the immense coal deposits mined in many lacustrine basins of Bosnia and Herzegovina and representing the crucial national energy resource can therefore be largely considered as product of that Miocene global warming event.

The mollusks inhabiting the Dinaride Lake System include about 200 species. Most of them are known exclusively from this region apparently originated through autochthonous evolutionary processes. Our results demonstrate clearly that such outstandingly high diversities represent the combined effect of autochthonous evolution through speciation in a long-lived system and accumulation of inhered elements from previous phases. The significant environmental stress introducing the evolutionary pulses is marked by enhanced morphological variation reflecting the initiation of speciation through adaptation processes.

Moreover Dinaride Lake System mollusks show some striking morphological convergence to much better known fauna of the Late Miocene Lake Pannon. Our results now definitely excludes their coeval occurrence what makes this characterization still more striking. Adaptation to similar habitats under stable environmental conditions over hundred thousands or even million of years can apparently lead the morphological adaptation in identical direction and result consequently in similar organism shapes also in not directly related lines (HARZHAUSER & MANDIC, 2008, 2009).

Finally the present investigation pinpointed previously unknown faunistic gradient in the Dinaride Lake System dividing it into taxonomically richer and more evolutionary advanced southern part facing the less advanced and taxonomically poorer northern part. First our data could prove the coexistence of these regions earlier considered for being differently old (ĆORIĆ et al., 2009). About the cause for that

phenomenon such as water shed or climatic gradient can only be speculated before new data become available from subsequent investigations.

The study was conducted in the frame of the Austrian FWF Project P18519-B17: "Mollusk evolution of the Miocene Dinaride Lake System", the Croatian MZOS project: "Neogene terrestrial environments of the Pannonian basin and the karst region" and was furthermore supported by Dutch ISES and NWO.

REFERENCES

ĆORIĆ, S., PAVELIĆ, D., RÖGL, F., MANDIC, O., VRABAC, S., AVANIĆ, R., JERKOVIĆ, L. & VRANJKOVIĆ, A. (2009): Revised Middle Miocene datum for initial marine flooding of North Croatian Basins (Pannonian Basin System, Central Paratethys).– Geologia Croatica, 62, 31–43.

LEEUW, A. DE, MANDIC, O., VRANJKOVIĆ, A., PAVELIĆ, D., HARZHAUSER, M., KRIJGSMAN, W. & KUIPER, K.F. (2010): Chronology and integrated stratigraphy of the Miocene Sinj Basin (Dinaride Lake System, Croatia).– Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, doi:10.1016/j.palaeo.2010.03.040

HARZHAUSER, M. & MANDIC, O. (2008): Neogene lake systems of Central and South-Eastern Europe: Faunal diversity, gradients and interrelations.– Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 260, 417–434.

HARZHAUSER, M. & MANDIC, O. (2009): Neogene dreissenids in Central Europe: evolutionary shifts and diversity changes. Chapter 2.– In: Van der VELDE, G., RAJAGOPAL, S. & bij de VAATE, A. (eds.): The Zebra Mussel in Europe. Backhuys Publishers, Leiden/Margraf Publishers, 11–29, Weikersheim.

JIMÉNEZ-MORENO, G., DE LEEUW, A., MANDIC, O., HARZHAUSER, M., PAVELIĆ, D., KRIJGSMAN, W. &, VRANJKOVIĆ, A. (2009): Integrated stratigraphy of the early Miocene lacustrine deposits of Pag Island (SW Croatia): palaeovegetation and environmental changes in the Dinaride Lake System.– Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 280, 193–206.

JIMÉNEZ-MORENO, G., MANDIC, O., HARZHAUSER, M., PAVELIĆ, D. & VRANJKOVIĆ, A. (2008): Vegetation and climate dynamics during the early Middle Miocene from Lake Sinj (Dinaride Lake System, SE Croatia).– Review of Palaeobotany and Palynology, 280, 193–206.

MANDIC, O., PAVELIĆ, D., HARZHAUSER, M., ZUPANIĆ, J., REISCHENBACHER, D., SACHSENHOFER, R.F., TADEJ, N. & VRANJKOVIĆ, A. (2009): Depositional history of the Miocene Lake Sinj (Dinaride Lake System, Croatia): a long-lived hard-water lake in a pull-apart tectonic setting.– Journal of Paleolimnology, 41, 431–452.

Miocene climate change and global warming in the long-lived Lake Gacko

Zapis klimatskih promjena i globalnog zatopljenja u miocenu Gatačkog bazena

Oleg Mandic[1], Arjan de Leeuw[2], Boško Vuković[3], Wout Krijgsman[2], Mathias Harzhauser[1] & Klaudia F. Kuiper[4]

[1]Department of Geology & Palaeontology, The Natural History Museum Vienna, Burgring 7, 1010 Wien, Austria (oleg.mandic@nhm-wien.ac.at)

[2]Paleomagnetic Laboratory "Fort Hoofddijk", Utrecht University, Budapestlaan 4, 3584 CD, Utrecht, Nizozemska

[3]Rudnik i Termoelektrana Gacko, Elektroprivreda Republike Srpske, Industrijska zona bb, 89240 Gacko, Bosna i Hercegovina

[4]Isotope Geochemistry, Vrije Universiteit Amsterdam, De Boelelaan 1085, 1081 HV Amsterdam, Nizozemska

Key words: climate change, long-lived paleo-lakes, basin evolution, sedimentology, cyclostratigraphy, Bosnia and Herzegovina
Ključne riječi: klimatske promjene, dugoživuća jezera, evolucija bazena, sedimentologija, ciklostratigrafija, Bosna i Hercegovina

The Dinaride-Anatolian Island acted in the Middle Miocene as a major paleogeographic barrier between the Paratethys and the proto-Mediterranean Sea. The western part of the land mass comprised huge freshwater lacustrine environment named as Dinaride Lake System. Deposits of those lakes represent today sedimentary infills of numerous intra-mountainous basins. They are distributed throughout the Dinaric Alps, attaining thicknesses greater than 2000 m. The lignite seams common in those basins are of crucial economic interest, especially in Bosnia and Herzegovina where numerous power plants depend on their availability. Our present study deals with the Gacko basin in eastern Bosnia and Herzegovina. Its infill is about 360 m thick. The architecture of that sedimentary series can be interpreted as a single, lacustrine transgression-regression mega-cycle. The sedimentation started with detritic deposition representing the initial flooding of the basin. The subsequent coal building phase marks the installation of swamp conditions, passing upward into limestones originating from hard-water lake deposition. Subsequently, dropping water levels triggered again the swamp and mire conditions in the terminal phase of the Lake Gacko.

Huge outcrop at Gračanica opencast coal-mine provided excellent insight into lake deposition on basin's paleo-margin. Results from integrated Ar/Ar geochronology and magnetostratigraphy fixed the age of the lacustrine deposition into Langhian and Badenian implying its relation with the Middle Miocene Climatic Optimum (MANDIC et al., 2010). Furthermore, results from sediment petrography, geophysical logging and mollusk paleoecology indicated vivid changes of regional water budget. Indeed, the cyclostratigraphic analysis revealed the presence of two first order and seven second order transgression-regression cycles. These were orbitally tuned to ~400-kyr and ~100-kyr eccentricity cycles. The lake level high-stands were thereby related to eccentricity maxima, accompanied by environmental eutrophication events in consequence to enhanced denudation and terrestrial input into the basin. Dry climate intervals became related to ~400-kyr eccentricity minima. In the lower part of the succession they resulted in iterative swamp forest extension reflected by vast lignite accumulations. In the upper part of the succession they resulted, in contrast, in pedogenic and palustrine carbonate accumulation, secondarily distributed across the basin's margin.

REFERENCES

MANDIC, O., DE LEEUW, A., VUKOVIĆ, B., KRIJGSMAN, W., HARZHAUSER, M. & KUIPER, K.F. (2010, submitted): Palaeoenvironmental evolution of Lake Gacko (NE Bosnia and Herzegovina): impact of the Middle Miocene Climatic Optimum on the Dinaride Lake System.– Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology.

Subaerial exposure surfaces recorded in shallow-marine Lower Jurassic platform carbonates on Velebit Mt., Croatia

Emerzijske površine zabilježene u plitkomorskim donjojurskim platformnim karbonatima Velebita

Maja Martinuš[1], Duje Kukoč[2] & Damir Bucković[1]

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

[2]Ivan Rakovec Institute of Palaentology, Scientific Research Centre of the Slovenian Academy of Sciences and Arts, Novi trg 2, 1 000 Ljubljana, Slovenia

Key words: subaerial exposure surfaces, Velebit Mt., Early Jurassic
Ključne riječi: emerzijske površine, Velebit, donja jura

Surfaces showing evidence of exposure to subaerial conditions are frequent in particular parts of shallow-marine Adriatic-Dinaridic carbonate platform succession formed during Early Jurassic. Most of these surfaces represent hiatuses below biostratigraphic resolution and detailed sedimentologic and diagenetic study is needed to distinguish these small scale discontinuities from simple bedding planes and evaluate the environmental change involved (CLARI et al., 1995; HILLGÄRTNER, 1998).

During Early Jurassic Adriatic-Dinaridic carbonate platform (ADCP) was a carbonate ramp with extensive shallow inner-ramp environments (ČRNE & GORIČAN, 2008), the area that small sea-level changes will mostly affect and therefore has the greatest potential to record environmental changes. Two sections of Lower Jurassic carbonate succession, that belonged to the inner part of the ADCP, were studied in detail on a centimeter scale. Both sections are situated in the Velebit Mt. area – Kubus (82 m thick) and Mali Alan (83 m thick). Today, these localities are 50 km apart. The under- and overlying rocks of each bedding plane and rocks from the bedding planes itself were studied and detailed bed-by-bed logs recording stratigraphical data, sedimentary structures and textures obtained from field and laboratory investigations are made. Altogether 242 thin sections were made and analyzed under the microscope to determine microfossil content and depositional facies. A correlation of the two sections is based on facies architecture (both logs show arrangement of facies change into shallowing- and coarsening-upward cycles (BUCKOVIĆ et al. (2001)), biostratigraphy, exposure surfaces and one bed marker, which enabled correlation of the two sections on a bed level.

Combining data collected in the field with microfacies analysis from thin sections, three types of surfaces containing features of diagenesis in subaerial conditions are observed and classificated sensu HILLGÄRTNER (1998): i) Paleosols are recognized as emersion surfaces showing pedogenic features. In the field, these surfaces are of irregular relief, often show brecciated appearance due to the dissolution processes and rhizoturbation during exposure. Contact with the next bed is mostly sharp because of the erosion during the following marine flooding. The alteration of limestones is seen as reworked lithoclasts within brownish yellow clayey calcareous matrix. Microfacies analysis reveals circumgranular cracking, solution vugs, root-related structures and nodular texture. ii) Exposure surfaces showing fenestral fabric, sheet cracks, birdseyes, circumgranular and desiccation cracks (seen in the field, as well as in thin sections), i.e. diagenetic features that are result of repeated sediment drying and wetting in subaerial conditions are called inter- to supra-tidal hardgrounds (HG). Occasionally, upper bedding planes show strong reddish-brown staining by aluminium and iron oxides (possibly limonite and hematite) pointing to oxidation during subaerial exposure, but the possibility that this alteration is due to the outcrop weathering has to be taken into account. iii) Bedding surfaces showing meteoric influence visible in thin sections as recrystallization of skeletal and nonskeletal particles and cements are called diagenetic discontinuities.

Recorded logs are of Middle Sinemurian to Early Carixian age (FADs of *Lituosepta recoarensis* CATI, *Orbitopsella primaeva* HENSON and *Orbitopsella praecursor* GÜMBEL are identified) (VELIĆ, 2007). Deposits of Middle to Late Sinemurian age show little evidence of subaerial diagenesis: rare diagenetic DSs and inter- to supra-tidal HGs are observed at both localities. Succession of Late Sinemurian age contains several significant paleosols at Mali Alan which are well correlated with contemporaneous exposure surfaces (inter- to supra-tidal HGs and paleosols) at Kubus locality. Several diagenetic DSs and inter- to supra-tidal HGs are recorded at both localities in deposits belonging to Latest Sinemurian to Earliest Carixian.

Three types of exposure surfaces are differentiated. They indicate periods of generally shorter-lived supratidal regime, but compared to each other, paleosols and inter- to supra-tidal HGs point to relativelly longer exposure in respect to diagenetic DSs. Late Sinemurian is determined as the time of the most significant and frequent exposures of the studied part of the inner platform area. Interval with the most prominent exposure features extends laterally over 50 km and shows that recognition of exposures can be useful in correlation of shallow-marine platform strata and obtaining additional informations of platform evolution. Repeated periods of generally shorter-lived supratidal regime may be related to a single regressive event that occured in the studied area, but to confirm this presumption, study of a wider platform area of the ADCP is required.

REFERENCES

BUCKOVIĆ, D., JELASKA, V. & CVETKO TEŠOVIĆ, B. (2001): Facies Variability in Lower Liassic Carbonate Successions of the Western Dinarides (Croatia).– Facies, 44, 151–162.

CLARI, P.A., DELA PIERRE, F. & MARTIRE, L. (1995): Discontinuities in carbonate succession: identification, interpretation and classification of some Italian examples.– Sedimentary Geology, 100, 319–341.

ČRNE, A.E. & GORIČAN, Š. (2008): The Dinaric Carbonate Platform margin in the Early Jurassic: a comparison between successions in Slovenia and Montenegro.– Boll. Soc. Geol. It., 127/2, 389–405.

HILLGÄRTNER, H. (1998): Discontinuity surfaces on a shallow-marine carbonate platform (Berriasian, Valanginian, France and Switzerland).– J. of Sed. Res., 68, 1093–1108.

VELIĆ, I. (2007): Stratigraphy and Palaeobiogeography of Mesozoic Benthic Foraminifera of the Karst Dinarides (SE Europe).– Geol. Croatica, 60/1, 1–113, Zagreb.

Miocenski do gornjopleistocenski proboscidi Hrvatske

Miocene to Upper Pleistocene proboscids in Croatia

Jadranka Mauch Lenardić

Zavod za paleontologiju i geologiju kvartara Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti, Ante Kovačića 5, 10 000 Zagreb, Hrvatska (jml@hazu.hr)

Ključne riječi: miocen, pliocen, pleistocen, proboscidi, Hrvatska
Key words: Miocene, Pliocene, Pleistocene, proboscids, Croatia

U Hrvatskoj su na više od 90 nalazišta pronađeni skeletni ostatci proboscida (red Proboscidea ILLIGER, 1811; hrv. = rilaši). Većinom su to zubi, a nešto rjeđe i fragmentirane kosti. Osim sporadičnih *in situ* nalaza, fosilni ostatci rilaša potječu iz naplavina naših velikih rijeka: Save, Drave, Dunava i njihovih pritoka. Stariji nalazi (miocenski, pliocenski, donjo- i srednjopleistocenski) znatno su rjeđi od gornjopleistocenskih. Determinirane su sljedeće vrste (taksonomski nazivi dinoterija i mastodona preuzeti su kako su navedeni u originalnim radovima): *Dinotherium giganteum* KAUP, 1829, *Prodeinotherium bavaricum* (VON MEYER, 1831), *Mastodon* (*Anancus*) *arvernensis* CROIZET & JOBERT, 1828, *Mastodon borsoni* (HAYS, 1834), *Mastodon* (*Bunolophodon*) *grandincisivus* SCHLESINGER, 1917, *Mastodon* (*Bunolophodon*) *angustidens* CUVIER, 1817, *Mastodon* (*Zygolophodon*) *tapiroides* CUVIER, 1824, *Mammuthus meridionalis* NESTI, 1825, *M. trogontherii* (POHLIG, 1881), *M. primigenius* (BLUMENBACH, 1799) i *Elephas* (*Palaeoloxodon*) *antiquus* (FALCONER & CAUTLEY, 1847) (GORJANOVIĆ-KRAMBERGER, 1884, 1912, MALEZ, 1960a, 1960b, 1965, MALEZ & LENARDIĆ-FABIĆ, 1988, LENARDIĆ-FABIĆ, 1989, LENARDIĆ, 1991, 1994, RADOVČIĆ & MAJIĆ, 2002).

Još 1884. godine GORJANOVIĆ-KRAMBERGER piše o fosilnim proboscidima Hrvatske, navodeći i podatke iz ranije objavljenog rada (FUCHS, 1879) o ostatcima mastodona iz Bribira (*Mastodon borsoni*), kao i podatke o zubima vrste *M. arvernensis* iz Podvinja koje je u paludinskim naslagama pronašao Đuro Pilar, a objavio u svojoj raspravi NEUMAYR (1879; preuzeto iz: GORJANOVIĆ-KRAMBERGER, 1884).

U Europi, pa i u Hrvatskoj, oskudni su nalazi gornjotercijarnih rilaša, osobito gomfoterija (mastodona) i dinoterija. U srednjo- do gornjomiocenskim naslagama (Mursko Središće) nađene su vrste *Mastodon* (*Bunolophodon*) *angustidens* i *Mastodon* (*Zygolophodon*) *tapiroides* (MALEZ, 1960a). Dinoteriji su determinirani u donjopliocenskim sedimentima Marije Gorice kod Brdovca (*Dinotherium giganteum*; GORJANOVIĆ-KRAMBERGER, 1912) i gornjokarpatskim i donjobadenskim naslagama Gornje Jelenske na Moslavačkoj gori (*Prodeinotherium bavaricum*; RADOVČIĆ & MAJIĆ, 2002). Malobrojni su i fosilni ostatci donjo- i srednjopleistocenskih mamuta i slonova (*Mammuthus meridionalis*, *M. trogontherii* i *Palaeoloxodon antiquus*). Na prostorima Euroazije tijekom gornjeg pleistocena dominantan je bio vunasti mamut (*Mammuthus primigenius*), pa su njegovi ostatci na našim lokalitetima i najučestaliji.

Jedinstveni nalazi iz Hrvatske su dva zuba mastodona iste individue (*Gomphotherium angustidens*; lijevi i desni zadnji kutnjak), pronađeni 1962. godine u gornjopliocenskim pijescima u Dugom Selu. Također su zanimljivi nalazi s dna Jadranskog mora: gornji desni zadnji kutnjak i bedrena kost izvađeni kočom između otoka Raba i otočića Laganj, određeni kao nova podvrsta *Mammuthus meridionalis adriacus* n. ssp. (MALEZ & LENARDIĆ-FABIĆ, 1988). U pripremi je revizija ovih fosilnih nalaza. Također kočarenjem kod otoka Raba pronađen je dio donje čeljusti s trećim zadnjim kutnjakom vrste *Palaeoloxodon antiquus* (VAN ESSEN, osobno priopćenje). Nedavno su u jami Vrtare male kod Dramlja (BRAJKOVIĆ et al., 2006) otkriveni skeletni ostatci elefantida, koji još nisu specifički određeni. Do sada jedinstven nalaz s područja Hrvatske je i drugi mliječni zub vunastog mamuta iz Podravine (iz zbirke Cugovčan; MAUCH LENARDIĆ, neobjavljeni podaci).

Mnogobrojni fosilni ostatci proboscida dokaz su života i/ili migracija pripadnika ove skupine životinja na prostoru današnje Hrvatske tijekom dugog vremenskog perioda od miocena do kraja gornjeg pleistocena.

LITERATURA

BRAJKOVIĆ, D., MARJANAC, LJ., MAUCH LENARDIĆ, J. & JALŽIĆ, B. (2006): Istraživanja jame Vrtare male (Dramalj), Izvješće za 2006. godinu.– Elaborat Zavoda za paleontologiju i geologiju kvartara Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti, Zagreb, 25 str.

GORJANOVIĆ-KRAMBERGER, D. (1884): Fosilni sisari Hrvatske, Slavonije i Dalmacije.– Rad Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti, 69, 60–95, Zagreb.

GORJANOVIĆ-KRAMBERGER, D. (1912): Fosilni proboscidi Hrvatske i Slavonije.– Djela Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti, 21, 3–23, Zagreb.

LENARDIĆ, J. (1991): Kranijalni dijelovi, mandibule i izolirani zubi pleistocenskih slonova s raznih lokaliteta Hrvatske i Vojvodine.– Geol. vjesnik, 44, 15–29, Zagreb.

LENARDIĆ, J. (1994): Description and morphometric analysis of the Mammuthus armeniacus (FALCONER) skull from Slavonski Brod (Croatia).– Geol. Croatica, 47/2, 157–166, Zagreb.

LENARDIĆ-FABIĆ, J. (1989): Pleistocenski elefantidi Hrvatske.– Magistarski rad (neobjavljen), Sveučilište u Zagreb, 146 str.

MALEZ, M. (1960a): Die ersten fossilen Säugetiere in den Tertiärschichten des Medjimurje.– Bulletin Scientifique, 5/2, 40–41, Zagreb.

MALEZ, M. (1960b): Erster Fund des Südelefanten (Archidiskodon meridionalis Nesti) in Jugoslawien.– Bulletin Scientifique, 5/3, 65–66, Zagreb.

MALEZ, M. (1965): Erster Fund der Gattung Mastodon (Bunolophodon) grandincisivus SCHLESINGER im Pliozän von Slawonien.– Bulletin Scientifique, 10/12, 420, Zagreb.

MALEZ, M. & LENARDIĆ-FABIĆ, J. (1988): New subspecies of the southern elephant (Mammuthus meridionalis adriacus n. ssp.) from the bottom of the Adriatic Sea (Croatia, Yugoslavia).– Palaeontologia jugoslavica, 37, 1–36, Zagreb.

RADOVČIĆ, J. & MAJIĆ, D. (2002): Fosilni slonovi i nosorozi iz bentonita Gornje Jelenske.– U: KOVAČEVIĆ, D. (ur.): Gornja Jelenska. Ceres, Mjesni odbor Gornje Jelenske, 28–39, Zagreb.

Did Neanderthals and Modern Humans meet? – Reexamining the chronology of sediments in Vindija Cave (Croatia) by using single-grain optically stimulated luminescence

Da li su se neandertalci i moderni ljudi sretali? – Preispitivanje kronologije naslaga špilje Vindije upotrebom optički stimulirane luminiscencije na pojedinačnim zrnima

Michael C. Meyer[1,2], Ljerka Marjanac[3], Zenobia Jacobs[2] & Richard G. Roberts[2]

[1]Institut für Geologie und Paläontologie, Universität Innsbruck, Innsbruck, Austria
(michael.meyer@uibk.ac.at)
[2]School of Earth and Environmental Sciences, University of Wollongong, NSW, Australia
[3]Croatian Academy of Science and Arts, Zagreb, Croatia

Key words: single-grain OSL dating, Archaeology, Palaeolithic, Late Pleistocene
Ključne riječi: OSL datiranje na pojedinačnim zrnima, Arheologija, Paleolitik, kasni Pleistocen

Optically stimulated luminescence (OSL) dating is capable of constraining the sedimentary ages of a range of terrestrial and aquatic deposits and has thus become a widely used dating technique for the Quaternary over the past two decades (e.g. HUNTLEY et al., 1985; DULLER, 2004; LIAN & ROBERTS, 2006). Some key advantages of OSL dating are: (i) the dateable age range extends well into the Mid Pleistocene (whereas e.g. ^{14}C dating has an upper age limit of ca. 40 – 50 ka), (ii) very young sediments can be dated with good precision (while radio carbon dating suffers from the effect of ^{14}C plateaus over that time range) and (iii) – because OSL constrains the depositional age of sediments directly – reliable OSL chronologies can be obtained for sedimentary deposits which are organically sterile (i.e. contain no material suitable for radiocarbon dating) or where the organic material is much older (e.g. detrital charcoal) or much younger (e.g. modern tree roots) compared to the true sedimentary age of the deposit.

The latest development in OSL dating is the single-grain approach. The move towards single-grain analysis parallels that in other modern geochronology methods, such as single-crystal dating in argon–argon (^{40}Ar/^{39}Ar) and fission-track, and microsample analysis in accelerator mass spectrometry radiocarbon (AMS ^{14}C) and inductively coupled plasma mass spectrometry uraniumseries (ICP-MS ^{230}Th/^{234}U) dating. Single-grain OSL dating offers new opportunities to date deposits that were previously regarded as troublesome, including archaeological sediments deposited in cave mouths or rock shelters (e.g. ROBERTS et al., 1998; JACOBS & ROBERTS, 2007).

OSL dating requires the complete resetting of the light-sensitive signal by exposing the sediments to sunlight (bleaching). Cave-mouth sediments may have formed from a mixture of unbleached authochthonous material (e.g. grains released via decomposition of roof spall material) and well-bleached allochthonous sediment, introduced into the cave via wind, slopewash or tidal processes. The main benefits of analysing individual grains include the identification of such contaminant grains in a sample and their exclusion before final age determination, as well as the ability to directly check the stratigraphic integrity of archaeological sites, where human activities and other sediment mixing processes (e.g. bioturbation) commonly result in post-depositional disturbance.

Furthermore, single-grain OSL dating allows the operator to reject unreliable data on a grain-by-grain basis – that is – to dismiss grains that fail well-defined acceptance criteria that are built in to the single aliquot regenerative (SAR) measurement. The same extent of data validation is not possible using aliquots composed of multiple grains because these give rise to a cumulative OSL signal from many tens, hundreds or thousands of grains, including some grains that might have been rejected if measured individually. Due to these inherent benefits, the single-grain approach (as opposed to multiple-grain OSL dating) is the tool of choice for complex archaeological sequences in order to improve the accuracy and precision of OSL-based chronologies.

Here we describe our ongoing OSL dating campaign at Vindija Cave, a key archaeological site in central Europe that contains a 12 m-thick sequence of cave-mouth sediments spanning the Middle to Upper Palaeolithic. The cave is famous for its Neanderthal and modern human remains, and Neanderthal DNA has been retrieved from several of the bones (GREEN et al., 2010), but the chronology and interpretation of these records remain a matter of lively discussion (KARAVANIC & SMITH, 1998; WILD et al., 2001;

ZHILAO, 2009). We summarize the dosimetry of Vindija Cave, present the preliminary equivalent dose distributions measured via both, single-grain and multiple-grain approaches and discusses our OSL data in the light of the cave sedimentology, as post-depositional disturbance of the cave--mouth sediments has been recognised.

REFERENCES

DULLER, G.A.T. (2004): Luminescence dating of Quaternary sediments: recent advances.– Journal of Quaternary Sciences, 19, 183–192.

GREEN, R.E., KRAUSE, J., BRIGGS, A.W., MARICIC, T., STENZEL, U., KIRCHER, M., PATTERSON, N., LI, H., ZHAI, W., FRITZ, MARKUS H.-Y., HANSEN, N.F., DURAND, E.Y., MALASPINAS, A.-S., JENSEN, J.D., MARQUES-BONET, T., ALKAN, C., PRUFER, K., MEYER, M., BURBANO, H.A., GOOD, J.M., SCHULTZ, R., AXIMU-PETRI, A., BUTTHOF, A., HOBER, B., HOFFNER, B., SIEGEMUND, M., WEIHMANN, A., NUSBAUM, C., LANDER, E.S., RUSS, C., NOVOD, N., AFFOURTIT, J., EGHOLM, M., VERNA, C., RUDAN, P., BRAJKOVIĆ, D., KUCAN, Ž., GUSIĆ, I., DORONICHEV, V.B., GOLOVANOVA, L.V., LALUEZA-FOX, C., DE LA RASILLA, M., FORTEA, J., ROSAS, A., SCHMITZ, R.W., JOHNSON, P.L.F., EICHLER, E.E., FALUSH, D., BIRNEY, E., MULLIKIN, J.C., SLATKIN, M., NIELSEN, R., KELSO, J., LACHMANN, M., REICH, D. & PAABO, S. (2010): A Draft Sequence of the Neandertal Genome.– Science, 328, 710–722.

HUNTLEY, D.J., GODFREY-SMITH, D.I. & THEWALT, M.L.W. (1985): Optical dating of sediments.– Nature, 313, 105–107.

JACOBS, Z. & ROBERTS, R.G. (2007): Advances in optically stimulated luminescence (OSL) dating of individual grains of quartz from archaeological deposits.– Evolutionary Anthropology, 16, 210–223.

KARAVANIC, I. & SMITH, F.H. (1998): The Middle/Upper Paleolithic interface and the relationship of Neanderthals and early modern humans in the Hrvatsko Zagorje, Croatia.– Journal of Human Evolution, 34/3, 223–248.

LIAN, O.B. & ROBERTS, R.G. (2006): Dating the Quaternary: progress in luminescence dating of sediments.– Quaternary Science Reviews, 25/19–20, 2449–2468.

ROBERTS, R., BIRD, M., OLLEY, J., GALBRAITH, R., LAWSON, E., LASLETT, G., YOSHIDA, H., JONES, R., FULLAGAR, R., JACOBSEN, G. & HUA, Q. (1998): Optical and radiocarbon dating at Jinmium rock shelter in northern Australia.– Nature, 393, 358–362.

WILD, E.M., PAUNOVIC, M., RABEDER. G., STEFFAN, I. & STEIER, P. (2001): Age determination of fossil bones from the Vindija Neanderthal site in Croatia.– Radiocarbon, 43/2B, 1021–1228.

ZHILAO, J. (2009): Szeletian, not Aurignacian: A review of the chronology and cultural associations of the Vindija G1 Neanderthals.– In: CAMPS, M. & CHAUHAN, P. (eds.): A Sourcebook of Paleolithic Transitions. New York, Springer, 407–426.

Ihnocenoze dinosaura na Jadransko-Dinaridskoj karbonatnoj platformi

Dinosaur ichnocoenoses on the Adriatic-Dinaridic carbonate platform

Aleksandar Mezga

Institute of Geology & Paleontology, Faculty of Science, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb, Croatia
(amezga@geol.pmf.hr)

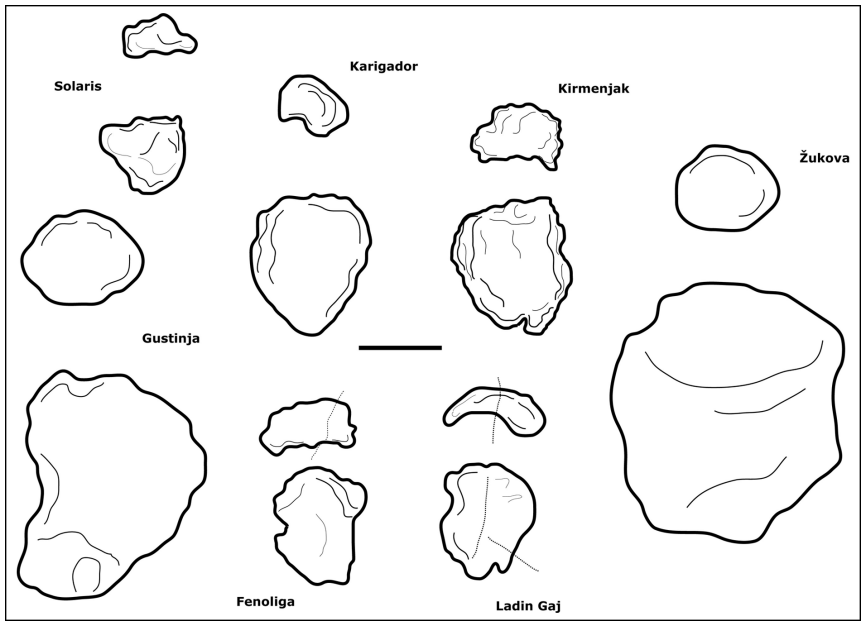
Ključne riječi: otisci stopala dinosaura, ihnocenoze, Jadransko-Dinaridska karbonatna platforma, paleoekologija, paleobiogeografija
Key words: dinosaur footprints, ichnocoenoses, Adriatic-Dinaridic carbonate platform, palaeoecology, palaeobiogeography

Within the area of the former Adriatic-Dinaridic carbonate platform (ADCP) 17 sites with dinosaur footprints have been discovered; 15 of them on the Istrian peninsula. Stratigraphic range of these findings is Late Tithonian-Late Maastrichtian. Five different kinds of dinosaurs have been recognized among these sites. They include small-mid sized theropods, large theropods, mid sized ornithopods and mid-large sized sauropods. A total of over two thousands single footprints have been found as well as over one hundred trackways. Among these footprints the majority belong to sauropods (1386; Fig. 1), then theropods (747; Fig. 2) and finally ornithopods (20). Seven stratigraphically different ichnocoenoses were defined among 17 determined ichnoassemblages (Tab. 1).

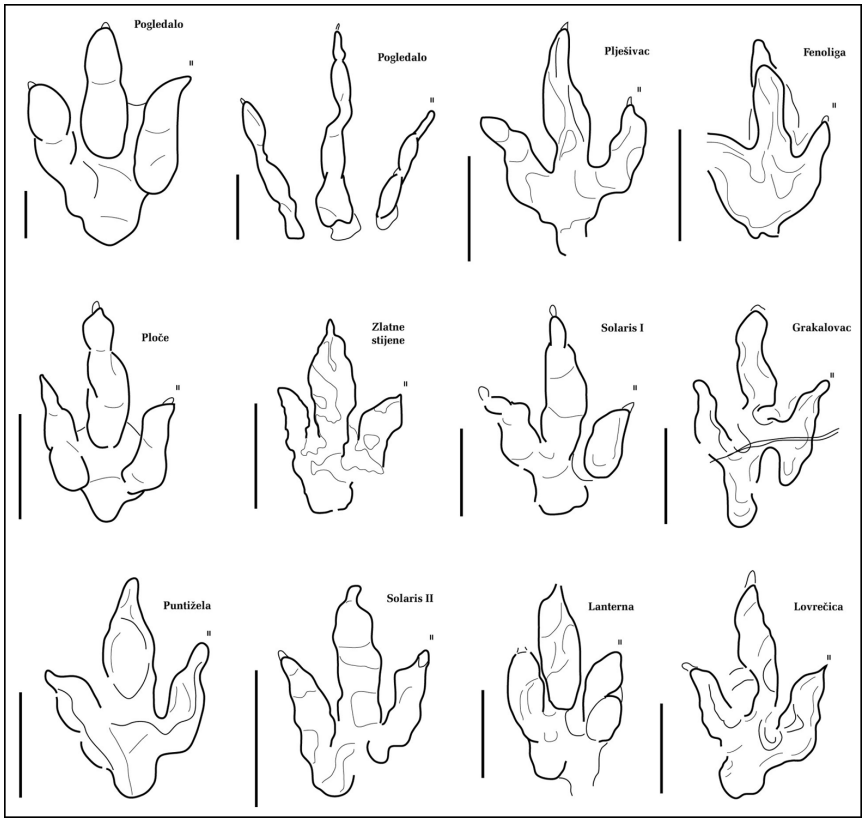
All ichnocoenoses are assigned to the *Brontopodus* ichnofacies. During the Late Tithonian-Late Hauterivian the fauna was dominated by diplodocoid sauropods. In the Late Hauterivian-Late Barremian, there were also the titanosauriform sauropods beside them, as well as large 'carnosaurian' theropods. During the period of Late Albian-Late Cenomanian the fauna was very rich and herbivores include the titanosaurian and non-titanosaurian sauropods as well as iguanodontid ornithopods. Among the carnivores small-mid sized 'coelurosaurian' theropods prevail, but large 'carnosaurian' theropods are also present. Titanosaurian sauropods presented the fauna during the Late Turonian/Early Coniacian. The assemblage of the fauna at the very end of the Cretaceous period (Late Santonian-Late Maastrichtian) was characterized by iguanodontids and hadrosaurids among the herbivores and medium sized theropods (including dromaeosaurids) among carnivores. The land area for the given dinosaur faunas has had to be multiple larger than the area of the former ADCP. Those dinosaurs could not live and survive on the ADCP area or even in the carbonate platform en-

Tablica 1: Ihnocenoze dinosaura s područja nekadašnje ADCP.
Table 1: Dinosaur ichnocoenoses from the former ADCP.

ICHNOCOENOSIS	*FOOTPRINT TYPE*	*NUMBER OF FOOTPRINTS*	*ICHNOASSEMBLAGE*
Late Turonian / Early Coniacian	sauropods	10	1
Late Cenomanian	sauropods theropods	324 217 sauropod 107 theropod	5
Late Albian	sauropods theropods ornithopods	719 578 theropod 121 sauropod 20 ornithopod	6
Late Barremian	theropods	61	1
Late Hauterivian	sauropods theropods	18 17 sauropod 1 theropod	2
Late Valanginian / Early Hauterivian	sauropods	>50	1
Late Tithonian	sauropods	971	1



Slika 1. Otisci stopala sauropoda s nalazišta na ADCP-u; mjerilo = 20 cm.
Figure 1. Sauropod footprints from the ADCP localities; scale bar = 20 cm.



Slika 2. Otisci stopala teropoda s nalazišta na ADCP-u; mjerilo = 10 cm.
Figure 2. Theropod footprints from the ADCP localities; scale bar = 10 cm.

vironment. The ecosystem with discovered dinosaurs demand the land area of app. 1–4 millions km^2, depending of the stratigraphic range for the specific taxa. Fully terrestrialized Adria microplate or Southern Tethyan megaplatform might represent the land area large enough to sustain the dinosaur populations and the ecosystem which they were the part of. This implies the continuous or sporadic connection, not just between the carbonate platforms on the Southern Tethyan megaplatform, but between it and the nearby continents.

Taphonomic selection among echinoids or why is *Clypeaster* the most abundant echinoid in the Miocene of Croatia

Tafonomska selekcija među ježincima ili zašto je *Clypeaster* najčešći ježinac u miocenu Hrvatske

Goran Mikša[1] & Aleksandar Mezga[2]

[1]Field Engineering & Operations Sector, INA-Industrija nafte Plc, Lovinčićeva bb, 10 000 Zagreb, Croatia (goran.miksa@ina.hr)

[2]Department of Geology & Paleontology, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb, Croatia (amezga@geol.pmf.hr)

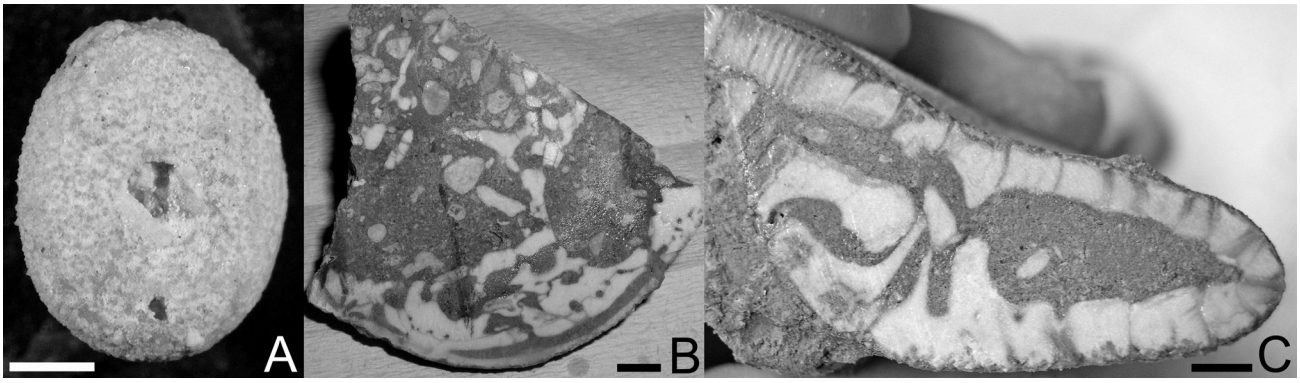
Key words: echinoid s, taphonomy, *Clypeaster*, *Echinocyamus*, Miocene, Croatia
Ključne riječi: ježinci, tafonomija, *Clypeaster*, *Echinocyamus*, miocen, Hrvatska

As POLJAK (1938) or MITROVIĆ-PETROVIĆ (1969) already reported, at least 75% of fossil echinoids in the Middle Miocene of Croatia and surrounding areas belong to the sand dollar genus *Clypeaster*. This statement seems to be correct when we look at the composition of briefly collected echinoid fossil faunas from the wide-spread Miocene outcrops in the continental part of Croatia. The large and heavy tests of *Clypeaster* can be easily found elsewhere where the terrain is built of shallow marine Miocene sediments of Carpathian and mostly Badenian stages. Released from sediment by weathering, these fossils are often incorporated in the composition of recent sediments as short-lived clasts, soluble in the meteoric water. *Clypeaster* shells could be preferably found in bioclastic corallinacean limestone of different type and less often in lithoarenite and lithic graywacke. Once used as an architectural and building stone, Miocene bioclastic limestone was a subject of intensive quarrying which left a lot of abandoned works (excavation pits and quarries) around northern Croatia suitable for fossil researches.

In this study, we investigated some of the most cited *Clypeaster*-dominated outcrops in the northern Croatia where we thoroughly checked the sediments to reveal as much as possible of complete echinoid fauna. Positions of localities follow the marginal parts of Paratethys. Due to the relatively changeable firmness of the rocks, we used a microanalysis of weathered residual sediments and fresh rocks dissolved in the solution of hydrogen peroxide. Thus prepared material was sieved and analyzed on stereo microscope.

The result of this research was a quite different composition of echinoid fauna from investigated localities when compared to the earlier reports and available fossil collections. The disproportion between fragmentary material and completely preserved echinoid tests was also observed. Discrepancy between completely preserved tests and fragments are the greatest in the case of *Clypeaste*r; its fragments are relatively rare. All other genera except *Echinolampas* are relatively rarely represented in localities with wholly preserved tests. Determinable fragments (isolated spines and plates) show completely different composition of echinoid fauna with presence of large amount of spatangoid, cassiduloid and clypeasteroid echinoids. Some of these echinoids are the first records in Croatian Miocene like the genus *Pliolampas* and *Echinocyamus* (Fig. 1A). The uncovered echinoid fauna is not totally composed of genus *Clypeaster* regarding almost all of the sites. For example, some of the most popular sites like Bizek quarry in the Medvednica Mt. are dominated by echinoid genus *Conolampas*, not by *Clypeaster*. Localities in Hrvatska Banovina (Sjeničak, Sjeničak Lasinjski) are mainly composed of spatangoids and small clypeasteroid *Echinocyamus*, also not by *Clypeaster*. Only one site, Sutinska vrela quarry in Medvednica Mt. were found as *Clypeaster*-dominated echinoid assemblage joined with some rare remnants of cidaroid regular echinoids.

Clypeaster-dominated assemblages, in terms of completely preserved echinoid tests, are obviously a product of taphonomic selection, where the test of this echinoid has a large preservation potential (SEILACHER, 1979; NEBELSICK, 1995, 1999) opposite to all the other present echinoids. This could be partially explained by the structure of clypeasteroid tests which are reinforced with numerous pillars as adaptation to living in high-energy shallow-marine environments (NEBELSICK, 1992, 1995; Figs. 1B, 1C). On the other hand, selection existed also between different species of *Clypeaster* where the conical forms (e.g. *C. campanulatus* gr.) are surprisingly more abundant than the flat forms (e.g. *C. folium*) with stronger and more compact test. This suggest on few living niches affected by different taphonomic conditions, where the conical forms of *Clypeaster* may lived deeper, buried deeply in the sediment or lived out of destructive influence of the waves to survived early phase of taphonomic selection. This early phase was



Slika 1. A) Ježinac *Echinocyamus* sp. iz badena (srednji miocen) Hrvatske Banovine. Pogled na donju stranu čahure. Mjerilo = 1 mm. B) *Clypeaster scillae* DES MOULINS. Ekvatorijalni presjek s vidljivom gustom mrežom unutarnjih ojačanja čahure. Mjerilo = 1 cm. C) *Clypeaster scillae* DES MOULINS. Poprečni presjek kroz drugi ambulakrum s dobro uočljivim potpornjima čahure. Mjerilo = 1 cm.
Figure 1. A) Clypeasteroid *Echinocyamus* sp. from the Badenian (Middle Miocene) of Hrvatska Banovina County. Oral view of the test. Scale bar = 1 mm. B) *Clypeaster scillae* DES MOULINS. Equatorial section of the test shows dense meshwork of internal reinforcement pillars. Scale bar = 1 cm. C) *Clypeaster scillae* DES MOULINS. Transversal section through ambulacrum 2 with well-visible pillars. Scale bar = 1 cm.

destructive for the most other echinoids like thin shelled spatangoids or unstable skeletons of regular echinoids which explains a minimum record of their complete tests. Favorable geochemical conditions through all the phases of diagenesis and type of sediment also supported preservation of the echinoid tests in carbonate deposits.

Sedimentary environment in which the echinoids are preserved is also important for their preservation (NEBELSICK, 1995). The echinoids from Dvor na Uni (Zrinska gora Mt.) locality were found in fine-grained lithic graywacke and they are all fragmented with no preservation of complete echinoid test. Large sediment grains probably redirect or take over some part of the sediment pressure to the surrounding sediment mass. In the fine-grained sediments (like on the Dvor na Uni locality) this phenomena is missing and echinoids show a hydraulic cracking of its test (collapsed ambulacral zones, implosion of the test forming 'pie slice' fragments etc.).

Analysis of the echinoid collections from Croatian Natural History Museum also confirms the dominance of genus *Clypeaster* in localities of northern Croatia where the genus *Clypeaster* makes 80% of total echinoid fauna. Some local town museums and private collectors also display only *Clypeaster* in their fossil collections, sometimes misidentified as a genus *Scutella* in case of flat forms of the test. The explanation of high percent of *Clypeaster* here also may lay on excellent perceptibility and size of its test which makes it an easy target for amateur collectors who often donates the material to museums and professional paleontologist. The fact that this kind of fossil material in Croatia was never researched in details also contributes to the explanation.

As final conclusion, we can tell that seemingly high percent of *Clypeaster* tests in Croatian Miocene shallow-marine deposits is product of different taphonomic processes which strongly influenced the original composition of echinoid fauna.

REFERENCES

MITROVIĆ-PETROVIĆ, J. (1969): Srednjomiocenski ehinidi severne Bosne (Bosanska Posavina).– Acta Geologica 6/36, 113–146, Zagreb.

NEBELSICK, J.H. (1992): Echinoid distribution by fragment identification in the Northern Bay of Safaga, Red Sea, Egypt.– Palaios, 7, 316–328.

NEBELSICK, J.H. (1995): Comparative taphonomy of Clypeasteroids.– Eclogae geol. Helv., 88, 685–693, Basel.

NEBELSICK, J.H. (1999): Taphonomic comparison between recent and fossil sand dollars.– Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol., 149, 349–358, Amsterdam.

POLJAK, J. (1938): Prilog poznavanju miocenskih echinoidea Hrvatske i Slavonije.– Vesnik Geološkog instituta Kraljevine Jugoslavije, 7, 166–206, Beograd.

SEILACHER, A. (1979): Constructional morphology of sand dollars.– Paleobiology, 5, 191–221.

Benkovac Stone mb. – 'flysch trace fossils' in the shallow water setting

Benkovački kamen jedinica – 'fliški tragovi fosila' u plitkovodnom okolišu

Goran Mikša[1], Ervin Mrinjek[2] & Igor Vlahović[3]

[1]INA-Industrija nafte Plc, Field Engineering & Operations Sector, Lovinčićeva bb, 10 000 Zagreb, Croatia (goran.miksa@ina.hr)

[2]Faculty of Science, Department of Geology, University of Zagreb, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb, Croatia (ervin.mrinjek@zg.htnet.hr)

[3]Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb, Pierottijeva 6, 10 000, Zagreb, Croatia (igor.vlahovic@rgn.hr)

Key words: trace fossils, graphoglyptids, *Paleodictyon*, gyrophyllitids, arthropod burrows, *Zoophycos*, *Chondrites*, Promina deposits, Benkovac Stone mb., Upper Eocene, Croatia

Ključne riječi: tragovi fosila, grafogliptidi, *Paleodictyon*, girofiliti, tragovi člankonožaca, *Zoophycos*, *Chondrites*, Promina naslage, Benkovački kamen jedinica, gornji eocen, Hrvatska

The Upper Eocene Benkovac Stone mb. is a shallow-marine, approximately 120 m thick succession of calciclastic deposits, mostly cropping out in a vicinity of Benkovac in the northern Dalmatia. It represents a middle part of Middle Eocene to Lower Oligocene Promina Basin deposits, more than 2000 m thick succession from deep-marine to alluvial facies (MRINJEK et al., 2005). The Benkovac Stone mb. is commonly used architectural and building stone, and is well-known for its excellently preserved trace fossils, which were never, up to now, studied in detail. Two major lithological types within the Benkovac Stone mb. are calciclastic sandstones and calciclastic mudstones. Sandstones were deposited by storms and mudstones were mostly a product of background sedimentation within offshore-transition zone. Sandstones and mudstones are characterized by different trace fossils ichnoassemblages, and individual ichnoassemblages are laterally very variable.

Trace fossils from tempestite calciclastic sandstones are represented by numerous polychaete and arthropod burrows and burrows of irregular echinoids – *Palaeophycus*, *Teichichnus*, *Scolicia* ispp., *Rhizocorallium* and *Thalassinoides*. Tracemakers exploited the sediments for the short time, searching for the organic particles (plant debris, etc.) mixed into sediment during the tempestite formation. Among the aforementioned traces, only *Palaeophycus* is present throughout the unit.

Trace fossils from mudstones shows a quite different and broader ichnodiversity; the most important are graphoglyptid traces (*Helminthorhaphe*, *Cosmorhaphe*, *Urohelminthoida*, *Belorhaphe*, etc.) with *Paleodictyon*, nereitids, medusiform burrows (gyrophyllitids), asterosomids, chondritids, lophoctenids, *Zoophycos* group and asterozoan traces. Graphoglyptids are generally rare except ichnospecies *Paleodictyon strozzii*, one of the most common trace fossils in the Benkovac Stone mb. Lophoctenids, represented by few excellently preserved records of *Polykampton* (cast of one bedding plane with *Polykampton* was in 2009 included in Adolf Seilacher's famous exhibition 'Fossil Art') are also rare and found only occasionally. *Zoophycos* appears as large, more than 1 m wide forms which mark narrow transitional zone between underlying Debelo Brdo mb. and Benkovac Stone mb. and probably suggest specific sedimentological/paleoecological conditions around transition zone. Chondritids, asterosomids and graphoglyptid *Cosmorhaphe* are characteristic traces for the lower part, being most frequent immediately after disappearance of *Zoophycos* in succession, although these traces also occasionally occur in the younger part of the succession. *Glockerichnus* occurs in the topmost part of the unit. *Nereites*, represented with its different preservational varieties, together with *Paleodictyon strozzii* and gyrophyllitids, is the most common and ubiquitous trace fossil in the Benkovac Stone mb. *Paleodictyon* and *Helminthorhaphe* are the only graphoglyptids present in strata below Benkovac Stone mb. (within Korlat and Debelo brdo mbs.).

Ichnoassemblages from the Benkovac Stone mb. are similar in composition to those found in many European flysch basins (UCHMAN, 1995, 1999, 2001, etc.). Interpreted as offshore-transition environment (MRINJEK et al., 2005) these ichnoassemblages should be an exception to the standard ichnofacies distribution which consider them as a combination of *Zoophycos* and *Nereites* ichnofacies (FREY & SEILACHER, 1980). Especially interesting is preservation of trace fossil *Paleodictyon*, since ubiquitous occurrence of ichnospecies *P. strozzii* almost always coincides with appearance of microbial mats. Traces like *Hydrancylus*– and *Treptichnus* occur only in combination with mi-

crobial mats and seems to indicate this specific sedimentary environment.

The Benkovac Stone mb. shows great variety of different ichnospecies, which is rather the result of different modes of preservation than the result of tracemaker biodiversity. A few forms of burrows cannot be assigned to any group of trace fossils (forms similar to gyrophyllitid, some phycosiphonid forms of burrows, etc.). Erosive exhumation of mudstone-related traces by deposition of calcarenites (casting of the traces) has also been responsible for preservation of many trace fossils in the Benkovac Stone mb. This preservation mode prevailed in younger parts of the studied unit, while the evidence of microbial mats occurs even later. Variable content of food, plenty of dissolved oxygen and permanent circulation of water seems to be the major limiting factor for development of such ichnoassemblages. Therefore, studied ichnoassemblages could be among the shallowest occurrences of the 'flysch trace fossils' and *Nereites* ichnofacies published up to now (e.g. FÜRSICH et al., 2007).

REFERENCES

FREY, R.W. & SEILACHER, A. (1980): Uniformity in marine invertebrate ichnology.– Lethaia, 13, 183–207.

FÜRSICH, F.T., TAHERI, J. & WILMSEN, M. (2007): New occurrences of the trace fossil Paleodictyon in shallow marine environments: examples from the Triassic–Jurassic of Iran.– Palaios, 22, 408–416.

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.– Geol. Croatica, 58/2, 163–184.

UCHMAN, A. (1995): Taxonomy and palaeoecology of flysch trace fossils: The Marnoso-arenacea Formation and associated facies (Miocene, Northern Apennines, Italy).– Beringeria, 15, 3–115.

UCHMAN, A. (1999): Ichnology of the Rhenodanubian Flysch (Lower Cretaceous–Eocene) in Austria and Germany.– Beringeria, 25, 67–173.

UCHMAN, A. (2001): Eocene flysch trace fossils from the Hecho Group of the Pyrenees, northern Spain.– Beringeria, 28, 3–41.

Makrofosili iz različitih eocenskih nalazišta središnje Istre, Hrvatska
Macrofossils from different Eocene localities in central Istria, Croatia

Vasja Mikuž & Aleksander Horvat

Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geologijo, Privoz 11, 1000 Ljubljana, Slovenija

Ključne riječi: makrofosili, eocen, fliš, Istra, Hrvatska
Key words: macrofossils, Eocene, flysch, Istria, Croatia

Istraživani su makrofosili iz srednjeeocenskih – lutetskih flišnih naslaga centralne Istre, iz nalazišta u okolici Ćopija, Gračišća, Grdosela i Paza. Sva su nalazišta makrofosila vezana na karbonatne megaslojeve fliškog slijeda naslaga. Razlike određenih fosilnih ostataka između spomenutih nalazišta, prikazane su na Tablicama 1 i 2.

Ježinci su taksonomski detaljno istraživani, determinirani do nivoa vrsta (Tablica 2 sadrži samo popis rodova). Kod ehinoida je zanimiljiv podatak, da u nalazištu Ćopi uopće nisu nađeni regularni ježinci, a u Grdoselu su veoma rijetki. U Gračišću su primjerci svih ježinaca relativno rijetki, ali su zato više različiti. U nalazištima Ćopi i Grdoselo neki oblici ježinaca su veoma česti, naročito primjerci rodova *Echinolampas* i *Cyclaster.* Najmanja raznolikost među ježincima je ustanovljena u Pazu i Grdoselu. U Gračišću nismo našli ni jednog primjerka slijedećih rodova: *Conoclypus, Plesiolampas, Pericosmus, Linthia, Cyclaster* i *Macropneustes*. Gračišće je zanimljivo i po nađenim iregularnim ježincima rodova *Echinocyamus, Cassidulus, Gitolampas (Echinanthus)* i *Brissus*, kojih u Ćopiju, Grdoselu i Pazu nismo našli.

To su trenutačni rezultati, samo iz nekih lokaliteta, koji se mogu vrlo brzo promijeniti i dopuniti, jer takva nalazišta s makrofosilima nisu nikada do kraja istražena. Preliminarni rezultati ukazuju da je razlika između lokaliteta djelomično uzrokovana različitim facijesima karbonatnih turbidita unutar fliškog bazena.

Tablica 1. Određeni ostaci različitih eocenskih organizama u nalazištima Ćopi, Gračišće, Grdoselo i Paz u središnoj Istri, Hrvatska.
Table 1. Registered remains of different Eocene organisms from localities Ćopi, Gračišće, Grdoselo and Paz in central Istria, Croatia.

Makrofosili (Macrofossils)	Ćopi	Gračišće	Grdoselo	Paz
FLORA				
crvene alge (Lithothamnians)	–	+	–	+
FAUNA				
Foraminiferida				
numuliti (Nummulitins)	+	+	+	+
asterocikline (Asterocyclinas)	+	–	+	–
Koralji – Anthozoa				
solitarni koralji (Solitary corals)	–	+	–	+
kolonijski koralji (Reef building corals)	–	+	–	+
oktokoralji (Octocorals)	–	+	–	–
Mekušci – Mollusca				
puževi – Gastropoda	+	+	+	+
školjkaši – Bivalvia	+	+	+	+
glavonošci – Cephalopoda	+	–	+	+
Kolutićavci – Annelida	+	+	+	+
Rakovi – Crustacea				
rakovice – Decapoda	+	+	–	+
tlparsesilni rakovi – Cirripedia	+	–	–	–
Mahovnjaci – Bryozoa	+	+	+	+
Ramenonošci-Brachiopoda	–	+	–	+
Morski ljiljani – Crinoidea	+	+	–	+
Morski ježevi – Echinoidea				
regularia	–	+	+	+
irregularia	+	+	+	+
Ribe – Pisces	–	–	–	+

Tablica 2. Eocenski ježinci određeni u nalazištima središnje Istre (A = vrlo rijetki, B = rijetki, C = česti, D = vrlo česti).
Table 2. Eocene echinoidea from localities in central Istria, Croatia (A = very rarely, B = rarely, C = frequent, D = very frequent).

ECHINOIDEA	Ćopi	Gračišće	Grdoselo	Paz	Učestalost (Frequence)
REGULARIA					
Stereocidaris	–	–	+	–	A
Phyllacanthus	–	+	–	+	A
Porocidaris	–	+	–	+	B
Prionocidaris	–	+	–	–	B
"Eucidaris"	–	+	–	+	A
Eucidaris	–	+	–	+	A
Phymosoma	–	+	–	–	A
Porosoma	–	+	–	–	A
Coelopleurus	–	–	–	+	B
IRREGULARIA					
Conoclypus	+	–	+	–	B
Echinocyamus	–	+	–	–	A
Echinolampas	+	+	+	+	D
Plesiolampas	+	–	–	–	A
Cassidulus	–	+	–	–	A
Gitolampas (Echinanthus)	–	+	–	–	B
Ditremaster	+	+	–	–	A
Pericosmus	+	–	+	–	A
Schizaster	+	+	–	–	B
Linthia	+	–	+	–	B
Prenaster	+	+	+	–	C
Brissus	–	+	–	–	A
Cyclaster	+	–	+	+	D
Macropneustes	+	–	+	–	B

Paleoenvironmental evolution of southern Pannonian Basin during Badenian transgression

Evolucija paleookoliša tokom Badenske transgresije na jugu Panonskog bazena

Đurđica Pezelj[1] & Oleg Mandic[2]

[1]Geološko-paleontološki zavod, Geološki odsjek, Prirodoslovno–matematički fakultet, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb, Hrvatska
[2]Department of Geology & Palaeontology, The Natural History Museum Vienna, Burgring 7, 1010 Wienna, Austria
(oleg.mandic@nhm-wien.ac.at)

Keywords: paleoecology, foraminifera, marine transgression, Badenian, Pannonian Basin, Bosnia and Herzegovina
Ključne riječi: paleoekologija, evolucija okoliša, marinska transgresija, baden, Panonski bazen, Bosna i Hercegovina

Open mine pit Bogutovo Selo near Ugljevik in NE Bosnia and Herzegovina is positioned at the southern margin of the Pannonian Basin. The Oligocene lignite bearing lacustrine deposits are superposed there by Middle Miocene marine sediments. The measured section is about 60 m thick and beside marine sediments includes the uppermost part of the lake deposits, comprising clays, sands and coal seams. The marine ingression is marked by the first occurrence of the marine macrofauna in a sandy marl horizon comprising mollusk accumulations. About 20 m of gray marls with two dark clay intercalations follow, superposed by a massive, 10 m thick carbonate body. Its sedimentary structures and lower contact point to deposition by debris flow. The topmost 40 m of the logged succession include in its lower part two subordinate, 1m thick carbonate beds, followed in very top by subordinate diatomite intercalations, volcanic ash layers and fossiliferous beds with well preserved, marine fish remains. The assemblages of benthic and planktic foraminifera allow the biostratigraphic correlation of the marine transgression horizon with the upper part of the Lower Badenian based on abundant presence of *Orbulina suturalis*.

Benthic foraminifera record with 84 detected species shows distinct changes in composition and diversity across the section, reflecting changes of the paleoenvironment., i.e. depositional depth, oxygen content and organic matter content. Within the first meter of the marine part of the section shallow water assemblage predominates, reflecting highly oxic environmental conditions. The most common are *Asterigerinata planorbis*, *Elphidium rugosum*, *Lobatula lobatula* and *Ammonia viennensis*. Gradually, deep water middle to outer shelf assemblage installs, showing a stable moderately oxic bottom environment. The characteristic representatives are *Valvulineria complanata*, *Cassisidulna laevigata*, *Heterolepa dutemplei* together with *Bulimina elongata*. Slightly preceding the first dark clay intercalation the environmental perturbation starts pointed out by repetitive change of diversity index, species dominance and bottom water oxygen content. Some sea level fluctuation is present with distinct shallowing peak directly above the thick carbonate body. Within following meter distance the most distinct change develops with installation of low oxic near-bottom conditions remaining stable until the section top. The benthic fauna of that latter interval is characterized by low diversity and high dominance fauna comprising oxygen depletion indicators such as *Praeglobobulimina pyrula* or *Bolivina* ssp. The benthic foraminifera assemblage allows a good correlation of the marine deposits with the Badenian regional stage.

The study was made possible by courtesy of Zlatko JEČMENICA and "Ugljevik" mine authorities. It is contribution to the Austrian FWF Project P18519-B17: "Mollusk Evolution of the Neogene Dinaride Lake System".

Sarmatske naslage lokaliteta Donje Orešje (Medvednica)
Sarmatian sediments of Donje Orešje (Medvednica Mt.)

Đurđica Pezelj & Jasenka Sremac

Department of Geology and Palaeontology, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb, Croatia

Ključne riječi: bentičke foraminifere, paleoekologija, Sarmat, Medvednica
Key words: benthic foraminifera, palaeoecology, Sarmatian, Medvednica Mt

Gora Medvednica je istaknuta topografska jedinica u sjeverozapadnoj Hrvatskoj, a pruža se pravcem jugozapad-sjeveroistok na površini od približno 300 km^2. Njezina jezgra uglavnom je sastavljena od paleozojskih i mezozojskih stijena različitog postanka i okružena transgresivno taloženim mlađim tercijarnim i kvartarnim sedimentnim stijenama (ŠIKIĆ, 1995). Tijekom miocena ovo je područje pripadalo Centralnom Paratethys-u, koji je, unutar Paratethys-a imao specifičnu geološku povijest, budući da je povremeno gubio vezu sa Sredozemljem, odnosno Tethys-om (RÖGL, 1999).

Profili Donje Orešje 1 i Donje Orešje 2 nalaze se kod istoimenog sela sjeverno od Svetog Ivana Zeline u sjeveroistočnom dijelu Medvednice. Smješteni su u krovini kamenoloma na desnoj strani potoka Šum. Lokalitet Donje Orešje je već dugo poznat u geološkoj literaturi zbog debelog kompleksa trijaskih i krednih naslaga koje su detaljno proučene (POLŠAK, 1979), dok uski pojas mlađih miocenskih naslaga iz krovine nije do sada detaljnije analiziran. Gornjokredne naslage su transgesivne preko gornjotrijaskih vapnenaca, te su dijelom erodirane ili pokrivene transgresivnim badenskim naslagama. Zbog intenzivne eksploatacije kamena, u kamenolomu su se tijekom vremena otvarale nove etaže, što je omogućilo kontinuirano praćenje slijeda krovinskih naslaga.

Profil Donje Orešje 1 sastoji se uglavnom od smeđkastih masivnih lapora koji se izmjenjuju s glinovitim laporima s povremenim proslojcima gline. Debljina naslaga je oko 7 m, s time da odnos s starijim sedimentima nije vidljiv. U pravilu je uzorkovana svaka litološka promjena (ukupno 19 uzoraka). Na profilu Donje Orešje 2 (udaljen cca 200 m zapadno od profila Donje Orešje 1) jasno je uočljiv transgresivan kontakt badenskih naslaga s krednom podlogom. U donjem dijelu prevladavaju uslojeni do masivni smeđkasti lapori, dok je u gornjem dijelu evidentan povećani udio gline. Debljina snimljenih naslaga je približno 8 m (ukupno 21 uzorak).

Biostratigrafska analiza proučenih profila bazira se na standardnim biozonacijama koje vrijede za područje Centralnog Paratethys-a (PAPP et al., 1978; PAPP & SCHMID, 1985; CICHA et al., 1998), s tim da je u obzir uzeta mogućnost uspostavljanja i nekih drugih biozona uslijed lokalnih paleoekoloških uvjeta. Detaljno proučavanje bentičkih foraminifera i ostrakoda je omogućilo utvrđivanje ukupno četiri biozone: gornjobadenska Buliminsko-bolivinska zona, donjesarmatske biozone *Anomalinoides badenensis* zona i *Elphidium reginum* zona, te srednjesarmatska *Elphidium hauerinum* zona.

Na proučenim profilima naslage donjeg sarmata se kontinuirano talože na naslage gornjeg badena, bez izrazite razlike u litološkom sastavu sedimenata. Tek detaljna analiza mikrofosilne zajednice ukazuje na promjenu okolišnih uvjeta tj. oplićavanje taložnog bazena i drugačiji sastav badenskih i sarmatskih mikrofosilnih zajednica. Na području Donjeg Orešja sarmatske naslage se kontinuirano talože na gornjobadenske naslage vanjskog šelfa (profil Donje Orešje 1), te gornjeg batijala (profil Donje Orešje 2). Pad vrijednosti različitih paleoekoloških pokazatelja (P/B odnos, indeksi raznolikosti) te porast količine kisika pri morskom dnu (više vrijednosti BFOI), u odnosu na analizirane badenske zajednice, jasno upućuje da su sarmatske mikrofosilne zajednice živjele na području unutrašnjeg šelfa s mogućim oscilacijama u salinitetu vode, te s manjim oscilacijama u dubini taložnog bazena.

Uzorci O17–O19 s profila Donje Orešje 1, te uzorak R12 s profila Donje Orešje 2 pripadaju *Anomalinoides badenensis* zoni tj. donjem dijelu donjeg sarmata. Na tu starost ukazuje nalaz provodne vrste ostrakoda *Cytheridea hungarica* (ZALÁNY), koja je tipična za donjosarmatske naslage, te izrazita dominacija vrste *Anomalinoides badenensis* (D'ORBIGNY). Unutar bentičke zajednice niske raznolikosti vrlo je česta i vrsta *Rosalina obtusa* D'ORBIGNY, a uočen je i znatan udio badenskih vrsta *Bolivina dilatata* REUSS, *Cibicidoides pseudoungerianus* (D'ORBIGNY) i *Cassidulina laevigata* D'ORBIGNY, što ukazuje na prijelazni karakter ove Zone od badenskih prema tipično sarmatskim naslagama. U ovoj početnoj fazi oplićavanja salinitet vode najvjerovatnije još nije značajnije smanjen, na što upućuje znatan udio marinskih vrsta bentičkih foraminifera, kao i manja zastupljenost vrsta rodova *Ammonia*, *Porosononion* te bočatih vrsta elphidija. Unutar ostrakodne zajednice dominira vrsta *Argilloecia sarmatica* (ZALÁNY), uz koju se još javljaju vrste *Aurila haueri* (REUSS) i *Quadracythere* sp.

Elphidium reginum zona tj. gornji dio donjeg sarmata je utvrđena na profilu Donje Orešje 2 – uzorak R13. Starost ove zone je utvrđena na osnovi nalaza usko provodne vrste ostrakoda *Aurila merita* (ZALÁNY), te donjosarmatskih vrsta *Aurila mehesi* (ZALÁNY), *Cytheridea hungarica* (ZALÁNY) i *Elphidium reginum* (D'ORBIGNY). Također je značajan i nalaz sarmatskih elfidijuma vrsta *Elphidium josephinum* (D'ORBIGNY) i *Elphidium hauerinum* (D'ORBIGNY), te *vrste Nonion tumidulus* PISHVANOVA. Unutar bentičke zajednice je zapažen znatan udio različitih vrsta elfidija, vrste *Ammonia vienensis* (D'ORBIGNY), te još uvjek popriličan udio vrste *A. badenensis*. U svakom slučaju znatna zastupljenost bočatih vrsta bentičkih foraminifera, kao i sastav cjelokupne zajednice, na ovom dijelu unutrašnjeg šelfa upućuje na moguće oplićavanje i pojačano oslađivanje sedimentacijskog prostora. Oslađivanje dokazuje i sastav bočate ostrakodne zajednice, koja se u ovom dijelu unutrašnjeg šelfa javlja s udjelom od čak 14,95%. Evidentno je da su unutar ostrakodne zajednice najzastupljeniji rodovi s čvrstim i jače kalcificiranim ljušturama, što također ukazuje da je ova zajednica živjela u nešto plićem i uzburkanijem okolišu nego zajednica iz *Anomalinoides badenensis* zone.

Uzorci R15–R18 na profilu Donje Orešje 2 pripadaju *Elphidium hauerinum* zoni tj. donjem dijelu srednjeg sarmata. Elfidiji prevladavaju u sastavu zajednice bentičkih foraminifera, od kojih treba posebno istaknuti vrstu *E. hauerinum*, nosioca ove zone, te vrste *E. josephinum* i *Elphidium obtusum* (D'ORBIGNY). Vrlo su česte i vrste *Bolivina sarmatica* DIDKOVSKIY te *R. obtusa*. Unutar ove zajednice je uočen mali porast udjela disoksičnih i infaunalnih oblika, što može upućivati na produbljavanje taložnog okoliša i/ili nešto veću količinu organske tvari u sedimentu. Ostrakodna zajednica je obilježena vrstama *Leptocythere tenuis* (REUSS), *Aurila angulata* (REUSS), *Argilloecia sarmatica* (ZALÁNY) i *Xestoleberis glabrascense* (REUSS).

LITERATURA

CICHA, I., RÖGL, F., RUPP, C. & CTYROKA, J. (1998): Oligocene-Miocene foraminifera of the Central Paratethys.– Abh. senckenberg. naturforsch. Ges., 549, 1–325.

PAPP, A., CICHA, I. & ČTYROKÁ, J. (1978): Foraminifera.– U: PAPP, A., CICHA, I., SENEŠ, J. & STEININGER, F. (ur.): Chronostratigraphie und neostratotypen miozän der Zentralen Parathetys. Badenian, Verlag der Slowak. Akad. der Wissen., 263– 325, Bratislava.

PAPP, A. & SCHMID, M.E. (1985): Die fossilen foraminiferen des Tertiaren Bekens von Wien.– Abh. Geologisch. Bundesanst., 37, 1–311.

POLŠAK, A. (1979): Stratigrafija i paleogeografija biolititnog kompleksa senona kod Donjeg Orešja (Medvednica, sjeverna Hrvatska).– Acta geol., 9/6, 1–38, Zagreb.

RÖGL, F. (1999): Mediterranean and Paratethys. Facts and hypotheses of an Oligocene to Miocene paleogeography (short overview).– Geol. Carpathica, 50/4, 339–349.

ŠIKIĆ, K. (1995): Prikaz geološke građe Medvednice.– U: ŠIKIĆ, K. (ur.): Geološki vodič Medvednice, Inst. geol. istraž., 7–30, Zagreb.

Mollusc shell repair marks as indicator of predator-pray interaction

Tragovi zaraštanja na skeletima mekušaca kao indikator odnosa predator-plijen

Hrvoje Posilović,[1] Zlatan Bajraktarević[1] & Dinko Kozak[2]

[1]Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb, Croatia
[2]Muzej Brodskog posavlja, Ante Starčevića 40, 35 000 Slavonski Brod, Croatia

Key words: viviparids, functional morphology, repair marks
Ključne riječi: viviparidi, funkcionalna morfologija, tragovi zaraštanja

This paper is an attempt to explain biomechanical function of gastropod shell ornamentation at the viviparid example. Ornamentation of the external shell surface usually increases shell strength, but ornamentation in specific morphological characters can be functional in many different ways and it can be very difficult, or almost impossible to determine its function. Some morphological features protect gastropod shell against crushing, others from peeling or sinking in the soft sediment.

A thick and massive shell is usually a good passive defence strategy against predator attacks, but this hardly can be the best solution since the high metabolic cost of producing and carrying heavy carbonate shell. Unsuccessful and not lethal attack on gastropods may result in shell regeneration. Traces of such non-fatal peeling in gastropods can be seen as scars, or damaged areas on the shell surface and its structure. Not lethally damaged shells in aperture area are regenerated by the mantle edge activity. A more resistant shell should result in less successful predation, but in a higher number of shells with small damages (VERMEIJ et al., 1981).

Two morphologically distinct viviparid groups were selected; gastropods with smooth shell and gastropods with spiral rib ornamented shells. In this study a species-level distinction was not implemented, but rather simple morphogroups were selected and analysed. A number of smooth and ornamented viviparid shells were collected in the field and analyzed by repair mark examination, numerical modelling (Finite Element Modelling – FEM), and scanning electron microscopy.

The shell geometry was reconstructed from the transverse sections of the shells using Mathematica software and general equations for shell coiling. The model was transferred to a general purpose finite element analysis program (ANSYS rev 5.5, Cybernetic System, Tokyo, Japan).

On the collected gastropod specimens, it can be seen that repaired damage of the aperture on the ornamented viviparids are more frequent than on the smooth ones. Damage reconstructed by repair mark analysis of ornamented and smooth viviparid shells is comparable with zones of maximum stress intensity plotted on FEA models. Fig. 1 showing repair mark damage on ribbed gastropod shell and segment of ribbed shell model with stress intensity contours plotted, Fig. 2 is the same plot for smooth shell. Stress intensity plotted as a contour plot on the smooth gastropod shell is symmetrical in shape and not showing any preferential stress direction, according to this, damage of the smooth shell is

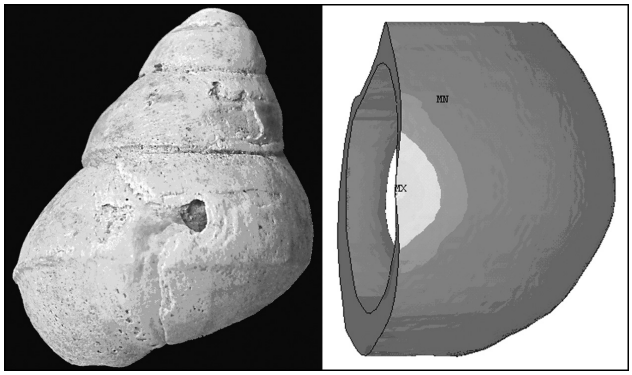


Figure 1. Repair mark shape and size on the real ribbed shell is in good accordance with predicted damage on FEA models for ribbed shell.
Slika 1. Oblik i veličina tragova zaraštanja na rebrastim kućicama može se dobro povezati s očekivanom štetom na FEA modelima za rebraste kućice.

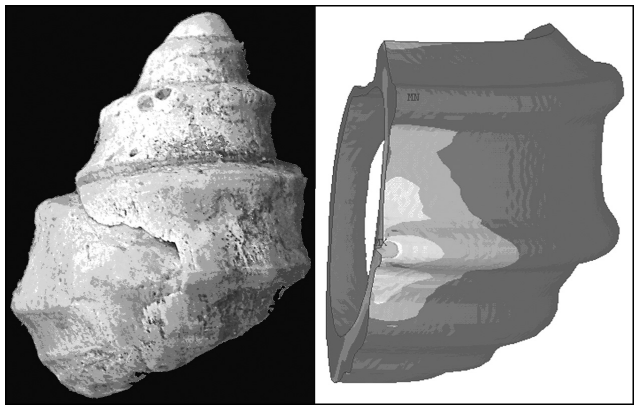


Figure 2. Repair mark and FEA model for smooth shell.
Slika 2. Tragovi zaraštanja i FEA model za glatke kućice.

symmetrical in shape and is not directed with some morphological features. Ribbed shell contour plot showing maximal stress intensity concentrated in the rib direction which is very similar to the repair mark on the Fig. 1.

If smooth forms tended to achieve the same resistance as the ribbed ones, they would have to use significantly more material for the formation of the shell and thus they would be proportionally heavier, requiring more food and more energy.

Strengthening of the shell in smooth viviparids requires large amounts of material to achieve small increase of thickness and second moment of area, which at the same time significantly increases the weight of the complete shell – in contrast to the ribbed forms, which achieve stronger strengthening of the shell with smaller amounts of used material, and which also causes the decrease of the shell weight. To increase the shell strength, shell material is shifted away from the middle plane in the direction of the outer side of the shell which in fact presents the formation of a more or less pronounced rib. So it follows that high rib will "shift" material away from the neutral plane of the shell wall more than just a smooth wall. Taxonomical composition of morpho-groups does not influence our interpretations in this paper (POSILOVIĆ & BAJRAKTAREVIĆ, 2010).

REFERENCES

POSILOVIĆ, H. & BAJRAKTAREVIĆ, Z. (2010): Functional morphological analysis of evolution of ribbing in Pliocene viviparid shells from Croatia.– Lethaia, doi 10.1111/j.1502-3931.2009.00209.x

VERMEIJ, G.J., SCHINDEL D.E. & ZIPSER, E. (1981): Predation Through Geological Time: Evidence from Gastropod Shell Repair.– Science, 214, 1024–1026.

Biostratigraphy, phylogeny and paleobiology of Eocene planktonic foraminifera from the North Adriatic Sea

Biostratigrafija, filogenija i paleobiologija eocenskih planktonskih foraminifera iz sjevernog Jadrana

Vlasta Premec Fuček, Morana Hernitz Kučenjak & Renata Slavković

INA-Industrija nafte, d.d., SD Istraživanje i proizvodnja nafte i plina, Sektor za upravljanje i inženjering polja, Služba laboratorijskih ispitivanja IPNP, Lovinčićeva b.b., 10 002 Zagreb, Hrvatska

Key words: planktonic foraminifera, Middle and Late Eocene, diversity, isotopes, paleoenvironment, paleoclimatology, paleooceanography, North Adriatic Sea
Ključne riječi: planktonske foraminifere, srednji i gornji eocen, raznolikost, izotopi, paleookoliš, paleoklima, paleooceanografija, sjeverni Jadran

The middle and late Eocene sediments from the Istra more-3, Istra more-4 and Istra more-5 wells consist of hemipelagic deposits of marls and clayey marls with exeptionally well preserved planktonic foraminifera. The succession studied was deposited on the eastern edge of the Venetian Basin in a slope to basinal environment.

Biostratigraphic analyses were made on drill cuttings and five cored intervals. Standard planktonic foraminiferal zones from E8 to E16 were identified (BERGGREN & PEARSON, 2005). Due to the possible reworking of drill cuttings, a zonal scheme which emphasizes highest occurrences (HO) of the index taxa has been used. Besides the zonal markers, the evolutionary lineage of the *Turborotalia cerroazulensis* group, as well as the species succession of the genus *Globigerinatheka*, were useful for biostratigraphic analyses.

Tropical to subtropical planktonic foraminiferal assemblages of the Zone E8 have been determined in Istra more-5 well and in cored interval of the Istra more-3 well (1964–1967 m). Muricate warm water taxa *Acarinina, Igorina* and *Morozovelloides* were dominant component of these assemblages. Inside the Zone, first occurrence of a few species of the genus *Morozovelloides* (*M. bandy, M. crassatus* and *M. coronatus*) has been noticed.

Speciation of the *Globigerinatheka* was the main characteristic of the E9 Zone. Five species have been determined: *G. subconglobata, G. mexicana*, *G. barri, G. index,* and *G. curry*. Besides them, acarininids and subbotinids are dominant in the assemblages. By the end of the zone, *M. aragonensis* dissappeared and *Igorina broedermanni* became very rare.

The main signature of the E10 Zone is a rich and highly diversified planktonic foraminiferal association (32 species), in which the acarininids and morozovelloids are dominant (35%). Important in assemblages are also subbotinids (25%), turborotalids (20%) and globigerinathekids (5%), defined in the cored interval (1557–1565 m) from Istra more-5 well. At the same time, samples in Istra more-3 and Istra more-4 contain different assemblages, with abundant subbotinids and turborotalids, whereas muricate taxa are absent or very rare. In these wells *Turborotalia pomeroli*, *T. possagnoensis* and *T frontosa* successfully co-existed during the Zone.

In the E11 Zone, all groups mentioned in previous Zones persisted. *Morozovelloides crassatus* and *Acarinina pseudotopilensis* remain abundant, but only in Istra more-5 well. Near the end of the Zone, *Turborotalia frontosa* and *T. possagnoensis* disappeared, whereas *T. pomeroli* and a new species *T. cerroazulensis,* become more frequent. The last occurrences of the several muricate species have also been detected: *Acarinina bullbrooki*, *A. topilensis* and *Morozovelloides lehneri*.

During the E12 Zone planktonic foraminiferal assemblage is highly diversified and productive. Beside *Turborotalia pomeroli* and *T. cerroazulensis*, with few specimens occurred *T. altispiroides*. In the Istra more-5 well, the most abundant are warm water species *Acarinina mcgowrani* and *Morozovelloides crassatus*. Globigerinathekids are represented by *Orbulinoides beckmanni* and *Globigerinatheka euganea*. Subbotinids remain important component in these assemblages.

Assemblages of the E13 zone are characterized by persistence of the subtropical fauna (*Acarinina*, *Morozovelloides*, *and Globigerinatheka*) as well as by speciation of the cool water species like *Dentoglobigerina galavisi* and *D. pseudovenezuelana*. Turborotalids and globigerinathekids still remain successful groups in planktonic assemblages. The end of the Zone is marked by the extinction of all large acarininids and *Morozovelloides crassatus.* This extinction event is very well documented in the Istra more-5 well.

At the E14/E15 boundary, high-resolution biostratigraphic and isotope analyses have been conducted on a 6 m cored

interval from Istra more-5 well (1170–1176m). Two extinction horizons of the muricate species have been recorded. The first extinction level is at 1172.6 m, where large acarininids (*Acarinina mcgowrani*) abruptly disappear. Only small acarininids, represented by *A. medizzai*, *A. collactea* and *A. echinata*, persisted into the late Eocene. *Morozovelloides crassatus* occurs in the fine fraction (160–250 μm) up to the depth of 1171.80 m. Above this depth no specimens have been found. The 80 cm interval between two extinctions levels, corresponds to approximately 10 kyr, according to the long-term average sedimentation rate of 8 cm per 1 kyr. Multi-species oxygen and carbon stable isotope analyses are used to define their relative depth habitats in the well stratified water column (PEARSON et al., 2001; WADE & PEARSON, 2008). *Acarinina mcgowrani* is species with the lightest $\delta^{18}O$, suggesting calcification in the warmest surface water and temperatures of about 24°C. The heavier $\delta^{13}C$ values values show *Globigerinatheka index* and *G. barri* which probably occupied upper mixed layer, whereas both *Turborotalia pomeroli* and *T. cerroazulensis* constantly show thermocline habitat. Sub-thermocline waters inhabited only *Catapsydrax unicavus.* Fluctuation in both $\delta^{18}O$ and $\delta^{13}C$ values near and between two extinction levels could imply changes of ocean circulation and instability of the water column, possibly indicating a period of increased ecological stress for all group of planktonic foraminifera. After both extinction events the $\delta^{13}C$ values show less variability suggesting a period of stability in ocean circulation.

In the E14 Zone, muricate taxa were replaced by increased number of cool-water prefering taxa like *Subbotina, Turborotalia, Globoturborotalita, Catapsydrax* and *Pseudohastigerina.* Although *Globigerinatheka barri* and *G. mexicana* successfully persisted in that period, they became extinct by the end of the Zone.

E15 Zone was characterized by speciation of microperforate *Tenuitella* and *Globoturborotalita*, as well as by the first occurrence of the *Turborotalia ampliapertura*. *Globigerinatheka index* and G. *luterbacheri* became extinct at the E15/E16 boundary. Due to the mentioned speciation, the total diversity still stays high (28 species). Generally, assemblages were dominated by cool-water preferring taxa similar as in the previous zone, indicating the changing climate.

Planktonic foraminiferal assemblage of the late Eocene E16 Zone is rich and moderately diversified (28 species). The most common species are *Turborotalia cocoaensis* and *Subbotina linaperta*. Three genera record the highest percentages: *Subbotina* (30%), *Turborotalia* (20%) and *Globoturborotalita* (14%), whereas *Dentoglobigerina* (9%) and *Catapsydrax* (8%) are less abundant. *Turborotalia ampliapertura* is very rare in the late Eocene and becomes more frequent after boundary.

The Eocene/ Oligocene boundary in the Adriatic Sea is clearly defined by the extinction of all hantkeninids, the *Turborotalia cerroazulensis* group as well as the last globigerinathekids species *Globigerinatheka tropicalis*, indicating strong climate deterioration and global cooling. This boundary is also characterized by abundant occurrence of microperforate taxa such as *Chiloguembelina (C. ototara, C. cubensis), Tenuitella (T. praegemma, T. gemma*) and by the first appearance of the tiny species *Cassigerinella chipolensis.*

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.

PEARSON, P.N., SHACKLETON, N.J. & HALL, M.A. (1993): Stable isotope paleoecology of middle Eocene planktonic foraminifera and multi-species isotope stratigraphy, DSDP SITE 523, South Atlantic.– Journal of Foraminiferal Research, 23/2, 123–140.

WADE, B.S. & PEARSON, P.N., N. (2008): Planktonic foraminiferal turnover, diversity fluctuations and geochemical signals across the Eocene/Oligocene boundary in Tanzania.– Marine micropaleontology, 68, 244–255.

Dijagenetske promjene na stijenkama kućica planktonskih foraminifera

Diagenetic changes on the planktonic foraminiferal tests

Renata Slavković, Vlasta Premec Fuček & Morana Hernitz Kučenjak

INA-Industrija nafte, d.d., SD Istraživanje i proizvodnja nafte i plina, Sektor za upravljanje i inženjering polja, Služba laboratorijskih ispitivanja IPNP, Lovinčićeva b.b., 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: planktonske foraminifere, eocen, struktura stijenke, dijagenetske promjene, sjeverni Jadran
Key words: planktonic foraminifera, Eocene, wall texture, diagenetic changes, north Adriatic Sea

Duboke istražne bušotine Istra more smještene su u sjevernom dijelu Jadranskog mora i pripadaju rijetkim svjetskim lokalitetima s iznimno dobro očuvanim planktonskim foraminiferskim zajednicama. Kućice planktonskih foraminifera, koje su u potpunosti izgrađene od kalcita, predstavljaju dragocjene podatke u kojima su zapisani paleooceanografski i paleoklimatski uvjeti nekadašnjih marinskih okoliša, a posredno ih iščitavamo iz kvalitetnih rezultata izotopnih analiza. Očuvanost kalcitnih kućica jedan je od najvažnijih elemenata koji omogućavaju filogenetske i taksonomske studije (HEMLEBEN & OLSSON, 2006).

Dijagenetski procesi koji utječu na prvobitni sastav i strukturu kućica najmanje se osjećaju u glinovito laporovitim stijenama koje su zastupljene u eocenskim sedimentima sjevernog Jadrana. Unatoč tomu, detaljna proučavanja na skanirajućem elektronskom mikroskopu (SEM) otkrila su nekoliko vrsta promjena primarnih struktura na stijenkama kućica. Najčešće dijagenetske promjene na kućicama planktonskih foraminifera, a koje se događaju u različitim fazama dijageneze, su slijedeće:

1. Rekristalizacija

Rekristalizacija reda veličine nekoliko mikrona najčešće nije vidljiva pod svjetlosnim mikroskopom, a novonastala struktura stijenke može se uočiti jedino na SEM-u.

Primjer rekristalizacije glatke, homogene kriptokristalaste stijenke prisutan je npr. kod vrsta roda *Hantkenina* (Sl. 1-A), kada se pod velikim povećanjima od 2000-4000x uočava hrapava površina prekrivena sitnim kristalima kalcita.

2. Stvaranje kalcitne kore

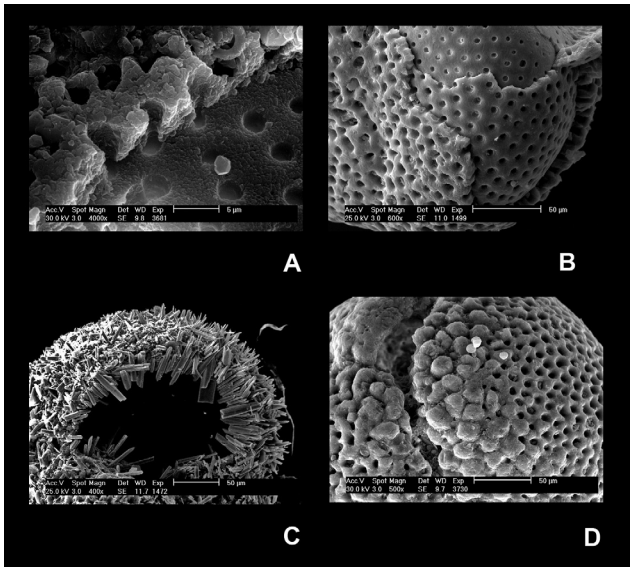
Kalcitna kora počinje se stvarati na površini nekih kućica kada one dospiju na morsko dno. Izlučuju se krupni, nepravilni grumeni kalcita koji mogu potpuno prekriti primarnu strukturu.

3. Korozija stijenke ili selektivno otapanje stijenke

Korozija stijenke zabilježena je kod vrsta rodova *Globorotaloides* i *Acarinina*. Primarna stijenka je otopljena u obliku nepravilno raspoređenih rupica, pa sve do otapanja većih dijelova kućice kod vrsta koje su jače podložne otapanju, npr.kod vrste *Acarinina truncatulinoides*.

4. Alteracija ili zamjena

Alteracija ili zamjena zamijećena je kod samo nekoliko primjeraka. U novim uvjetima izlučuju se veliki idiomorfni kristali koji u potpunosti mogu prekriti primarnu strukturu stijenke (Sl. 1-C). Ovi veliki kristali mogu biti vidljivi i pod svjetlosnim mikroskopom. Budući da je ova pojava primije-



Slika 1. Fotografije dijagenetski izmijenjenih stijenki kućica planktonskih foraminifera snimljenih skanirajućim elektronskim mikroskopom; A – rekristalizacija stijenke kod roda *Hantkenina*, B – ljuštenje stijenke kod roda *Turborotalia*, C – alteracija stijenke kod vrste *Globigerinatheka index*, D – gametogeni kalcit kod vrste *Globigerinatheka index*.

Figure 1. Scanning Electron Microscope images of diagenetic modified walls of the planktonic foraminifera: A – wall recryistallization of the genus *Hantkenina*, B- dissolution of the test -"peeled off"- of the genus *Turborotalia*; C- wall alteration of the species *Globigerinatheka index*; D – gametogenic calcite of the species *Globigerinatheka index.*

ćena na samo nekoliko primjeraka, nije nam poznata pojava koja je do nje dovela.

5. Defolijacija ili ljuštenje ("peeled off")

Defolijacija ili ljuštenje zapaženo je kod vrsta grupe *Turborotalia cerroazulensis* (Sl. 1-B). U neposrednoj je vezi s bilamelarnom teksturom stijenki planktonskih foraminifera, odnosno načinom kalcifikacije. Svaka stijenka nastaje izlučivanjem kalcita na vanjskoj i unutrašnjoj strani primarne organske membrane – POM, (HEMLEBEN et al., 1989), što rezultira bilamelarnom stijenkom. Proces se ponavlja kod stvaranja svake nove klijetke, a rezultat toga je višeslojna stijenka, koja se tijekom dijageneze može ljuštiti.

6. Zapunjavanje kućica

Zapunjavanje kućica također se odvija nakon što one dospiju na morsko dno i bivaju zapunjene u najvećem broju slučajeva piritom, glaukonitom, kao i glinovitim materijalom, najčešće kaolinitom. Pri tome inače svijetle kućice dobivaju tamniju boju i nisu pogodne za izotopne analize.

7. Dijagenetski izazvana ornamentacija kućica

Dijagenetski izazvana ornamentacija kućica manifestira se na površini stijenke u obliku manjih ili većih kalcitnih bodlji. One mogu dovesti do zabune kod proučavanja jer podsjećaju na primarnu ornamentaciju koju izlučuje jedinka za svoga života.

8. Gametogeni kalcit

Gametogena kalcifikacija je važna pojava koja se odvija za života jedinke. Ona predstavlja biogeni proces dodavanja nepravilnih kalcitnih grumena na površinu kućice, kojim se kućica otežava i do 30% (BÉ, 1980). Događa se oko 16 sati prije odbacivanja gameta i zapravo predstavlja evolucijsku prilagodbu kojom se omogućuje tonjenje kućice u dublje slojeve stupca vode, koji su bogati nutrijentima, i time vjerojatno favoriziraju preživljavanje mladih jedinki i daljnju egzistenciju vrste. Ova pojava zamijećena je kod mnogih skupina planktonskih foraminifera, a najočitija je kod vrsta roda *Globigerinatheka* (Sl. 1-D) te kod vrste *Subbotina senni*.

Ponekad je teško razlikovati tako nastali gametogeni kalcit koji jedinka izlučuje u zadnjoj fazi svog reproduktivnog ciklusa od kalcitne kore (2).

LITERATURA

BÉ, A.W.H. (1980): Gametogenic calcification in a spinose planktonic foraminifera, Globigerinoides sacculifer (Brady).– Marine Micropaleontology, 5, 283–310.

HEMLEBEN, C., SPINDLER, M. & ANDERSON, O.R. (1989): Modern Planktonic Foraminifera.– Springer-Verlag, New York, 363 str.

HEMLEBEN, C. & OLSSON, R.K. (2006): Wall textures of Eocene Plamktonic Foraminifera.– In: PEARSON, P.N., OLSSON, R.K., HUBER, B.T., HEMLEBEN, C. & BERGGREN, W.A. (eds.): Atlas of Eocene Planktonic Foraminfera. The Cushman Foundation for Foraminiferal Research, Special Paper, 41, 47–66.

Paleozoic and Mesozoic succession of sediments in Al Bahra-1 well (Syria)

Paleozojsko-mezozojski slijed naslaga u bušotini Al Bahra-1 (Sirija)

Branko Sokolović[1], Zlata Ivaničeк[1], Ninoslav Sabol[1], Damir Stanković[1], Vladimir Veseli[1], Krešimir Krizmanić[1], Georg Koch[2] & Jasenka Sremac[3]

[1]INA – Industrija nafte d.d., Exploration & Production BD, Field Engineering & Operations Sector, E&P Research Laboratory Department, Lovinčićeva bb, 10 000 Zagreb, Croatia

[2]Croatian Geological Survey, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Croatia

[3]Department of Geology, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb, Croatia

Ključne riječi: silur, karbon, perm, trijas, kreda, litostratigrafske formacije
Key words: Silurian, Carboniferous, Permian, Triassic, Cretaceous, Lithostratigraphic Formations

The vertical exploration well Al Bahra-1 is located in the Hayan block in Syria. It has penetrated 4147 m of sediments ranging from the Upper Cretaceous to the Silurian.

The succession of sediments began with the Markada Formation (4147–3165 m) of the Palaeozoic, identified at the bottom of the well. Sediments are composed of shale (in places sandy) with a lot of opaque materials (probably magnetite) and lenses of siltstone and quartzarenite. The Early Carboniferous age is confirmed on the basis of palynofloristic sporomorph composition (*Cingulizonates* sp., *Vallatisporites* sp. div., *Spelacotriletes* sp. div., *Raistrickia* sp.). Sedimentation probably took place in c***ontinental***-marine ***transitional*** paleoenvironments, as lacustrine-swamp to tidal flat sediments, with some fluviatile influence.

The Tanf Formation (3165–3120 m) of the Silurian, consisted of shale, sandy shale and opaque material (probably magnetite) seemed to be brought into abnormal contact with the Carboniferous sediments beneath. The Carboniferous deposits occured below and above the Silurian deposits, therefore reverse faulting should be taken into consideration. According to the palynofloristic assemblage (MOLYNEUX et al., 1996) represented by *Multiplicisphaeridium* sp. div., *Evittia* sp. div., *Cymbosphaeridium* sp. div., *Lophosphaeridium* sp. div. and *Veryhachium* sp. div., the sediments are dated as Silurian in age. Lithology and palynofacies characteristics indicate deposition in relatively proximal marine shelf environment with some fluviatile influence.

The Markada Formation (3120–1060 m) of the Palaeozoic follows. The deepest part of this interval (3120–2415 m) is consisted of claystone/shale with opaque materials (probable magnetite), as well as lenses and laminae of bioclastic limestone (W/P), biomicrite (W), crystalline dolomite with anhydrite and gypsum, siltstone, quartzarenite and litharenite. The next interval (2415–1610 m) is made of mudstone/shale in places sandy and conglomeratic, rarely altered to greywacke, with lenses or laminae of quartzarenite to subarkose, siltstone, claystone and seldom aphano to crystalline dolomite. The series ends with the hematitic mudstone/shale (in some places sandy and conglomeratic or turn into the greywacke) and sporadically with quartzarenite of the last interval (1610–1060 m). Carboniferous age has been defined by very rich fossil assemblages. The most significant microfossils are: *Ammarchaediscus explanatus* VDOVENKO, *Omphalotis omphalota* (RAUSER-CHERNOUSSOVA & REITLINGER), *Planoendothyra spirilliniformis* (BRAZHNIKOVA & POTIEVSKA), *Endothyra* cf. *similis* (RAUSER-CHERNOUSSOVA & REITLINGER), *Pseudoammodiscus parvus* (REITLINGER), *Pseudoammodiscus*– sp., "*Endothyra"* ex gr. *bowmani* PHILLIPS, *Endothyra"* sp., *Omphalotis*? sp., *Tetrataxis* sp. and Bryozoa. Also, numerous sporomorph assemblage (OWENS, 1996) are determined: *Calamospora* sp. div., *Leiotriletes* sp., *Punctatisporites* sp. div., *Punctatosporites* sp., *Retusotriletes* sp., *Lophotriletes* sp., *Anaplanisporites* sp. div., *Acanthotriletes* sp., *Spelaeotriletes* sp., *Verrucosisporites* sp., *Convolutisporites* sp., *Reticulatisporites* sp., *Raistrickia grovens*, *Lycospora* sp., *Densosporites* sp., *Cingulizonates* sp., *Vallatisporites* sp. div., *Vallatisporites* cf. *pusillites*, *Vallatisporites verrucosus* and *Vallatisporites vallatus*. Sediments most probably originated in the transitional (deltaic) environment with occasional short marine episodes (perireef).

The Palaeozoic Amanus Sand Formation and the Mesozoic Amanus Shale Formation follow. In this interval (1060–790 m) quartzarenite (in places with characteristic of sublitharenite, or subarkoze), litharenite, shale and tuff are defined. Since there are no relevant microfossils, and palynomorphs are rare and poorly preserved (?*Endosporites* sp.,?*Densoisporites* sp.,?*Cyclotriletes* sp.,?*Veryhachium* sp.), the Permian to Scythian age is just supposed on the basis of correlation with previous investigated wells, EK logs and lithology. Depositional environment was most probably transitional to continental.

Next is the Kurrachine Dolomite Formation of the Middle Triassic (790–570 m) composed of dolomite (very finely to medium, sporadically coarsely, crystalline), in places sandy and recrystalized dolomicrite (aphanocrystalline to very finely crystalline dolomite) and sporadically volcanoclastic (?) breccia and shale. Microfossil association is very poor or almost absent. Sporomorphs are abundant: *Punctatisporites* sp., *Todisporites* sp. div., *Heliosaccus dimorphus*, *Cannanaropollis scheuringii*, *Vitreisporites pallidus*, *Brachysaccus neomundanus*, *Brachysaccus ovalis*, *Sulcatisporites kraeuseli*, *Alisporites* sp. div., *Falcisporites* sp. div., *Platysaccus queenslandiae*, *Minutosaccus crenulatus*, *Samaropollenites speciosus*, *Parillinites* sp., *Angustisulcites* sp., *Voltziaceaesporites heteromorpha*, *Triadispora* sp. div., cf. *Stellapollenites thiergartii*, *Lunatisporites acutus*, *Lunatisporites pellucidus*, *Striatoabieites balmei*, *Aulisporites astigmosus*. Phytoplankton (*Leiosphaeridia* sp., *Michrystridium* sp. div.) and Chlorophyceae (*Botryococcus* sp.) are represented rarely. Based on the palynofloristic assemblages (730–720 m) the Late Anisian to Early Ladinian age is defined. Lithology and palynofloristic assemblages indicate peritidal – supratidal environment.

The Kurrachine Dolomite (570–311 m) Formation consisted of very finely to coarsely crystalline dolomite with laminae of organic matter and early diagenetic acicular and nodular anhydrite, micrite (M) in places dolomitized, dolomitized ooidic bioclastic limestone (W/P) and claystone to clayshale continues into the Upper Triassic as well (LUČIĆ et al., 2003). Microfossils are rare. Besides fragments of echinoderms, ostracods and thin mollusc shells, together with Middle to Late Triassic benthic foraminifera have been found: *Frondicularia xiphoidea* KRISTAN-TOLLMANN, *Frondicularia* sp., *Agathamminoides* sp., *Semiinvolutina* sp. and *Aulotortus* sp. On the basis of the recovered palynofloristic assemblages represented by *Minutosaccus crenulatus*, *Samaropollenites speciosus*, *Patinasporites densus*, *Pseudenzonalasporites summus*, *Froehlichsporites traversei*, *Partitisporites* sp., *Partitisporites verrucosa*, *Duplicisporites* sp., *Camerosporites secatus*, the deposits of the analysed samples are dated more precisely as Carnian in age (YAROSHENKO & BASH IMAM, 1995). Sediments are deposited in supratidal with sabhka environment.

Discordantly follows the Judea Formation of the Upper Cretaceous (311–202 m) composed of dolomite (aphanocrystalline, very finely crystalline and coarsely crystalline with visible vugy porosity). Only rare undeterminable small benthic foraminifera, thin mollusc shells, gastropods and ostracods have been found. On the basis of correlation with previously investigated wells, EK logs, and lithology the age of whole interval has been estimated as Late Cenomanian – Turonian. Sedimentation took place in the shallow subtidal – supratidal environment.

The Soukhne Formation of the Upper Cretaceous (202–150 m), consisted of fossiliferous marls to calcareous marlstones came after. Both planktonic and benthic foraminifera (*Heterohelix globulosa* (EHRENBERG), *Archaeoglobigerina blowi* PESSAGNO, *Muricohedbergella* sp.) have been identified. On account of recovered microfossil assemblages and EK logs, deposits are dated as Coniacian – Early Campanian in age. Environment of deposition is outer shelf to deep marine.

The Shiranish Formation of The Upper Cretaceous (150–45 m) made of fossiliferous clay marl and fossiliferous marl to calcareous marlstone ends the succession of sediments in Al Bahra-1 well. The microfossil association of rare planktonic foraminifera *Macroglobigerinelloides prairiehillensis* (PESSAGNO), *Muricohedbergella* sp. and *Bulimina sp.* defines Late Campanian to Maastrichtian age. Sedimentation took place in outer shelf to deep marine depositional environment.

REFERENCES

LUČIĆ, D., KOCH, G., FORŠEK, G., MARETIĆ, S., BALAŽ-BOROMISA, E., KRIZMANIĆ, K., ŠPANIĆ, D., MESIĆ, I. & BUBNIĆ, J. (2003): Lithofacies, palynofacies and organic facies of Triassic evaporitic-carbonate succession: Examples from Croatian off-shore and Syrian on-shore wells.– 22nd IAS Meeting of Sedimentology, Opatija. Abstracts Book, 111.

MOLYNEUX, S.G., Le HÉRISSÉ, A. & WICANDER, R. (1996): Palaeozoic Phytoplankton.– In: JANSONIUS, J. & McGREGOR, D.C. (eds.): Palynology: Principles and Applications. AASP Foundation, 2, 493–529.

OWENS, B (1996): Upper Carboniferous Spores and Pollen.– In: JANSONIUS, J. & McGREGOR, D.C. (eds.): Palynology: Principles and Applications. AASP Foundation, 2, 597–606.

YAROSHENKO, O.P. & BASH IMAM, I. (1995): Age Variability of Palynomorph Compositions of the Middle and Late Triassic of Syria and their Relation to Climate and Facies.– Stratigraphy and Geological Correlation, 3/4, 375–392.

Špilja formacija murske potoline u Sloveniji
Spielfeld formation of Mura subbasin in Slovenia

Velimir Turk

Nafta Geoterm, Mlinska 5, 9220 Lendava, Slovenia

Ključne riječi: Špilja formacija, morav (M_4^1), wielic (M_4^2), kosov (M_4^3), m-marker, w-marker, Rπ-marker, D_1-horizont, A_1-horizont, šlirski razvoj, dubokomorski facies, glaukonitski pješčenjaci, tektonika, vulkanizam, magnetska polarnost
Key words: Spielfeld formation, Moravian (M_4^1), Wielician (M_4^2), Kosovian (M_4^3), m-log marker, w-log marker, Rπ-log marker, D_1-horizon, A_1-horizon, schlieric facies, deep-marine facies, glauconitic sandstones, tectonics, volcanism, magnetic polarity

Špilja formaciju (TURK, 1993) je kao formaciju badena u Sloveniji predložila L. RIJAVEC s namjerom, da se na osnovu postojećih geoloških i bušotinskih podataka (arhiv Nafte Lendava) pokuša definirati razvoj badena, kako u smislu operativnih jedinica Pg-miocena za plinski rezervoar polja Petišovci, tako i u stratigrafsko-tektonskom smislu razvoja Paratetisa i Panonskog bazena.

Paleontološki je definiran srednji baden u facijesu foraminifera s pješčanim kućicama, donji baden u facijesu *Orbulina suturalis,* te gornji baden u facijesu glaukonitskih pješčenjaka (HANSEN, 1987.). Međutim, još uvijek nije paleontološki riješen problem granice prema karpatu i sarmatu.

Interdisciplinarnom analizom geokemijskih, mineraloško-petrografskih, sedimentološko-stratimetrijskih (PILLER, 2007), karotažno-geofizičnih podataka, u korelaciji s regionalno tektonsko-strukturnim odnosima (TUNYI, 2005), jasnije je i prihvatljivije definiran razvoj badena u Sloveniji (TURK, 2009).

LITERATURA

HANSEN, H.-J., MÜLLER, C. & RÖGL, F. (1987): Paleobathymetry of Middle Miocene (Badenian) marine deposits at the Weissenegg querry (Styrian Basin, Austria).– Ann. Naturhist. Mus., 89A, 15–36, Wien.

PILLER, W.E., HARZHAUSER, M. & MANDIC, O. (2007): Miocene Central Paratethys stratigraphy – current status and future directions.– Stratigraphy, 4/2–3, 151–168.

TUNYI, I., VASS, D., KAROLI, S., JANOCKO, J., HALASOVA, E., ZLINSKA, A. & BELACEK, B. (2005): Magnetostratigraphy of Badenian evaporite deposits (East Slovak Basin).– Geologica Carpathica, 56/3, 273–284.

TURK, V. (1993): Reinterpretacija kronostratigrafskih in litostratigrafskih odnosov v Murski udorini.– Rudarsko-metalurški zbornik, 40/1–2, 145–148.

TURK, V. (2009): Litho- and Chronstratigraphic Table of The Mura Sub-Basin.– Arhiv Nafte Lendava, neobjavljeno.

Stratigraphic-structural interpretation of SE Palmyrides (Syria)

Stratigrafsko-strukturna interpretacija jugoistočnih Palmirida (Sirija)

Vladimir Veseli[1], Krešimir Krizmanić[1], Damir Takač[2], Bruno Tomljenović[3] & Georg Koch[4]

[1]INA – Industrija nafte d.d., Exploration & Production BD, Field Engineering & Operations Sector, E&P Research Laboratory Department, Lovinčićeva bb, Zagreb, Croatia

[2]INA – Industrija nafte d.d., Exploration and Production BD, Geology & Reservoir Management Sector, Geomodel Development Department, Šubićeva 29, Zagreb, Croatia

[3]University of Zagreb, Faculty of Mining, Geolgy & Petroleum Engineering, Pierottijeva 6, 10 002 Zagreb, Croatia

[4]Croatian Geological Survey, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Croatia

Key words: SE (Frontal) Palmyrides, fold-thrust belt, Khnifes-Al Bahra Area, Syria
Ključne riječi: JI Palmyridi, borano-navlačni pojas, Khnifes-Al Bahra područje, Sirija

The territory of Syria is divided into the following four major tectonic units: the Palmyrides fold-thrust belt, the Euphates Graben or Depression, the Abd el Aziz – Sinjar Uplift and Dead Sea Fault System. The Palmyrides fold-thrust belt is the most extensive and topographically prominent tectonic zone in Syria. It represents a 400 km long, NE-SW trending intracontinental fold-thrust belt, formed in between the two relatively undeformed tectonic blocks known as the Allepo Plateau on the north and the Rutbah Uplift on the south. To the east and west the Palmyrides are bounded by the Euphrates and Dead Sea fault systems, respectively. This fold-thrust belt is usually subdivided into SE (or Frontal) Palmyrides and the NW (or Central) Palmyrides, separated by Jhar fault located at the northern edge of the Al Daww Depression in between the SW and NE Palmyrides. During most of the Phanerozoic the Palmyrides belt was a sedimentary depocenter, with several kilometres of Palaeozoic and Mesozoic sediments accumulated in the period of episodic rifting and broad subsidence (e.g. BREW et al., 2001; CHAIMOV et al., 1992). Since the Late Cretaceous the Palmyrides have been subjected to episodic compression leading to folding and faulting of sedimentary pile, which resulted in formation of the modern NE-SW trending mountain range evident in topography.

The Palmyrides represent the object of special interest because of the Hayan block, the most important exploration/production privilege of INA Industrija nafte d.d. in Syria. This concession occupies the northern part of Palmyrides, the northeastern part of the Al Daww Depression and the part of the SE (Frontal) Palmyrides.

The SE (Frontal) Palmyrides represents the NE-SW trending fold-thrust belt, which extends from Damascus for more then 200 km due northeast. They are divided into two areas with sum of five INA's exploration wells. The Palmyra Area occupies northeastern part with wells Palmyra-1, -2 and -3. The Khnifes – Al Bahra Area, the main topic of this study, where Khnifes-1 and Al Bahra-1 exploration well are located, occupies their central part.

The subsurface geology of the Khnifes – Al Bahra Area was in more detail examined by analysing the rocks samples and relevant well data obtained during drilling the Al Bahra-1 and Khnifes-1 wells in the years 2004 to 2006.

Regardless on tectonics, the idealized succession of sediments in the vertical exploration well Al Bahra-1 (see abstract: Paleozoic and Mesozoic succession of sediments in Al Bahra-1 Well) starts with the Tanf Formation of the Silurian. Subsequently to regionally determined emergence phase at the Silurian-Carboniferous boundary came the Markada Formation of the Carboniferous in age. The Permian Amanus Sand Formation and Scythian Amanus Shale Formation, although probably alienated by local unconformities, are due to a lack of information declared jointly. After a new emergence phase at the Scythian-Upper Anisian boundary, the Kurrachine Dolomite Formation of the Middle to Upper Triassic (Late Anisian to Carnian) follows. The significant tectonic activity at the end of the Triassic resulted in major regional emersion of the greater part of the Palmyrides. In the Al Bahra-1 well this stratigraphic hiatus lasted (app. 130 MY) from the Carnian to the Upper Cenomanian. Consequently, the Judea Formation of the Upper Cretaceous, Late Cenomanian to Turonian in age ***unconformably*** overlies the Triassic sediments. After most likely an additional undefined local unconformity The Soukhne Formation of the Coniacian (Santonian) to Early Campanian in age follows. The Shiranish Formation of the Upper Cretaceous, Late Campanian to Maastrichtian in age ends the borehole series of deposits.

The vertical exploration well Khnifes-1 (see abstract: Paleozoic and Mesozoic succession of sediments in Khnifes-1 Well) has drilled 3022 m of sediments ranging from the Upper Cretaceous to the Carboniferous, and not considering abnormal contacts caused by faults the basic lithostratigra-

phic column begins with the Carboniferous deposits of the Markada Formation. The next is Amanus Sand Formation of the Permian age overlied with the Amanus Shale Formation of the Scythian age. After the regional emergence phase, first the Kurrachine Dolomite Formation and than the Kurrachine Anhydrite Formation of the Middle to Upper Triassic proceed behind. The Butmah Formation of the Upper Triassic, Carnian in age follows. The recognized Palmyrides regional emersion at the end of the Triassic in the Khnifes-1 well began in Carnian and lasted to the Lower Cretaceous with lengthened duration of stratigraphic hiatus (app. 117 MY). The Rutbah Formation of the Lower Cretaceous precedes the Hayane Formation of the Lower to Upper Cretaceous, Upper Albian to Middle Cenomanian in age. The Judea Formation of the Upper Cenomanian to Turonian age follows. The Soukhne Formation of the Late Santonian to Early Campanian in age ***unconformably*** overlies previous deposits. The Shiranish Formation of The Upper Cretaceous, Late Campanian to Maastrichtian in age ends this succession of sediments.

The Khnifes – Al Bahra Area is morphologically characterized by a set of en echelon arranged NE-SW trending anticlines largely composed of Cretaceous deposits. The surface geologic features were observed around the Khnifes-1 well by field campaign in November, 2005. We proved that geological and structural relations shown on geological map of PONIKAROV (1966), as well as mapped and reconstructed by SALEL & SEGURET (1994) are in a good correlation with our field observations, except for the Triassic age of the oldest outcropping sediments that are incorrectly indicated on geological map of PONIKAROV (1966) as Jurassic. The Khnifes-1 well is located at the northwestern margin of the valley covered by Quaternary sands and silts, which unconformably rest over Paleogene limestones and marls. These sediments are nicely exposed in a huge phosphate mine at the southwestern entrance into the valley. The Kneffes valley is bounded on both sides by NW-SE trending hills where Mesozoic sediments crop out. A hill slope at the northwestern valley margin (i.e. to the northwest from the Khnifes-1 well) is composed of well layered dolomites and micrites (with chert nodules) of Cretaceous Judea Formation. Sediments moderately dip to the southeast (150/30) and going upslope pass into red-coloured ferruginous sandy dolomite of the lower part of Judea Formation. Next are the sediments of the upper part of Judea Formation, but with dipping in an opposite direction (300/10) which suggests that sediments are folded in a form of an anticline. To the northwest, layers become steeper and dip between 45 to 60° due NW into the Al Daww depression below Paleogene and Quaternary series. The sediments of Judea Formation crop out again along the hill on the opposite side of the valley (i.e. to the southeast from the Khnifes-1 well) with layers dip at about 20–30° due northwest. Consequently, sediments of the Judea Formation are expected to be penetrated by the Khnifes-1 well first close to the surface and then again at depth of ca. 400 m. Down the slope, the Judea Formation is underlain by the Hayan, Rutbah and Butmah Formations and finally by evaporites of the Kurrachine Anhydrite Formation exposed at the toe of the slope. Further eastward Paleogene and Cretaceous sediments appear again on the surface, gently dipping due northwest, i.e. structurally below the evaporites of the Kurrachine Anhydrite Formation. The repetition of Upper Triassic to Upper Cretaceous sediments, geological relations at the surface and on assembled reflection seismic section which extends from the Al Daww depression across the Khnifes anticline and to the Al Bahra-1 well indicate a complex internal structure.

REFERENCES

PONIKAROV, V.P. (1966): The geological map of Syria, Scale 1/100000. Ministry of Industry, Damascus, Syria.

BREW, G., BARAZANGI, M., AL-MALEH, A.K. & SAWAF, T. (2001): Tectonic and Geologic Evolution of Syria.– GeoArabia, 6/4, 573–616.

CHAIMOV T., BARAZANGI, M., AL-SAAD, D., SAWAF, T. & GEBRAN, A. (1992): Mesozoic and Cenozoic deformation inferred from seismic stratigraphy in the southwestern intracontinental Palmyride fold-thrust belt, Syria.– Geol. Soc. Am. Bulletin, 104/6, 704–715.

SALEL, J.F & SÉGURET, M. (1994): Late Cretaceous to Palaeogene thin-skinned tectonics of the Palmyrides belt (Syria).– Tectonophysics, 234/4, 265–290.

Pijesci i foraminiferska zajednica na odabranim lokalitetima istočne obale Jadranskog mora

Sands and foraminiferal community from selected localities along the Eastern Adriatic coast

Jelena Vidović[1], Vlasta Ćosović[1], Mladen Juračić[1], Adriana Borčić[2], Matea Čiča[1], Tamara Orešković[1] & Lea Pesjak[1]

[1]Geološki odsjek, Prirodoslovno-matematički fakultet, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb, Hrvatska
[2]Institut Ruđer Bošković, Centar za istraživanje mora, Giordano Paliaga 5, 52 210 Rovinj, Hrvatska

Ključne riječi: foraminifere, pijesak, Jadransko more, indeksi bioraznolikosti, analiza glavne komponente
Key words: foraminifers, sand, Adriatic Sea, biodiversity indices, principal component analysis

Analizirana je foraminiferska zajednica iz površinskog sloja sedimenata dna Jadranskog mora. Cilj istraživanja bio je usporediti sastav zajednica, bioraznolikost i dominaciju s istog tipa sedimenata, ali s različitih dubina i geografski udaljenih postaja.

Uzorkovanja su provedena u različitim okolišima obalne zone uzduž istočne obale Jadranskog mora, idući od sjevera prema jugu u razdoblju od 1995. do 2008: Piranski zaljev, uvala Malinska na otoku Krku, uvala Novi Vinodolski, otok Zverinac, ušće rijeke Cetine, otok Vis (6,5 km od SI obale) te tjesnac Oštro (Bokokotorska vrata). Uzorci su uzeti s dubina od 2 m do 108 m, različitim tehnikama uzorkovanja, ali laboratorijska je obrada slijedila isti protokol: ispiranje na situ promjera 63 mikrona, odvajanje u standardne pod-uzorke od oko 300 jedinki i određivanje vrsta i rodova prema kriterijima LOEBLICH & TAPPAN (1987). Sve interpretacije temelje se na ukupnoj zajednici.

Rezultati analize foraminiferske zajednice pokazali su visoku bioraznolikost tipičnu za šelfna mora normalnog saliniteta. Shannon-Wienerov indeks kreće se od 2,25 u Malinskoj, do 3,25 na ušću rijeke Cetine; Fisherov á indeks najmanji je u Malinskoj (8,9), a najveći u Piranskom zaljevu (16,8). Na svim postajama tip sedimenta je pijesak, izuzev na otoku Visu i u tjesnacu Oštro, gdje je određen glinoviti pijesak. U zajednicama dominiraju epifaunalni rodovi. U Piranskom zaljevu najbrojnija vrsta je *Textularia agglutinans* d'Orbigny (15% zajednice), a slijede *Triloculina affinis* d'Orbigny, *Peneroplis pertusus* (Foraskal), *Ammonia beccarii* (Linnaeus) i *Cribroelphidium poeyanum* (d´Orbigny). U uvali Malinska na jedinke vrste *P. pertusus* otpada čak 48% zajednice, a prema zastupljenosti slijede *Elphidium* sp. (6,28%), *Siphonaperta aspera* (d'Orbigny) i *Siphonaperta irregularis* (d´Orbigny), svaka s oko 4%. U uvali Novi Vinodolski jedinke roda *Ammonia* sačinjavaju oko 55% zajednice, a srednje zastupljene vrste su *Miliolinella* sp., *Elphidium margaritaceum* (Cushman) i *Elphidium translucens* Natland. Ispred otoka Zverinca najveći udio u zajednici (6,4%) ima vrsta *Lobatula lobatula* (Walker & Jacob), koju slijede *Asterigerinata mamilla* (Williamson), *Cibicides boueanus* (d'Orbigny), *Rosalina bradyi* (Cushman) i *Textularia conica* (d'Orbigny). Na ušću rijeke Cetine dominantne vrste su *Quinqueloculina* sp. i *Quinqueloculina seminula* (Linnaeus), koje zajedno predstavljaju 35% zajednice, zatim *Ammonia tepida* (Cushman), *Elphidium punctatum* Terquem i *Gyroidinoides* sp. Planktonske foraminifere (*Globigerina* sp., *Globorotalia* sp.) predstavljaju čak 40% ukupne zajednice. Na postaji u podmorju otoka Visa najbrojnije su jedinke roda *Globigerina* (21,4%) i vrste *T. agglutinans* (10,5%). U tjesnacu Oštro dominira vrsta *Lenticulina cultrata* (Montfort), sa skoro 11%, a slijede *Globigerina bulloides* d'Orbigny, *Globocassidulina subglobosa* (Brady) i *Melonis pompiloides* (FICHTEL & MOLL).

Analizom glavne komponente (PCA) uzorci su grupirani na slijedeći način: Piranski zaljev, uvala Malinska i Novi Vinodolski svrstani su u jednu grupu, Zverinac, Vis i tjesnac Oštro u drugu, dok je ušće rijeke Cetine odvojeno od prethodnih dviju grupa. Sastav zajednica može se protumačiti promjenom dubine mora među grupama i/ili utjecajem riječnog toka: Piranski zaljev, Malinska i Novi Vinodolski karakteriziraju manje dubine mora (od 2 do 33 m), Zverinac, Vis i tjesnac Oštro nalaze se na dubinama od 65 do 108 m, a jedina postaja pod znatnim utjecajem rijeke je ona na ušću Cetine. Na plitkovodnim postajama izrazita je dominacija pojedinih vrsta (*P. pertusus* i *Ammonia* sp.), dok sedimenti s dubljevodnih postaja sadrže veće udjele planktonskih foraminifera (što je posljedica utjecaja otvorenog mora). U tjesnacu Oštro, zbog povećanja udjela glinovite komponente u sedimentu, zajednice sadrže više infaunalnih vrsta. Ušće rijeke Cetine specifična je postaja, brojne su jedinke roda *Quinqueloculina*, a u sedimentima se nalaze i pretaložene eocenske planktonske foraminifere.

Iz sastava zajednica, dominacije vrsta, omjera epifaune i infaune, brojnosti oportunista i specijalista te udjela foraminifera prema tipovima stijenki, proizlazi da tip sedimenta dna ne igra važnu ulogu u distribuciji foraminifera, već faktori poput dubine (količine svjetla i količina hrane), ali i rivalski odnosi među vrstama foraminifera.

LITERATURA

LOEBLICH, A.R., Jr. & TAPPAN, H. (1987): Foraminiferal genera and their classification.– Van-Nostrand-Reinhold-New York, 869 p.

Zonacija srednjeg i gornjeg miocena sjeverne Hrvatske na temelju mekušaca

Middle and Upper Miocene zonation of the norhern Croatia on the base of the Molluscs

Davor Vrsaljko

Hrvatski prirodoslovni muzej, Demetrova 1, 10 000 Zagreb, Hrvatska
(davor.vrsaljko@hpm.hr)

Ključne riječi: srednji-gornji miocen, mekušci, biozona, biostratigrafija, Paratethys, panonski bazenski sustav, sjeverna Hrvatska
Key words: Middle-Upper Miocene, Molluscs, Biozona, Biostratigraphy, Paratethys, Pannonian Basin System, North Croatia

Ovaj rad sublimacija je relevantnih rezultata 15-godišnjih (1993–2008) geološko-paleontoloških istraživanja miocenskih terena sjeverne, panonske Hrvatske. Na površinskim terenima poznato je i dokazano postojanje naslaga srednjeg i gornjeg miocena koje su prosječno efektivne debljine oko 1 500 m, a u podzemlju su čak 2 do 3 puta deblje. Miocenska epoha u panonskoj Hrvatskoj dokumentirana je brojnim nalazima fosila, a litološki je predstavljena raznovrsnim, uglavnom sedimentnim stijenama. Najveći udio imaju klastiti, a najčešći su: pješčenjaci, lapori, pijesci, gline, tufovi i ugljen. Temelj radu čine dosadašnja istraživanja i publicirani rezultati o podjeli miocena u panonskoj Hrvatskoj, koja su uglavnom iskazana kroz OGK 1:100.000 i koja su bila vođena "načelima zonske vrste". Na temelju novijih istraživanja i nalaza "karakterističnih asocijacija" fosilnih mekušaca izvršena je djelomična biostratigrafska revizija i predloženo zoniranje srednjo-gornjomiocenskih naslaga kroz 19 biozona. Ovdje je predstavljeno, obrađeno i determinirano oko 250 taksona mekušaca. U ukupnoj bionomskoj komponenti najveći udio imaju školjkaši i puževi, na temelju kojih se moglo rekonstruirati paleoekološke osobitosti, indicirati i definirati geokronološku starost stijena te predložiti zoniranje miocenske epohe u panonskoj Hrvatskoj, uz relativno visoku razlučivost biostratigrafske razdiobe. Izdvojene biozone čine glavni i sastavni dio neformalnih litostratigrafskih jedinica, imenovanih i definiranih po načelima formacijske analize, tj. na temelju sukcesivnih homogenih sedimentnih cjelina (GK RH 1:50.000). Izdvojene zone ovdje nisu rangirane iz razloga nepotpunog statističkog uzorka, a potrebno ih je u budućnosti nadopunjavati, testirati i korelirati u ukupnim prostorima, tj. s ostalim taložnim bazenima nekadašnjeg Paratethysa. Na pitanje, koje si je postavila V. Kochansky-Devide još davne 1944. godine: "Kakva je fauna,....., jer svaka stepenica, svaki facijes i razvoj ima posebnu faunističku zajednicu?", ovdje se donekle pokušalo odgovoriti. Izdvojene biozone i neformalne litostratigrafske jedinice koje su uspostavljene na miocenskim površinskim terenima užeg poligona, tj. istraživanog područja (dio Pokuplja, Žumberak, Samoborsko gorje, jz. dio Medvednice) moguće je skoro u potpunosti korelirati s ostalim djelovima ukupnog panonskog bazenskog sustava. Prema najnovijim istraživanjima i uz uvažavanje postojećih literaturnih i drugih spoznaja može se izdvojiti ukupno 19 biozona, po načelu "vertikalno neponovljivih fosilnih asocijacija". Dalje navodim i predlažem biozone srednjeg i gornjeg miocena, redajući ih od starijih/donjih prema mlađim/gornjima: 1-*Myrthea-Tellina-Macoma* zona, 2-*Clavatulla* zona, 3-*Pecten-Ostrea-Cardium* zona, 4-*Lucinoma borealis* zona, 5-*Paliollum zoellikoferi* zona, 6-*Pirenella* zona, 7-*Dorsanum* zona, 8-*Ervillia-Mactra* zona, 9-*Radix croatica* zona, 10-*Lymnocardium cekusi* zona, 11-*Congeria banatica* zona, 12-*Congeria czjzeki* zona, 13-*Melanopsis* zona, 14-*Congeria partschi* zona, 15-*Dreissenomya digitifera-Paradacna abichi* zona, 16-*Lymnocardium decorum* zona, 17-*Prosodacnomya* zona, 18-*Congeria brandenburgi-Congeria croatica* zona i 19-*Melanopsis decolata-Congeria rhomboidea* zona. Već na terenskom kartiranju, "svi mi neogeničari" imali smo vrlo brza i praktična riješenja od ove i ovakove podjele miocena, a na temelju nalaza faune mekušaca. Tako je prvi test uspješno položen i našao primjenu! Miocenske mekušce treba u panonskoj Hrvatskoj posebito cijeniti jer "oni su najbolji ključ" za razumijevanje scenarija tog geološkog vremena.

Vranić: Najznačajnije nalazište fosilnih kitova u Sjevernoj Hrvatskoj

Vranić: The most important finding place of fossil whales in Northern Croatia

Davor Vrsaljko[1], Sanja Japundžić[1], Marijan Kovačić[2], Zrinka Grganić-Vrdoljak[3] & Pia Pleše[2]

[1]Hrvatski prirodoslovni muzej, Geološko-paleontološki odjel, Demetrova 1, 10 000, Zagreb, Hrvatska
(davor.vrsaljko@hpm.hr)

[2]Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geološki odsjek, Mineraloško–petrografski zavod, Horvatovac 95, 10 000, Zagreb, Hrvatska
(mkovacic@geol.pmf.hr)

[3]Geoist d.o.o., A. Nemčića, 10 430 Samobor, Hrvatska

Ključne riječi: Vranić, fosilni kitovi, Sjeverna Hrvatska
Key words: Vranić, fossil whales, Northern Croatia

Pjeskokop Vranić smješten je na jugozapadnim obrocima Papuka u blizini istoimenog sela, uz cestu Pakrac-Požega, oko 500 m sjeverno od rječice Orljave. Ležište je otkriveno 1974. godine (MARKOVIĆ, 2002), a u njemu se već desetljećima iskorištava kvarcni pijesak za staklarsku industriju u Lipiku – "Lipik-glass d.o.o." Kop je danas otvoren u visinu oko 30 m i u širinu oko 300 m.

Pijesak je najčešće srednje sortiran, srednjezrnat do krupnozrnat. U njegovom sastavu dominiraju slabo zaobljene čestice alkalijskih feldspata i kvarca, dok u zajednici teških minerala izrazito prevladava epidot. Mineraloška i strukturna nezrelost pijeska ukazuje na slabo kemijsko trošenje detritusa i njegov kratak transport. Radi se o materijalu lokalnog podrijetla čije su izvorišne stijene najvećim dijelom bile granitoidne stijene i stijene niskog stupnja metamorfizma. Takve stijene sudjeluju u građi kristaline jezgre Papuka i obližnjeg Psunja.

U donjim i središnjim dijelovima pjeskokopa nađene su brojne kosti fosilnih kitova (podred Odontoceti), pobliže dupina (porodica Delphinidae). Kosti su većinom fragmentirane i erodirane, ali obzirom na njihovu mnogobrojnost moguće je pronaći i bolje očuvane ostatke. Osobito su česti kralješci – trupni i repni, kao i kosti prednjih ekstremiteta većih i manjih primjeraka dupina. Prosječno se u 1 m^3 pijeska nađe 20-tak primjeraka fosilnog materijala.

Uz ostatke kitova, najčešće su dobro uočljivi sjajni, okruglasti zubi riba iz roda *Chrysophrys* (=*Sparus*), te brojni veći ili manji riblji kralješci. Često se mogu pronaći i vrlo karakteristični zubi morskih pasa, kao i drugi koštani ostaci riba. Neki od ostataka, koji se ne mogu pripisati ribama ili dupinima, mogli bi pripadati drugim akvatičkim sisavcima, za što je potrebna detaljnija anatomska korelacija s danas živućim vrstama.

Iako je starost naslaga najvjerojatnije postmiocenska, ovi pretaloženi fosilni ostaci vjerojatno pripadaju srednjem miocenu (sarmat-?baden). Međutim, tek će buduća istraživanja zasigurno moći detaljnije objasniti iz kojih su miocenskih slojeva ove kosti pretaložene (vjerojatno se radi o višekratnom recikliranju!).

Fosilni kitovi pronađeni su do sada u sarmatskim naslagama Radoboja – *Delphinopsis freyeri* MÜLLER (MÜLLER, 1853) i na Medvednici (Podsused) – *Mesocetus agrami* Van BENEDEN, *Platanista croatica* GORJANOVIĆ-KRAMBERGER, *Delphinapterus* sp., *Champsodelphis* sp. (GORJANOVIĆ-KRAMBERGER, 1892).

Među prvima, koji su otkrili značaj pjeskokopa Vranić i već koncem prošlog stoljeća objavili i dobrohotno ustupili fosilni materijal Hrvatskom prirodoslovnom muzeju, naši su kolege geolozi Mato Brkić i Domagoj Jamičić. Djelomičnu interpretaciju fosilne faune iz Vranića dao je i Darko Rukavina. U proteklih nekoliko godina, istraživanje ovog nalazišta se nastavilo pa je prikupljeno više od 500 fosilnih kostiju. Vrijedni sakupljači bili su: D. Vrsaljko, S. Japundžić, D. Japundžić, Z. Grganić-Vrdoljak, J. Radovčić i M. Jelenko.

Lokalitet Vranić zasigurno zaslužuje svekoliku pozornost hrvatskih prirodoslovaca kao jedno od rijetkih nalazišta fosilnih kitova, pa je stoga nužna temeljitija obrada fosilnih nalaza i eventualna zaštita ove vrijedne "nacionalne geobaštine".

LITERATURA

GORJANOVIĆ-KRAMBERGER, D. (1892): O fosilnih Cetaceih Hrvatske i Kranjske.– Rad JAZU, 111, 1–21, Zagreb.

MARKOVIĆ, S. (2002): Hrvatske mineralne sirovine.– Institut za geološka istraživanja, 542 str., Zagreb.

MÜLLER, J. (1853): Bericht über ein neu entdectes Cetaceum aus Radoboy, Delphinopsis Freyerii.– Sitzungsber. Akad. Wiss., 10, 84–88, Wien.

Geološke osobitosti područja općine Jesenje

Geological characteristics in the area of Jesenje Municipality

Radovan Avanić

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

Ključne riječi: geološke karakteristike, Općina Jesenje, Paratethys, Tethys, okoliš, perm, trijas, eger, egenburg, otnang, kvartar, formacija, Meljan, Macelj, aluvij, vulkanizam, kamenolom, zeolit
Key words: geological characteristics, Municipality Jesenje, Paratethys, Tethys, environment, Permian, Triassic, Egerian, Eggenburgian, Ottnangian, Quaternary, Fm, Meljan, Macelj, volcanism, quarries, zeolite

Geološke karakteristike prostora Općine Jesenje prikazane su u okviru monografije Općine Jesenje (istočno od Đurmanca). U opisu geološke građe nastojalo se na jedan popularan i eduktivan način objasniti postanak i razvoj stijena na ovom području.

Najstarije stijene na području Općine Jesenje nastale su prije 260 milijuna godina, u gornjem paleozoiku (gornji perm), a najmlađe nastaju i danas (kvartar). Tijekom toga vrlo dugoga geološkog razdoblja njihov postanak bio je u uskoj vezi s nekadašnjim oceanom Tethys i mlađim morem Paratethys. U donjem miocenu u Paratethysu se diferenciraju taložni bazeni, pa se miocenski sedimenti na području Jesenja odlažu unutar Panonskog bazena, odnosno u Zagorskom podbazenu (PAVELIĆ, 2001; MÁRTON et al., 2002).

Na geološkoj karti izdvojene su stijene gornjeg perma, srednjeg trijasa, "Meljan formacije", "Golubovec formacije", "Macelj formacije" i aluvij recentnih potoka. Konglomerati i pješčenjaci gornjeg perma su odlagani u priobalnom marinskom okolišu. Srednjetrijaski karbonati su nastali u relativno plitkom moru na području karbonatne platforme, koja je povremeno bila produbljavana, kada su taloženi sitnozrnati klastiti. Gline i lapori s proslojcima pijesaka "Meljan formacije" odlagani su od gornjeg oligocena do donjeg egera u okolišu šelfa i prodelte (AVANIĆ et al., 2007). Nakon toga u gornjem egeru su u marinsko-brakičnom okolišu, u području priobalja i delte, taloženi konglomerati, pješčenjaci, pijesci, siltovi, lapori i ugljeni "Golubovec formacije". Za vrijeme egenburga i donjeg otnanga nastali su glaukonitni pješčenjaci, konglomerati, pijesci, siltovi, lapori i gline, koji su uvršteni u "Macelj formaciju". Oni su odlagani u marinskom okolišu na području priobalja i prijelazne zone, pod utjecajem plime i oseke. Povremeno je uz dotok slatke vode taložen i krupnozrnasti kopneni materijal u okolišu riječne delte. Završnu fazu taloženja predstavljaju nanosi potoka za vrijeme gornjeg kvartara.

Spomenuta sedimentacija od paleozoika do donjeg otnanga obilježena je čestim vulkanizmom. Prvo je u srednjem trijasu došlo do podmorskih izljeva andezit-bazalta, a zatim su tijekom gornjeg egera na površinu dospjeli andeziti i piroklastiti (tufovi i piroklastične breče). Vulkanska aktivnost u egenburgu i donjem otnangu bila je nešto slabijeg intenziteta, kada su unutar stijena "Macelj formacije" odlagani samo tufovi.

Tijekom taložnih procesa u geološkoj povijesti u ovom području došlo je do tektonike i izdizanja pojedinih stijena. Najvažniji tektonski pokreti bili su u permu (hercinski), te alpski za vrijeme mezozoika i kenozoika. Najmlađi tektonski pokreti dogodili su se tijekom pliocena i kvartara (posljednjih 5 milijuna god.) (ŠIMUNIĆ & ŠIMUNIĆ, 1987). Tada su potpuno izdignute planine Strahinščica i Ivanščica, kao i sve ostale gore u Hrvatskom zagorju. Svi ti pokreti rezultirali su u formiranju recentnog strukturno-tektonskog sklopa na području Hrvatskog zagorja.

Od mineralnih sirovina koje se nalaze unutar područja Općine Jesenje mogu se izdvojiti tehničko-građevni kamen i tuf. Tehničko-građevni kamen čine srednjetrijaski dolomiti i dolomitne breče, koji se eksploatiraju u dva kamenoloma nedaleko Žutnice na obroncima Gorjaka (MARKOVIĆ, 2002). Tuf se nalazi u napuštenom kamenolomu kod Donjeg Jesenja, a pripada "Macelj formaciji". Ranije se eksploatirao za potrebe cementne industrije, te kao ukrasni kamen. Pojave silikatnog minerala zeolita u tufu otvaraju mogućnost reaktivacije zatvorenog kamenoloma. Razlog tome je što se zeolit danas sve više pokazuje kao mineral budućnosti zbog svoje višestruke primjene (medicina, stomatologija)

LITERATURA

AVANIĆ, R., BAKRAČ, K., MIKNIĆ, M. & GRIZELJ, A. (2007): Egerian Deposits from the South-western Part of the Pannonion Basin, Croatia.– U: GROSS, M & INGOMAR, F. (ur.): 2nd International Workshop "Neogene of Central and South-Eastern Europe", Kapfenstein, Abstract Book, Joannea-Geologie und Paläontologie 9, 9–10.

MARKOVIĆ, S (2002): Hrvatske mineralne sirovine.– Institut za geološka istraživanja, Zagreb, 544 str., Zagreb.

MÁRTON, E., PAVELIĆ, D., TOMLJENOVIĆ, B., AVANIĆ, R., PAMIĆ, J. & MÁRTON, P. (2002): In the wake of a counterclockwise

rotating Adriatic microplate: Neogene paleomagnetic results from northern Croatia.– Int. Jour. Earth Sci., 91, 514–523.

PAVELIĆ, D. (2001): Tectonostratigraphic model for the North Croatian and North Bosnian sector of the Miocene Pannonian Basin System.– Basin Research, 13, 359–376, Blackwell Science Ltd.

ŠIMUNIĆ, AN. & ŠIMUNIĆ, AL. (1987): Rekonstrukcija neotektonskih zbivanja u sjeverozapadnoj Hrvatskoj na temelju analize pontskih sedimenata.– Rad Jugosl. akad. znan. umjetn., 431, Razr. za prir. znan., 22, 155–177, Zagreb.

Srednjovjekovni Rudnik Zrinski na Medvednici – nekad i sad

Mideval Mine "Zrinski" on Medvednica Mt. – before and now

Tajana Ban Ćurić & Nives Farkaš-Topolnik

Javna ustanova "Park prirode Medvednica", Bliznec bb, Zagreb, Hrvatska
(strucansluzba@pp-medvednica.hr)

Ključne riječi: Medvednica, rudnik, obnova, edukacija, posjetitelji, turizam, galenit, dolomit
Key words: Medvednica, mine, renovation, education, visitors, tourism, galena, dolomite

Park prirode "Medvednica"

Rudnik Zrinski nalazi se na prostoru Parka prirode "Medvednica". Park se prostire na području grada Zagreba, Zagrebačke i Krapinsko-zagorske županije na površini od 17 938 ha. Osnovni fenomen su dobro očuvane prirodne šume i šumske zajednice koje čine 78% površine Parka. Medvednica predstavlja glavno ekološko uporište u neposrednoj blizini glavnog grada Republike Hrvatske i izletište od neprocjenjive vrijednosti u kojem stanovništvo milijunskog grada i okolnih naselja može zadovoljiti potrebe za odmorom i rekreacijom.

Povijest rudnika

Rudnik Zrinski se nalazi na lokalitetu "Rudarski vrt" u središnjem dijelu Parka na 800 m nadmorske visine. Prema pisanim izvorima Petar Zrinski je 1463. godine zbog velikih zasluga dobio kraljevski rudarski privilegij od kralja Matije Korvina koji mu je omogućio rudarenje i na Medvednici. Njegov potomak, Nikola Zrinski je 1527. godine sklopio Ugovor sa zagrebačkim građanima na temelju kojeg su smjeli rudariti na posjedima Zrinskih, vjerojatno i u Rudniku Zrinski (MARKOVIĆ, 2002). Pronađena su imena dvojice Zagrepčana, Matija Cinaberski i Jakob Gašparin, koji su rudarili od 1608. do 1623. godine. To su jedini povijesni podaci pronađeni o rudniku. Sve do nedavno se o postojanju srednjovjekovnih rudarskih aktivnosti na ovom području moglo zaključiti samo na osnovu tragova urušavanja starih rudarskih hodnika, manjim površinkim kopovima, te prisutnosti jalovišta. U rudnik nekad zvan "Gorci" a danas Zrinski, do njegova uređenja i obnove, povremeno su ulazili tek samo znatiželjnici.

Obnova

Javna ustanova "Park prirode Medvednica" je 2002. godine započela s obnovom i prenamjenom nekadašnjeg rudnika u turističko-edukativne svrhe. Izrađena je projektna dokumentacija za obnovu rudnika, ishođene potrebne suglasnosti, dobivena lokacijska te uporabna dozvola. Zarušeni hodnici su otkopani, uvedena je rasvjeta, postavljene su drvene podgrade koje svojim izgledom odražavaju srednjovjekovan način rudarenja.

Rudnik se sastoji od ulazne prostorije i nekadašnjih rudarskih hodnika, koji su na pojedinim mjestima osigurani drvenom podgradom. Ploče sa slikama u glavnoj, ulaznoj prostoriji preuzete su iz knjige "De Re Metallica" autora Georgiusa Agricole. Postavljene su drvene skulpture rudara u prirodnoj veličini (Sl. 1) te je izložen nekadašnji rudarski alat. Uvedeno je ozvučenje – kapanje vode, udarci pijuka u stijenu, škripa drvenih tačaka i prigušeni razgovor rudara koji povećavaju doživljaj srednjovjekovnog rudarenja. Rudnik je otvoren na dan Svete Barbare, 4. prosinca 2004. godine. Do sada je rudnik posjetilo više od 50 000 posjetitelja, a najveći broj posjetitelja su školska djeca. Posjetitelji rudnika mogu saznati mnoštvo informacija o prirodnim, kulturno-povijesnim te o geološkim vrijednostima Medvednice. Rudnik je zaštićen kao kulturno dobro Republike Hrvatske.

Realizacija projekta bila je vrlo zahtjevna, financijski i u samoj izvedbi. Financiran je većinom iz državnog proračuna i uz pomoć brojnih sponzora. Do sada je u obnovu uloženo više od milijun kuna.

Održavanje rudnika zahtijeva pregled stanja podgrada te premazivanje podgrade zaštitnom bojom. U rudniku je prisutna visoka vlaga, čak 100% u određenim godišnjim dobima što uzrokuje propadanje drvene podgrade. Otapanje snijega povremeno može uzrokovati urušenja koja je potrebno sanirati.

U svrhe monitoringa potrebno je godišnje obavljati mjerenja mikroklimatskih uvjeta i ispravnosti električnih instalacija te pregled stabilnosti rudnika.

Projekt prenamjene Rudnika Zrinski može biti primjer društvenoj zajednici kako stari i napušteni rudnici mogu iskoristiti svoje turističke i kulturne potencijale i biti izvor znanja za buduće slične projekte u Hrvatskoj.

Istražnim radovima otkriveni su novi hodnici koji se namjeravaju urediti za posjećivanje.

Rudnik u geološkom smislu

Stijene u kojima se nalazi rudnik Zrinski su prema geološkim kartama središnjeg dijela Medvednice svrstane u kompleks parametamorfnih stijena niskog stupnja metamorfizma, pretpostavljene paleozojske, odnosno devonsko-kar-



Slika 1. Drvena skulptura rudara.
Figure 1. Wodden sculpture of the miner.



Slika 2. Galenit u dolomitu.
Figure 2. Galena in the dolomite.

bonske starosti (ŠIKIĆ et al., 1995). Dosad objavljeni biostratigrafski podaci prikupljeni u stijenama u najbližoj okolici rudnika su rijetki. Na osnovu konodontne faune separirane iz vapnenačkih protolita uloženih u slejtovima u okolici Kraljičinog zdenca i u području južno od kapelice Sv. Jakoba utvrđuje se trijaska starost parametamorfnih protolita (ĐURĐANOVIĆ, 1973).

Na temelju nedavno napravljene prve, preliminarne geološke karte rudnika Zrinski izdvojeno je pet litostratigrafskih jedinica: dolomitni škriljavac, dolomit, slejt/filit, dolomit s granatom-skarn i dolomitizirani oolit (TOMLJENOVIĆ & GARAŠIĆ, 2008). Najveći dio rudnika izgrađuje dolomit unutar kojeg se mjestimice u vidu uprskanja, ali najčešće duž pukotina i prslina pojavljuje galenit (Sl. 2). Vrlo rijetko je moguće uz galenit makroskopski uočiti i sfalerit. Recentna mikroskopska istraživanja su pokazala da se uz dominantni galenit i podređeni sfalerit u rudi u malim količinama nalaze i pirit, halkopirit i malahit, a od jalovinskih minerala kvarc, granat i tinjci (TOMLJENOVIĆ & GARAŠIĆ, 2008). Prema zapisu jedna tona galenita uklapa 485 g srebra, drugih podatka o kemizmu nema (ŠIKIĆ et al., 1995). Dodatno, detaljnim proučavanjem mikroskopskih struktura dolomitnih stijena uočeni su rijetki ostaci ljušturica foraminifera za koje je potrebno provesti biostratigrafsku analizu (TOMLJENOVIĆ & GARAŠIĆ, 2008).

LITERATURA

AGRICOLA, G. (1556): De Re Metallica.– Dover Publications, Inc. 1950, New York.

ĐURĐANOVIĆ, Ž. (1973): O paleozoiku i trijasu Medvednice (Zagrebačke gore) i područja Dvora na Uni na temelju konodonata.– Geol. vjesnik, 25, 29–47, Zagreb.

MARKOVIĆ, S. (2002): Hrvatske mineralne sirovine.– Institut za geološka istraživanja, 544 str., Zagreb.

ŠIKIĆ, K. (1995): Geološki vodič Medvednice.– Institut za geološka istraživanja, INA, Naftaplin, 199 str. Zagreb.

TOMLJENOVIĆ, B. & GARAŠIĆ, V. (2008): Preliminarni izvještaj i geološka karta rudnika Zrinski.– Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.

Geološke turističke atrakcije Hrvatske – Prijedlog za školske i obiteljske izlete

Geological tourist attractions of Croatia – A proposal for school and family excursions

Renata Brezinščak

Hrvatski prirodoslovni muzej, Demetrova 1, 10 000 Zagreb, Hrvatska
(renata.brezinscak@hpm.hr)

Ključne riječi: geološka baština, popularizacija, edukacija
Key words: geological heritage, popularization, education

U radu se predstavlja publikacija Hrvatskoga prirodoslovnog muzeja 'Geološke i biološke turističke znamenitosti Hrvatske' koju je u obliku turističke karte Muzej izdao 2009. godine.

S obzirom da je Hrvatska zemlja velike prirodne raznolikosti – kako geološke (stijene, minerali, fosili, reljef) tako i biološke (biljni i životinjski svijet, staništa, ekosustavi), mnogo je prirodnih predjela koji, osim svoje znanstvene ili gospodarske vrijednosti, imaju i onu estetsku i obrazovnu vrijednost, pa mogu biti zanimljivi i široj javnosti. Od brojnih naših geoloških lokaliteta svega ih je nekoliko općepoznatih koje ciljano obilaze i posjećuju organizirane školske grupe, roditelji s djecom i turisti. Ali što je s ostalim geološkim zanimljivostima naše domovine? Zanimanje profesora i javnosti za geološku baštinu očito postoji, no u čemu je onda problem? Možda u nedovoljnoj informiranosti. Često se događa da se nalazimo u nekom gradu ili kraju, u čijoj blizini postoje geološke zanimljivosti uređene za posjete, ali za njih ne znamo. To što su nepoznate ne čini ih manje važnima ili manje zanimljivima za razgled. Upravo zato Hrvatski prirodoslovni muzej, koji svojim izložbama i programima privlači svake godine sve više i više posjetitelja (i turista), ima važnu misiju popularizacije prirodoslovlja. Tematskim izložbama Muzej često promiče ideju očuvanja prirodne baštine, doduše nešto više biološke i krajobrazne, ali što je osobito važno, sve češće i geološke.

Među posjetiteljima našega muzeja još su uvijek najbrojnije organizirane školske grupe, a od individualnih posjeta najbrojniji su posjeti – obiteljski. Ipak, ono što osobito raduje je sve veći posjet i stranih turista, pa je time i sve veća potreba za suradnjom i interakcijom dviju djelatnosti – muzejske i turističke. Izdvajanjem i naglašavanjem muzejskih predmeta, ili djelatnosti, aktivnosti i ideja koje Muzej promiče, a koje su istovremeno i turistički zanimljive, muzej odašilje pozivnicu za posjet geološkim zanimljivostima naše zemlje. Moderni muzeji tako imaju sve važniju ulogu u realizaciji programa tzv. kulturnog turizma, koji osim kulturne baštine uključuje i prirodnu, jer je uz upoznavanje kulturne baštine nekoga kraja sve popularnije i upoznavanje prirodne baštine, i to ne samo za domicilne stanovnike, već i za sve one koji dolaze iz drugih krajeva. Važna osobitost naše zemlje je činjenica da koje god mjesto posjetili ili odabrali za razgled ili odmor, uvijek je u blizini neka prirodna ljepota, geološki fenomen, bez obzira na to je li to dio nekog zaštićenog objekta prirode (nacionalnog parka, parka prirode i dr.), ili je to samo pejzaž, zanimljiva stijena, nalazište fosila, ili slično.

Sve je to sažeto i predstavljeno u ilustriranoj karti geoloških i bioloških turistički zanimljivih lokaliteta Hrvatske koju je objavio Hrvatski prirodoslovni muzej kako bi o njima informirao posjetitelje muzeja, prvenstveno profesore i učitelje koji u muzej dolaze s učenicima, ali i ostale individualne posjetitelje kojima to može biti svojevrsni smjerokaz za zanimljive izlete. Karta predstavlja dvadesetak geoloških lokaliteta koji su ucrtani na prednjoj strani karte, a na stražnjoj su njihovi kratki opisi s fotografijama i nekim korisnim informacijama. Opisanim je lokalitetima zajedničko da, osim prirodne vrijednosti i zanimljivosti, imaju jednostavan, lagan i svima dostupan pristup, odnosno da su uređeni za posjetitelje. Uz neke poznatije i značajnije geološke znamenitosti koje su već dugo sastavni dio gotovo svih školskih izleta, tu je i nekoliko destinacija (lokaliteta) koje su široj javnosti možda manje poznate, no s geološkog gledišta vrlo zanimljive i vrijedne pažnje. Karta popularizira geološku (i biološku) baštinu, i učenicima i nastavnicima može koristiti kao pomoćno učilo, odnosno kao izvor informacija za osmišljavanje nekih novih, zanimljivih i poučnih itinerera školskih i obiteljskih izleta.

Geološke zbirke u školama
Geological collections in schools

Zvonko Bumber[1] & Vicko Sviličić[2,3]

[1,2]UPRIS – Udruga za prirodoslovna istraživanja, Stube S.S. Kranjčevića 10, 22 000 Šibenik, Hrvatska (www.upris.hr)
[3]Prirodoslovna tehnička škola Split, Matice hrvatske 11, 21 000 Split, Hrvatska

Ključne riječi: edukacija, geološke zbirke, škole, vrste stijena
Key words: education, geological collections, schools, rock types

Od osnutka prvih srednjih škola na teritoriju Hrvatske pa sve do sredine 20. stoljeća, geologija je imala zasluženo mjesto u redovnom nastavnom programu. Nakon toga dolazi do isključenja geologije iz istog te se njeno gradivo raspoređuje u srodne prirodoslovne znanosti poput geografije, fizike i kemije. Imajući u vidu činjenicu da je povijest planeta Zemlje kao i razumijevanje njenih procesa od ključnog značaja, barem za gimnazijsko obrazovanje, dolazimo do zaključka da je potrebno pridodati više pažnje geologiji u školskim ustanovama. U prilog našem mišljenju ide i spoznaja da u razvijenijim zemljama svijeta postoji geologija kao nastavni predmet pod općim imenom "geoscience" ili "earth science". Stoga predlažemo projekt "Geološke zbirke u školama" imajući u vidu metodičke prednosti ovakvog tipa edukacije, samu trajnost zbirke i naravno povoljnu cijenu.

Zbirke će biti sastavljene od nekoliko desetaka reprezentativnih uzoraka (Sl. 1.) te će sadržavati osnovne tipove stijena koje nalazimo na području Hrvatske, raspodjeljene u tri osnovne skupine: sedimentne, magmatske i metamorfne. Obim uzoraka će se korigirati prema tome radi li se o osnovnoj, srednjoj ili pak prirodoslovnoj školi. Zbirka će se nalaziti u specijaliziranim osvjetljenim vitrinama, koje će biti postavljene na vidljivom mjestu, primjerice hodniku škole ili učionici geografije. Također, postoji mogućnost postavke zbirke minerala karakterističnih za naše prostore, a koje bi se mogle izložiti i u učionici kemije (Sl. 2.). Obje zbirke biti će popraćene tekstualnim objašnjenjem pojedinog uzorka, podacima o načinu njegova nastanka i lokalitetu uzorkovanja. Geološka karta Hrvatske, mjerila 1:500.000 također će naći svoje mjesto u zbirci uz vertikalni geološki stup stijena idući od starijih prema mlađima. Visina stupa biti će cca. 50 cm, a postavljeni će uzorci bili umanjeni prikaz stijena u njihovoj stvarnoj veličini, koliko je to moguće. Uz navedeni stup nalazit će se i kartonski stup iste visine na kojem će se prikazati starost i vrsta stijene. Na ovaj način, učenici i druge zainteresirane stranke dobili bi cjelokupan i jednostavan uvid u razumijevanje geologije. Udruga UPRIS već ima planove donacije zbirki kao i nekoliko zainteresiranih škola te se nadamo uvažavanju našeg projekta na državnoj razini.



Slika 1. Reprezentativni uzorci stijena.
Figure 1. Representative rock types.



Slika 2. Zbirka minerala.
Figure 2. Mineral collection.

Zaštita geološkog lokaliteta "Vukovarski Gorjanovićev profil"

Protection of geosight "Vukovar Gorjanović section"

Lidija Galović

Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Hrvatska
(lidija.galovic@hgi-cgs.hr)

Ključne riječi: Dragutin Gorjanović-Kramberger, praporni profil, geobaština, Vukovar, Hrvatska
Key words: Dragutin Gorjanović-Kramberger, loess section, geo-heritage, Vukovar, Croatia

Gdje je Gorjanovićev profil?

Riječ je o geološkom profilu u praporu koji se nalazi u samom gradu Vukovaru na obali Dunava ispod vodotornja (Sl.1). Nazvan je po Dr. Dragutinu Gorjanoviću-Krambergeru, utemeljitelju Hrvatskoga geološkog instituta i geologu koji je prvi detaljno opisao ovaj praporni profil prije stotinjak godina.

Koji mu je znanstveni značaj?

Predstavlja izvrstan geokronološki zapis klimatskih promjena koje su se zbivale krajem Pleistocena. To je bilo "ledeno doba" tijekom kojeg su zatopljenja dokumentirana paleotlima (tamne pruge unutar svjetlog prapora) (Sl. 1). Različiti geokemijski i mineralni sastav tih paleotala svjedoči o različitim klimatskim uvjetima koji su vladali u ovim krajevima. O njemu su pisali GORJANOVIĆ-KRAMBERGER (1912, 1914), ŠANDOR (1912), TAJDER, (1942) TAKŠIĆ (1947), JANEKOVIĆ (1969), BRONGER (1976, 2003), GALOVIĆ & MUTIĆ (1984), POJE (1982, 1985, 1986), TRIFUNOVIĆ (1985), SHINGHVI et al. (1989) i MUTIĆ (1990).

Zašto baš Gorjanovićev profil?

• Kilometarski strmac visok desetak metara duž šetnice od centra Vukovara do Vučedola i Iloka

• Priznanje djela istaknutom hrvatskom znanstveniku

• Povjesni značaj Vukovara i današnje potrebe za njegovom revitalizacijom

• Blizina Vučedola (5 km nizvodno)

• Blizina vodotornja (desetak metara) (spomenik Domovinskom ratu) pa time i turističko odredište

• Dostupnost infrastrukture (prilazne ceste, rasvjeta,...)

• Aktualizacija znanstvenih istraživanja i dostupnost novih metoda analize

Trenutno stanje Gorjanovićevog profila

Profil je, u vrijeme istraživanja GORJANOVIĆA-KRAMBERGERA (1912), bio 30 m visok strmac na obali Dunava i obuhvaćao razdoblje od Rißa do danas. Uređenjem šetnice uz Dunav starija polovica profila, koja obuhvaća kontakt prapora s pontom i najstarija, pedogenetski razvijenija i klimatski specifična paleotla, zatrpana su i zabetonorana (nedostupna!). Na znanstvenom skupu Matice Hrvatske, Odjel za prirodoslovlje i matematiku (16.–17. listopada, 2009. – Povijest hrvatskog priorodoslovlja Vukovarsko-srijemske županije) predstavljen je GUP- radovi na vodotornju i kanalizacijski odvod!

Zašto bi ga trebalo zaštititi?

U svjetlu današnjih klimatskih promjena od izuzetnog je značaja sačuvati i zaštititi takav profil da bi se istraživao, razgledavao i da se na njemu mogu izučavati i paleoklimatološke promjene. Pristupačan je, dostupan, u središtu grada i, prema našim spoznajama, nije u privatnom vlasništvu. Prilikom uređenja obale Dunava najstariji, donji dio profila je zazidan, a sad prijeti opasnost da i gornji mlađi dio profila bude ugrožen.

Što je poduzeto?

Zahtjev je poslan:

• Ministarstvo kulture

• Državni zavod za zaštitu prirode

• Županijska javna ustanova za upravljanje zaštićenim prirodnim vrijednostima

• Ogranak Matice hrvatske u Vukovaru

• OŠ D. Tadijanović povodom 50 god. škole potiče pokretanje školskog projekta: *"Predstavljanje geološke baštine"*

LITERATURA

BRONGER, A. (1976): Zur quartären Klima- und Landschaftsentwicklung des Karpatenbeckens auf (palö-) pedologischer und bodengeographischer Grundlage.– Kieler Geogr. schriften, 45, 1–268, Kiel.

BRONGER, A. (2003): Corelation of loess-paleosol sequences in East and Central Asia with SE Central Europe: towards a continental Queternary pedostratigraphy and paleoclimatic history.– Quat. Int., 106/107, 11–31.

GALOVIĆ, I. & MUTIĆ, R. (1984): Gornjopleistocenski sedimenti istočne Slavonije (Hrvatska).– Rad JAZU, 411, 299–356, Zagreb.

GORJANOVIĆ-KRAMBERGER, D. (1912): Iz prapornih predjela Slavonije.– Vijesti geol. povjerenstva, 2, 28–30, Zagreb.

GORJANOVIĆ-KRAMBERGER, D. (1914): Iz prapornih predjela Slavonije.– Vijesti geol. povjerenstva, 3 i 4, 21–26, Zagreb.

JANEKOVIĆ, GJ. (1969): Loess de Croatie, INQUA, La stratigraphie de Loess d'Europe, Paris.

MUTIĆ, R. (1990): Korelacija kvartara istočne Slavonije na osnovi podataka mineraloško-petrografskih analiza (Istočna Hrvatska, Jugoslavija) – Dio II: Lesni ravnjak.– Acta Geol., 20/2, 29–80, Zagreb.

POJE, M. (1982): Malakofauna prapornih naslaga istočnog dijela Slavonije.– Magistarski rad Sveuč. u Zagrebu, 62 str., Zagreb.

POJE, M. (1985): Praporne naslage "vukovarskog profila" i njihova stratigrafska pripadnost.– Geol. vjesnik, 38, 45–66.

POJE, M. (1986): ekološke promjene na vukovarskom prapornom ravnjaku proteklih cca 500.000 godina.– Geol. vjesnik, 39, 19–42.

SINGHVI, A.K., BRONGER, A., SAUER, W. & PANT, R.K. (1989): Thermoluminiscence dating of loess-paleosol sequences in the Carpathian Basin (East-Central Europe): a suggestion for a revised chronology.– Chem. Geol., 73/4, 307–317.

ŠANDOR, F. (1912): Istraživanja prapora iz Vukovara, Bilogore i sa Rajne (Prethodne vijesti).– Vijesti geol. povjerenstva, 2, 103–107, Zagreb.

TAJDER, M. (1942): Sastav i postanak srijemskog prapora.– Spomenica vukovarske real. gimn., 107–112, Vukovar.

TAKŠIĆ, A. (1947): Prinos poznavanju prapora istočne Hrvatske.– Vjesnik geol. rud. Inst. Minist. ind. rud., 1, 202–231, Zagreb.

TRIFUNOVIĆ, S. (1985): Tumač za OGK 1:100.000 L 34-87 list Odžaci.– Geološki institut Beograd i Nafta-gas Novi Sad (1984), Sav. geol. zavod, 54 str., Beograd.

Marketinške aktivnosti u promicanju geoloških vrijednosti Nacionalnog parka Sjeverni Velebit

Marketing activities in promotion of the geological value of the Northern Velebit National Park

Dubravka Kljajo

Nacionalni park Sjeverni Velebit, 53274 Krasno, Hrvatska

Ključne riječi: Geologija, Nacionalni park Sjeverni Velebit, marketinške aktivnosti, geo-marketinški materijal, krški oblici, geološki vodič, geološka maketa s geološkim stupom i speleološka maketa, promocijski film
Key words: Geology, Northern Velebit National Park, marketing activities, geo-marketing material, karst forms, geological guide, geological physical map with geological column, speleological physical map, promotional film

Nacionalni park Sjeverni Velebit smješten je u vršnoj zoni sjevernog Velebita na prostoru od 109 km^2. Od 2001. godine područjem Parka upravlja Javna ustanova Nacionalni park Sjeverni Velebit čiji je glavni cilj očuvanje, zaštita i promicanje prirodnih vrijednosti Parka.

U geološkoj građi Parka postoje isključivo taložne stijene, među kojima dominiraju karbonatne stijene – vapnenci, dolomiti i karbonatne breče. Tek u manjem dijelu Parka, u Štirovači, ima i klastičnih stijena poput pješčenjaka, konglomerata, prahovnjaka i dr. Raznolikost geoloških i topografskih značajki kao i životinjskog i biljnog svijeta u Parku uz očuvanu lokalnu kulturnu baštinu čine Park osobito pogodnim područjem za razvitak geoturizma.

Unutar granica Parka postoje područja s izuzetnim geološkim, geomorfološkim, znanstvenim i edukativnim vrijednostima. Ističu se Strogi rezervat Hajdučki i Rožanski kukovi (s iznimnom mnogobrojnošću i raznolikošću krških oblika), Velebitski botanički vrt (jedini hrvatski alpinetum), dolina Štirovača (najveća depresija na Velebitu), Lubenovac, Tudorevo i Mirovo (s morenskim naslagama iz pleistocenske oledbe) te Premužićeva staza (izvedena po vršnom hrptu Velebita u stijenama različitih stratigrafskih pripadnosti).

U svrhu poticanja javnog interesa za geologiju i razvitak turizma u Republici Hrvatskoj u samome je Parku osmišljeno nekoliko vrsta aktivnosti. Ponajprije, već poznati geološki podaci uneseni su u sve promocijske materijale Parka, njegovu mrežnu stranicu i multimedijalnu prezentaciju koja se trajno održava u zgradi Parka kao i po lokalnim osnovnim školama i knjižnicama. U promocijskom informacijskom centru u Senju postavljen je i tzv. info-kiosk s geološkom i



Slika 1. Od morskih plićaka do planine: Geološki vodič kroz Nacionalni park Sjeverni Velebit.
Figure 1. From Marine Shallows to the Mountain: Geological Guidebook through the Northern Velebit National Park.

speleološkom maketom. Geološka maketa s pripadajućim geološkim stupom pokazuje sve uzorke stijena koji se mogu naći na sjevernom Velebitu i povijest nastanka same planine. Speleološka maketa je, pak, praćena živopisnom pričom iz narodne predaje oblikovanom u suradnji s lokalnim stanovništvom. Dodatnoj geološkoj edukaciji turista doprinose organizirana stručna geološka vođenja kao i poučne ploče postavljene duž jedne od planinarskih staza i u botaničkom vrtu.

Uz to, pristupilo se i dodatnim geološkim i speleološkim istraživanjima kako bi se postojeće znanje obogatilo novim spoznajama. Ove su aktivnosti rezultirale objavljivanjem geološke i speleološke brošure te iznimno vrijednog geološkog vodiča pisanog popularno-znanstvenim jezikom. Predstavljanje ovog jedinstvenog geološkog vodiča pod nazivom Od morskih plićaka do planine (VELIĆ & VELIĆ, 2009; Sl. 1), izrađenog u znanstvene i turističke svrhe, a čije objavljivanje predstavlja presedan u hrvatskoj i europskoj geološkoj praksi, organizirana je u različitim regijama Republike Hrvatske. Za istaknuti je kako ove prezentacije redovito prati visoka posjećenost te ostvaruju natprosječno visok broj prodanih primjeraka ovog Vodiča.

U svrhu daljnje uspješne popularizacije geoprofila Nacionalnog parka u Republici Hrvatskoj i širim zemljopisnim okvirima potrebno je Geološki vodič i brošure prevesti na engleski jezik. Park također planira i provodi i opsežnija geološka istraživanja kvartara kao i analizu tektonskih aktivnosti i strukturnih značajki naslaga koja će se upotpuniti speleološkim istraživanjima. Temeljem svih dosadašnjih geoloških istraživanja u daljnjoj se budućnosti planira izraditi film o nastanku planine Velebit, koji će biti dostupan u okviru mrežne stranice Parka. Ovime će se ostvariti iskrena želja djelatnika Parka o ostvarenju prepoznatljivosti Sjevernog Velebita kao jednog od najbogatijih i najprivlačnijih krških područja na svijetu kako bi postao prioritetna znanstveno-istraživačka i turistička lokacija.

LITERATURA

VELIĆ, I. & VELIĆ, J. (2009): Od morskih plićaka do planine: Geološki vodič kroz Nacionalni park Sjeverni Velebit.– Nacionalni park Sjeverni Velebit, 143 str., Krasno.

Zaštita i prezentacija fundusa Geološko-paleontološkog odjela Hrvatskoga prirodoslovnog muzeja

Preservation and presentation of the collections of Geological and Paleontological Department, Croatian Natural History Museum

Katarina Krizmanić & Nediljka Prlj Šimić

Hrvatski prirodoslovni muzej, Geološko-paleontološki odjel, Demetrova 1, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: geološko-paleontološke zbirke, zaštita, prezentacija, Hrvatski prirodoslovni muzej
Key words: geological and paleontological collections, preservation, presentation, Croatian Natural History Museum

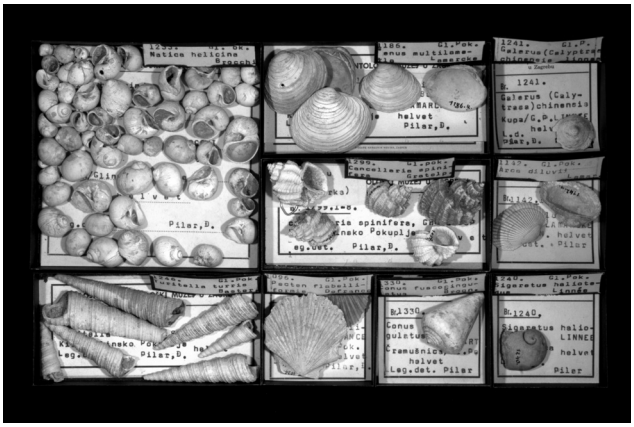
Zaštita i prezentacija muzejske građe, pa makar ona bila i geološko-paleontološka, isključivo je muzejski posao koji bi kustosi trebali redovito obavljati te povremenim izložbama fascinirati javnost. Međutim, moramo ustvrditi da već godinama postoje objektivni problemi koji otežavaju rad na zaštiti i prezentaciji geološko-paleontološkog fundusa Hrvatskoga prirodoslovnog muzeja. Kako je naša temeljna struka geologija, odabrale smo upravo Hrvatski geološki kongres da bismo iznijeli problematiku vezanu uz status našeg fundusa. Iako smo u samom začetku ideje dvojili je li za iznošenje spomenute problematike dobro odabrano *mjesto*, ni u jednom trenutku nije bilo upitno *vrijeme* jer smo sasvim sigurne da je krajnji trenutak javno progovoriti o temi, koja po našoj prosudbi ne bi smjela ostaviti ravnodušnim niti jednog hrvatskog geologa. Zašto?

Prošle godine proslavljeno je stotinu godina postojanja Hrvatskoga geološkog instituta, a prije pet godina obilježena je 130. obljetnica Geološko-paleontološkog zavoda Prirodoslovno-matematičkog fakulteta i prigodom obiju obljetnica spomenuta je važna uloga Muzeja i tadašnjih prvih muzealaca u stvaranju spomenutih, za sve nas geologe, bitnih institucija. Dakle, ako se slažemo da je uloga Muzeja kao ishodišne geološke institucije velika i neupitna, onda jednostavno zaključujemo da je nastojanje k postizanju boljeg statusa geološko-paleontološkog fundusa HPM-a dio redovitog posla kustosa-geologa u Muzeju, a istovremeno bi trebala biti želja i moralna obveza, svakog geologa u Hrvatskoj.

Prikupljanje prvih uzoraka fundusa Geološko-paleontološkog odjela HPM-a započelo je sredinom 19. stoljeća, a prva sistematska i znanstvena obrada započinje 1866. godine osnutkom Prirodopisnog odjela Narodnog muzeja u Zagrebu (SAKAČ, 1968), kada su prirodoslovne zbirke iz Opatičke 18 "privremeno smještene" u Demetrovu 1, gdje se privremeno nalaze i danas nakon više od 150 godina. Nužno je istaknuti da su najstarije, najbrojnije i najznačajnije zbirke prikupili i znanstveno obradili veliki uglednici našega prirodoslovlja, od kojih ćemo samo neke spomenuti: Dragutin Gorjanović-Kramberger, Spiridion Brusina i Gjuro Pilar. Najstariju muzejsku zbirku pod imenom "Trećegorje i podloga mu u Glinskom Pokuplju", znanstveno je obradio Gjuro Pilar već davne 1873. godine (MILAN, 1971) dok najveći dio tipova vrsta pripada zbirci fosilne malakološke faune, a većinu je postavio Brusina krajem devetnaestog i početkom dvadesetog stoljeća. Svakako, jedna od najvrednijih i javnosti najpoznatijih zbirki Geološko-paleontološkog odjela je Zbirka krapinskog pleistocena, koju je prikupio i obradio Gorjanović-Kramberger, što mu je i donijelo ugled svjetski poznatog paleoantropologa.

Dakako, nećemo nabrajati sve zbirke iz fundusa, samo želimo istaknuti da su neke od tih zbirki izuzetno vrijedne i stoga su proglašene zbirkama nulte kategorije spomeničke vrijednosti. Također, naglašavamo da je ukupan broj primjeraka u svim geološko-paleontološkim zbirkama impozantan i približava se brojci od 300 000. Tako značajne, velike i brojne zbirke zahtijevaju, u prvom redu, daleko veći i primjereniji prostor za čuvanje, a posebice za suvremeniji vid prezentacije. Prostor od 150 m^2, koji baštinimo još iz vremena Geološko-paleontološkog muzeja tj. vremena prije nastanka jedinstvenog Hrvatskoga prirodoslovnog muzeja, nije dostatan za izvedbu novog, suvremenog geološko-paleontološkog postava. Međutim, takva konstatacija može samo jedno vrijeme biti opravdanje za nepostojanje stalnog postava, ali nikako ne može biti dvadeset godina. Slična je situacija i sa spomenutom, svjetski poznatom zbirkom krapinskoga pleistocena, koja je zadnji put bila izložena javnosti sada već davne 1987. godine. Ovim propustima zakinuli smo već niz generacija školske djece, a i drugih posjetitelja da upoznaju, dožive i zainteresiraju se za predmete iz naših zbirki, a samim time i smanjili mogućnost njihovog daljnjeg interesa za upoznavanje i proučavanje geologije i paleontologije.

Pitanje zaštite i prezentacije vrijednog geološko-paleontološkog fundusa, stvaranog stotinama milijuna godina u prirodi i pomno čuvanog više od stotinu godina u Muzeju, po našem mišljenju, ne smije i ne može biti predmetom političkog ili bilo kakvog drugog nadmetanja. Naprotiv, na naše odlučno i argumentirano inzistiranje, kojem ne bi smjela izostati podrška struke, taj značajan fundus mora dobiti status koji, uistinu, zaslužuje. U prvom redu potrebno je



Slika 1. Dio najstarije znanstveno obrađene zbirke Gjure Pilara.
Figure 1. Part of the oldest scientifically elaborated collection of Gjuro Pilar.



Slika 2. Dio najvrjednije zbirke – Zbirke holotipova.
Figure 2. Part oft he most valuable collection – The collection of holotypes (Fotografije: Nives BORČIĆ).

kompletan fundus, a posebice njegov najosjetljiviji dio, primjereno i sigurno zaštititi te trajno pohraniti u novouređene i suvremeno opremljene depoe. Posredstvom moderne tehnologije, bez ikakvog rizika oštećenja, svaki primjerak mogao bi se koristiti u znanstvene svrhe, kao što je napravio naš kolega Jakov Radovčić sa Zbirkom krapinskog pleistocena kroz europski projekt TNT. Napokon, dio jedinstvenog i vrijednog geološko-paleontološkog fundusa Hrvatskoga prirodoslovnog muzeja morao bi što prije kroz stalni postav biti dostupan svim zainteresiranim posjetiteljima. Kad ove ideje i želje postanu stvarnost nadamo se da će svaki hrvatski geolog svoj dragocjeni prikupljeni materijal s punim povjerenjem pohraniti u naš Muzej.

Zbog svega navedenog predlažemo da jedan od zaključaka 4. hrvatskoga geološkog kongresa, između ostalih, bude da će struka dati svekoliku podršku Geološko-paleontološkom odjelu HPM-a pri iznalaženju, a potom i realizaciji kvalitetnih rješenja za provođenje adekvatne zaštite i suvremene prezentacije vrijednog fundusa.

LITERATURA

MILAN, A. (1971): Vodič kroz Geološko-paleontološki muzej u Zagrebu. (Guide to the Geological-paleontological Museum of Zagreb).– Geološko-paleontološki muzej, 41 str., Zagreb.

SAKAČ, K. (1968): Pregled zbirki Geološko-paleontološkog muzeja u Zagrebu.– Geološki vjesnik, 21, 413–417, 3 tbl., Zagreb.

Geološka baština Hrvatskog zagorja
Geological heritage of Hrvatsko zagorje

Nevenka Krklec[1] & Vlasta Krklec[2]

[1]A. Štera 13, Varaždin, Hrvatska
[2]Šetalište V. Sluge bb, Krapina, Hrvatska

Ključne riječi: geološka baština, Hrvatsko zagorje, zaštita, inventarizacija
Key words: geological heritage, Hrvatsko zagorje, protection, inventarisation

Uvod

Prostor Hrvatskog zagorja obiluje geološkim i geomorfološkim lokalitetima koji su još uvijek nedovoljno poznati. Prema Zakonu o zaštiti prirode zaštićeni su izuzetno važni i vrijedni geološko-paleontološki spomenici prirode (Hušnjakovo brdo, Vindija, Velika pećina i Gaveznica) koji potvrđuju tisućljetnu prisutnost čovjeka na ovim prostorima. Geološka baština i georaznolikost definirani su Zakonom o zaštiti prirode kao sastavni dio krajobrazne raznolikosti. U posljednje vrijeme provodi se niz aktivnosti inventarizacije i valorizacije geolokaliteta s ciljem pokretanja postupka zaštite, a također i promocije za širu javnost.

Zaštićena geološka baština

Lokaliteti Hušnjakovo brdo, Velika pećina i Vindija zaštićeni su 50-tih i 60-tih godina prošlog stoljeća, dok je Gaveznica kao geološki spomenik prirode zaštićen tek 1998. godine. Tijekom istraživanja kvartarnih naslaga sjeverozapadne Hrvatske sakupljen je bogat paleontološki i paleoantropološki materijal, a najznačajniji su ostaci hominida vrste *Homo sapiens neanderthalensis* iz Hušnjakova brda i Vindije, dok je podvrsta *H. sapiens sapiens* prisutna u mlađim horizontima nalazišta špilja. Nalazi hominida uvjetovali su detaljne paleontološke, paleoantropološke, paleoklimatološke i sedimentološke analize, datiranja sedimenata, palinološke analize i dr., s ciljem rekonstrukcije zbivanja u ekološkim i klimatskim odnosima u pleistocenu. Rezultati istraživanja obrađeni su u brojnim znanstvenim radovima uslijed čega su zaštićeni lokaliteti geobaštine danas svjetski poznati lokaliteti.

Hušnjakovo brdo

U pješčanim taložinama polušpilje otkriveni su brojni ostaci neandertalskoga čovjeka, njegovih kamenih izrađevina, te raznovrsnih okamina prapovijesnih i izumrlih životinja. Ovo prapovijesno nalazište zaštićeno je 1948. godine kao prvi paleontološki spomenik prirode u Republici Hrvatskoj i svojim se značenjem ubraja u jedno od najbogatijih paleolitičkih nalazišta neandertalskog čovjeka u svijetu.

Vindija

Špilja Vindija uz Hušnjakovo brdo drugo je najbogatije nalazište neandertalaca u južnoj Europi. Najveća debljina kvartarnih naslaga iznosi oko 13 m. Na temelju sedimentoloških analiza izdvojeno je 14 stratuma, te je ustanovljen neprekidan slijed naslaga od interglacijala Mindel/Riss do holocena. Špilja je zaštićena 1964. godine kao geološko-paleontološki spomenik prirode.

Velika pećina (Pelenjska, Mačkova špilja)

Špilja Velika pećina je jednostavna nepravilna oblika (dugačka 18 m, široka 14 m), promjenljive visine od 1,3 m do 3,5 m. Najveća debljina kvartarnih naslaga iznosi 12 m. Na temelju sedimentoloških, paleontoloških i paleolitskih karakteristika izdvojeno je 16 stratuma. Špilja je zaštićena 1966. godine kao geološko-paleontološki spomenik prirode.

Gaveznica

Područje Gaveznica-Kameni vrh kod Lepoglave nalazište je poludragog kamenja (lepoglavski ahat) i jedini sačuvani vulkan u Hrvatskoj. Brdo je izgrađeno od andezita, vulkanskih breča i tufova. Danas napušteni kamenolom podsjeća na grotlo vulkana. Lokalitet je i arheološko nalazište, zaštićen 1998. godine kao šesti geološki spomenik prirode.

Potencijalni lokaliteti zaštite geobaštine

Djelatnost županijskih javnih ustanova za upravljanje zaštićenim dijelovima prirode je zaštita (priprema, predlaganje i provođenje mjera zaštite i osiguranja od degradacije zaštićenih dijelova prirode), održavanje (nadzor i koordinacija u očuvanju izvornih vrijednosti) i promicanje prirodne baštine (analiza stanja, planiranje namjene i proglašenje novih dijelova prirode). Inventarizacijom geoloških, geomorfoloških i hidrogeoloških objekata detaljno je obrađeno 28 lokaliteta. Speleološkim i biospeleološkim istraživanjima Ivanščice i Ravne gore utvrđeno je preko stotinu objekata, špilja, jama i krških izvora. Projekt je sastavni dio stručne podloge koju izrađuje Državni zavod za zaštitu prirode, s

ciljem zaštite Ivanščice i Ravne gore u kategoriji parka prirode ili regionalnog parka.

Radoboj

Fosilna flora i fauna Radoboja vrlo slikovito nam kazuje o dijelu geološke prošlosti Hrvatskoga zagorja. U radobojskim sarmatskim naslagama nalaze se okamine kopnenih i morskih organizama, kao kameni svjedoci negdašnjih klimatskih prilika na tom području, te života na kopnu i u Panonskom moru. Takvo vrijedno nalazište okamina plijenilo je pažnju brojnih istaknutih znanstvenika, a i danas je radobojska zbirka dio svjetske i hrvatske znanstvene baštine, čiji je lokalitet svakako potrebno zaštititi.

Zaključak

Postojeći zaštićeni objekti geološke baštine Hušnjakovo brdo, špilje Vindija i Velika pećina, te Gaveznica od iznimnog su paleontološkog, paleoantropološkog i arheološkog značenja. U bogatom paleontološkom materijalu (uz još neke lokalitete) utvrđeno je 175 vrsta pleistocenskih i holocenskih kralješnjaka, čime područje Hrvatskog zagorja predstavlja najbogatiju paleofaunsku zbirku pleistocenskih i holocenskih kralješnjaka u Hrvatskoj, obrađenu u brojnim znanstvenim i stručnim radovima.

Unatoč zakonskoj osnovi, te osnovanim Javnim ustanovama za upravljanje zaštićenim dijelovima prirode na razini županija, geobaština nije dovoljno zastupljena ni prezentirana javnosti. Donošenje akta o proglašenju zaštite nije dostatno za očuvanje već je potrebna aktivna zaštita, počevši od uređenja lokaliteta i privođenja funkciji, objedinjujući edukativne i turističke namjene. Zaštita geobaštine i ostalih dijelova prirode, održavanje i promicanje zaštićenih dijelova prirode obveza je ne samo javnih ustanova, već i svakog pojedinca, osobito prirodoslovaca.

Park prirode Papuk – prvi geopark u Hrvatskoj
Nature Park Papuk – the first Geopark in Croatia

Goran Radonić & Goran Pavić

Javna ustanova Park prirode Papuk, Trg Gospe Voćinske bb, 33 522 Voćin, Hrvatska

Ključne riječi: Papuk, geološka baština, geoparkovi, zaštita prirode, geoturizam, geokonzervacija
Key words: Papuk, geological heritage, geoparks, nature protection, geoturism, geoconservation

Park prirode Papuk proglašen je zaštićenim dijelom prirode Republike Hrvatske 1999. godine zbog iznimne biološke, geološke i kulturno-povijesne raznolikosti ovog dijela Slavonskih planina. Vlada Republike Hrvatske osnovala je i ustanovu kojoj je zadaća upravljanje, zaštita i promicanje parka prirode. Od samom početka stručnog rada u Parku prirode Papuk posebna pozornost je posvećena detekciji, valorizaciji, zaštiti vrijedne geološke baštine.

Slavonske planine se u geološkom sastavu međusobno razlikuju: Papuk, Psunj i Krndiju izgrađuju uglavnom stare paleozojske stijene, najčešće starosti od 350 do 300 milijuna godina, a predstavljene su različitim vrstama škriljavaca i granitoidnim stijenama što im je zajedničko geološko obilježje. Požešku goru i Dilj sačinjavaju pretežno puno mlađe neogenske sedimentne stijene, najčešće starosti od 18 do 2-3 milijuna godina, koje su se taložile u Panonskom bazenu. Uz te mlade tvorevine, na Požeškoj gori se pojavljuju i gornjokredne sedimentne i vulkanske stijene, starosti oko 70 milijuna godina (PAMIĆ et al., 2003).

Južni dio Panonskog bazena, uključujući Papuk i okolne planine, smješten je u dodirnom području dviju velikih ploča: sjeverna je Euroazija, u koju su u ovom dijelu Europe uključene Istočne Alpe i Karpati, a južna je Afrika, u koju su uključeni gorski sustavi Južnih Alpa i Dinarida. Paleozojske kristalinske stijene Papuka i okolnih planina izgrađuju južne dijelove euroazijske ploče, odnosno Tisije, koja je na jugu u kontaktu sa sjevernim Dinaridima. Prema bušotinskim i geofizičkim podacima, paleozojske kristalinske stijene južne Tisije se pod blagim kutom (10-15°) podvlače pod Dinaride. Granica između južnog dijela Tisije (Karpata) i najsjevernijih Dinarida zaplavljena je neogenskim sedimentima Panonskog bazena, a u podzemlju ide približno linijom: južni obodi Moslavačke gore i Slavonskih planina (PAMIĆ, 1999).

Osnovna geološka karta RH, list Orahovica (JAMIČIĆ et al., 1987; JAMIČIĆ & BRKIĆ, 1989), koja u potpunosti obuhvaća prostor Parka prirode Papuk, pokazuje da njegov najveći dio izgrađuju paleozojske formacije, a podređeno i mezozojske formacije. Papuk s južne i sjeverne strane opasuju uske zone izgrađene od neogenskih i kvartarnih sedimenata Panonskog bazena i Požeške kotline. Razlikujemo tri metamorfna kompleksa: psunjsko-krndijski, papučki i radlovački metamorfni kompleks. Erozijom navedenih metamorfnih stijena krajem paleozoika nastaju naslage permotrijaskih sedimenata, na koje se kontinuirano nastavljaju klastične naslage donjeg trijasa, te karbonatne srednjeg trijasa (JAMIČIĆ, 2005). Od neogenskih naslaga u području Parka prirode Papuk, nalazimo od sedimenata otnanga do najmlađih pliokvartarnih naslaga, sa posebno atraktivnim sedimentima badenske starosti koje često sadržavaju i makrofosile (KOVAČIĆ, 2008).

Zaštita geološke baštine postala je prepoznatljiva inicijativa 90-tih godina kroz projekt "Global geosites" Udruge za zaštitu geološke baštine PROGEO, ali isto tako inicijativama UNESCO-vog Odjela za geoznanosti za potrebom osnivanja geoparkova. Uz potporu UNESCO-a, 2000. godine, osnovana je Asocijacija europskih geoparkova (The European Network of Geoparks), koja je tada brojala samo četiri geoparka. Danas ovu asocijaciju čini 36 geoparkova iz 15 europskih država. Na predlošku Asocijacije europskih geoparkova osnovana je i Asocijacija svjetskih geoparkova (The Global Network of National Geoparks), u kojoj su osim europskih geoparkova nalaze se i geoparkovi iz Kine, Irana, Brazila, Malezije, Australije i Japana, njih ukupno 66. Asocijacija europskih geoparkova radi kao neprofitna organizacija, ima nadzorni i koordinacijski odbor, te dva puta godišnje se organiziraju sastanci na kojima sudjeluju po dva predstavnika iz svakog geoparka. U cilju promocije geoparkova publicirana je i knjiga o geoparkovima Europe, jednom godišnje izlazi specijalizirani časopis – EGN Magazine, redovno se osvježava i web stranica EGN, na kojoj se mogu pronaći sve važne informacije u domeni ove tematike. Jedan o novih dijelova efektivnog rada na sastancima koordinacijskog odbora je rad u tematskim grupama, gdje se definiraju zajednički projekti, te se kandidiraju na različite fondove za financiranje. Svaki geopark ima obvezu obilježavanja Tjedna geoparkova gdje se različitim aktivnostima u isto vrijeme promiče spoznaja o geobaštini.

U Parku prirode Papuk još od samog osnutka postojala je vizija stvaranja geoparka temeljenog na iznimnim geološkim vrijednostima zaštićenog prostora. U tom smislu pokrenute su brojne aktivnosti koje su pridonijele afirmaciji Geoparka Papuk. Prva nakana stvaranja prvog geoparka u

Hrvatskoj predstavljena je 2004. godine na Međunarodnom geološkom kongresu u Firenci, te Hrvatskom geološkom kongresu 2005. godine u Opatiji (RADONIĆ & PAVIĆ, 2004; RADONIĆ & PAVIĆ, 2005). Na osnovu prikupljenih svih geoloških saznanja brojnih autora o prostoru parka, izradili smo aplikacijski elaborat. Prihvaćanjem aplikacije od strane koordinacijskog odbora Asocijacije europskih geoparkova, 2007. godine Park prirode Papuk postao je prvi hrvatski geopark, 33. član navedene asocijacije. Brojne geopark aktivnosti načinjene su u periodu od proglašenja do danas: obilježavanje ulaza u geopark geozidićima, označavanje vrijednih geoloških lokaliteta na terenu, izgradnja edukativne infrastrukture – interpretacijskih tabli, poučnih staza, izrada zidanog geološkog stupa, definiran je program škola u prirodi sa geološkim radionicama, a izrađen je i prvi geološki suvenir.

Tri su osnovne postavke svakog geoparka: geokonzervacija – zaštita i očuvanje vrijedne geološke baštine, geoedukacija – edukacija o vrijednostima i potrebi zaštite vrijedne geološke baštine i geoturizam – razvoj nove vrste turističke ponude u smislu potpore održivom razvoju područja geoparka. Na geolokalitetu Rupnica, prvom geološkom spomeniku prirode u Hrvatskoj, primijenjene su sve tri navedene postavke: geokonzervacija – čišćenje od vegetacije, otkrivanje veće površine fenomena koji je bio pod zemljom, te sanacija većina pukotina u smislu stabilizacije; geoedukacija – napravljena je infrastruktura sa manjom poučnom stazom čijim obilaskom se otkrivaju sve vizure vulkanskih stupova, te se posjetitelji educiraju o samom fenomenu, ali i o svim važnijim podatcima vezanih uz vulkane; geoturizam – sama poučna staza postala je dio turističkog programa škola u prirodi, gdje nakon upoznavanja sa voćinskim vulkanom djeca sama izrađuju model vulkana uz simulaciju vulkanske erupcije.

U sljedećem razdoblju Park prirode Papuk, odnosno Geopark Papuk radi na poboljšanju geoturističke infrastrukture, pa se uz postojeći centar za posjetitelje u Velikoj planira izgradnja velikog multimedijalnog geo-info Centra u Voćinu, što će pridonijeti novoj atrakciji u geoparku i popularizaciji geološke priče općenito.

LITERATURA

JAMIČIĆ, D. & BRKIĆ, M. (1989): Osnovna geološka karta SFRJ, 1:100.000, List Orahovica L 33-95.– Geološki zavod Zagreb (1971–1986), Savezni geološki zavod, Beograd.

JAMIČIĆ, D., BRKIĆ, M., CRNKO, J. & VRAGOVIĆ M. (1987): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. Tumač za list Orahovicu.– Geološki zavod Zagreb, Savezni geološki zavod, 72 str., Beograd.

JAMIČIĆ, D. (2005): Geološke značajke Parka prirode Papuk.– Fond dok. JU PP Papuk, 68 str., Zagreb.

KOVAČIĆ, M. (2008): Sedimentološko i paleontološko istraživanje geoloških točaka nedaleko Voćina u smislu uspostave geološke poučne staze.– Fond dok. JU PP Papuk, 36 str., Zagreb.

PAMIĆ, J. (1999): Kristalinska podloga južnih dijelova Panonskog bazena temeljena na površinskim i bušotinskim podacima.– Nafta, 50/9, 291–310, Zagreb.

PAMIĆ, J., RADONIĆ, G. & PAVIĆ, G. (2003): Geološki vodič kroz Park prirode Papuk.– Park prirode Papuk, 66 str., Požega.

RADONIĆ, G. & PAVIĆ, G. (2004): Nature Park Papuk as Geopark.– 32. International Geological Congress, Florence, Absract book.

RADONIĆ, G. & PAVIĆ, G. (2005): Park prirode Papuk kao geopark.– 3. Hrvatski geološki kongres, knjiga sažetaka, 273, Opatija.

www. europeangeoparks.org (2004)

www. papukgeopark.com (2009)

Complex Cretaceous evolution of the Moslavačka Gora crystalline: different aspects from various types of "foreign" and "cognate" enclaves inside granites

Kompleksna kredna evolucija kristalina Moslavačke gore: "strane" i "kognatne" enklave unutar granita kao raznovrsni izvori informacija

Dražen Balen & Zorica Petrinec

Institute of Mineralogy and Petrology, Department of Geology, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 95, 10 000 Zagreb, Croatia
(drbalen@geol.pmf.hr)

Key words: granite, enclave, xenoliths, Cretaceous, Moslavačka Gora
Ključne riječi: granit, enklava, ksenoliti, kreda, Moslavačka gora

The Moslavačka Gora (MG), together with the surrounding basement, is mainly made up of crystalline rocks showing mostly Cretaceous age (STARIJAŠ et al., 2010) which can be divided into three groups: (1) granitoids, (2) migmatites, and (3) amphibolite facies metamorphic rocks (PAMIĆ, 1990). From the regional point of view, the MG crystalline is located in the SW part of the Pannonian Basin, in a so-called "Sava zone", according to recent geotectonic reconstructions of SCHMID et al. (2008). It shows marks of a complex igneous and metamorphic evolution during Cretaceous – namely, metamorphic rocks of the MG bare a signature of a characteristic high-temperature low-pressure metamorphic event (temperatures higher than 550 – 650°C and pressures up to 400 MPa) that has not been identified elsewhere in the region so far, making the geotectonic position and significance of MG crystalline complex quite enigmatic.

The granitoid pluton itself comprises about 110 km^2 of the exposed crystalline hosting several types of granitic rocks, as inferred from field, petrographic and geochemical studies. All types of granites show similar chemical signatures: strong peraluminosity (A/CNK > 1.1), normative corundum content greater than 1%, together with $Na_2O < 3.2$ wt% and $K_2O \sim 5$ wt%. On the basis of trace element distribution (especially REE's) a clear distinction has been made between the two most abundant granite types: two-mica (predominantly biotite) granite, and two subtypes of leucogranites. The first type, two-mica granite (quartz, K-feldspars, plagioclase, biotite, muscovite, andalusite, …) regularly hosts different types of enclaves. The two subtypes of pegmatitic and aplitic leucogranites (quartz, albite, K-feldspar, muscovite, biotite, tourmaline, garnet, andalusite) both penetrate two-mica granite and are not devoid of enclaves, although they are less abundant than in the previous type.

The term "enclave", as used here, refers to fragments of rocks or any other inhomogenity enclosed in and completely surrounded by a homogeneous igneous host rock. They generally range in size from few millimetres to hundreds of meters, show various shapes, colours, textures and lithologies, making the contrast between the enclaves and their host rock usually very evident but sometimes also cryptic. Regardless the type, all enclaves contribute significantly to the information on the origin and evolution of the MG crystalline complex. Following the classical division of this "inhomogenities" inside granitic host proposed by LACROIX (1893), enclaves are here divided into "enclaves énallogènes" or "foreign" enclaves and "enclaves homoéogènes" or "cognate" enclaves.

"Foreign" enclaves are characterized by the composition and origin that is not related to that of their host rock. Various types of xenoliths, representing mostly parts of the MG metamorphic complex, have been ascribed to this category: *surmicaceous* and/or *biotite-rich xenoliths* (biotite, quartz, feldspar, sillimanite ± andalusite; foliation, lepidoblastic texture), *gneissic xenoliths* (quartz, K-feldspar, albite, biotite, muscovite; laminated structure), *cordierite xenoliths* (cordierite, andalusite, biotite, quartz, garnet, sillimanite, muscovite; fine-grained, homogeneous, sometimes foliated), *amphibolite xenoliths* (amphibole, plagioclase, quartz, also present varieties with diopside and garnet; nematoblastic texture, weak schistosity) and *quartz xenoliths/xenocrysts* (cm to dm sized quartz aggregates showing sharp contact and no reaction rim to the granite host).

Contrarily, "enclaves homoéogènes" or "cognate" enclaves show evidence of mineralogical or genetic links to their host rock. They resulted from the processes that took place in the magmatic body itself i.e. granitoid pluton. For example, the presence of dark granular enclaves called *mafic microgranular / microgranitoid / magmatic enclaves (MME)* represents episode(s) of mixing of more mafic magma(s) with the more felsic granitic host, both members having

visco-plastic behaviour at that time. *Tourmaline nodules* are also a feature genetically related to the host granite. More precisely, they are a consequence of the exsolution, separation and entrapment of immiscible aqueous boron-rich melt portions inside the coexisting granitic magma. Occurring typically in form of spherical aggregates, with diameter ranging from 1 to 10 cm, nodules show a complex texture comprising two clearly distinct units: tourmaline-bearing core and leucocratic envelope (halo). The tourmaline-bearing core consists of dravite-enriched (Fe# 0.43–0.58) and slightly Na-deficient tourmaline, together with quartz + albite + K-feldspar. The nodule's halo, consisting of quartz + feldspar ± muscovite, represents an integral part of the nodule and envelopes the tourmaline-bearing core. Another feature can be also regarded as a type of "cognate" enclaves – *miaroles*. These "gaseous enclaves" represent incompletely filled void(s) in the host granite and are consistent with the escape of volatiles and gases from the evolving magma in the low-pressure environment.

Inside the MG magmatic system there are also numerous "inhomogenities" like *pegmatitic* and *aplitic* bodies, *tourmaline "suns"* and *K-feldspar megacrysts*. Among those features, K-feldspar megacrysts are of a special interest regarding the evolution of "cognate" enclaves. Ranging in size up to 10 cm, they are locally found inside the peraluminous two-mica granite and point to temperature, pressure and compositional fluctuations that took place in the host magma during crystallization. Igneous microstructures of the K-feldspar megacrysts, such as crystal shape, simple twinning and zonal growth (compositional zoning) are consistent with growth from the granitic melt i.e. host two-mica granite. Other notable features are tourmaline "suns" – rosette arrangements of elongated crystals of schorl tourmaline, reaching up to 30 cm in diameter.

From their characteristics, it is evident that "foreign" enclaves (xenoliths) give information on the undoubted continental crust contribution to the studied magmatic system, mode of emplacement of granitoid magmas, nature of country rocks and the relative age of the granitoid pluton. Preliminary geochemical model for production of melts inside MG magmatic system indicates muscovite dehydration melting at low aH_2O (GARAŠIĆ et al., 2007) of a (meta)pelitic source which is, at least partly, consistent with field evidence and observations made on enclaves. "Cognate" enclaves, on the other hand, hold a different type of information – primarily that concerning the evolution of the MG igneous body. Being found inside the host granite, they support a scenario according to which magma escaped from the plutonic depths, reached shallow level, where it stalled in a low-pressure crustal setting. This was already inferred from the field occurrences of miarolitic cavities and the presence of magmatic andalusite inside the host granite. P-T conditions at the crystallization level of the host granite have been obtained from the zircon saturation temperature and REE thermometry (ca. 720–730°C). From these temperatures, pressure values have been estimated to 70–270 MPa (on average č 5 km depth) and water content of the melt up to 4.2 wt% (BALEN & BROSKA, 2010). Decreasing pressure and related cooling were major factors controlling the melt differentiation, liquid immiscibility, fluid behaviour, partitioning of elements and the crystallization path of the two-mica granite as an integral part of the main plutonic body.

Present geological relations inside the Moslavačka Gora crystalline reflect a complex history of the metamorphic and igneous evolution during multiple, closely related, Cretaceous events. Metamorphic evolution that preceded igneous events remained recorded in the metamorphic part of the complex that became the source for the "foreign" enclaves encapsulated inside the intruding granite magma. The granite body itself shows evidence of at least two subsequent igneous events – their signature was left behind in the form of various types of "cognate" enclaves, rock textures and relation among known rock types, their mineral assemblages and geochemical features.

REFERENCES

BALEN, D. & BROSKA, I. (2010): Tourmaline nodules – products of devolatilization within the final evolutionary stage of granitic melt?– Geol. Soc. London Spec. Publ., in press.

GARAŠIĆ, V., KRŠINIĆ, A., SCHUSTER, R. & VRKLJAN, M. (2007): Leucogranite from Srednja Rijeka (Moslavačka Gora, Croatia).– 8th Workshop on Alpine Geological Studies, 21–21, Davos.

LACROIX, A. (1893): Les enclaves des roches volcaniques.– Protat, Mâcon, 770 p.

PAMIĆ, J. (1990): Alpinski granitoidi, migmatiti i metamorfiti Moslavačke gore i okolne podloge Panonskog bazena (sjeverna Hrvatska, Jugoslavija).– Rad JAZU, 10, 7–121, Zagreb.

SCHMID, S.M., BERNOULLI, D., FÜGENSCHUH, B., MATENCO, L., SCHEFER, S., SCHUSTER, R., TISCHLER, M. & USTASZEWSKI, K. (2008): The Alpine-Carpathian-Dinaridic orogenic system: correlation and evolution of tectonic units.– Swiss Journal of Geosciences, 101, 139–183.

STARIJAŠ, B., GERDES, A., BALEN, D., TIBLJAŠ, D. & FINGER, F. (2010): The Moslavačka Gora crystalline massif in Croatia: A Cretaceous heat dome within remnant Ordovician granitoid crust.– Swiss Journal of Geosciences, in press.

Order and disorder in columnar joints of Rupnica Geosite (Papuk Geopark)

Stupanj uređenosti i neuređenosti pukotina lučenja na geolokalitetu Rupnica (Geopark Papuk)

Dražen Balen[1], Goran Radonić[2] & Goran Pavić[2]

[1]Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 95, 10 000 Zagreb, Croatia (drbalen@geol.pmf.hr)
[2]Papuk Geopark, Stjepana Radića 46, 34330 Velika, Croatia (kontakt@papukgeopark.com)

Key words: columnar joints, rhyolite, geopark, Rupnica, Papuk
Ključne riječi: lučenje, riolit, geopark, Rupnica, Papuk

The Rupnica geosite is one of the key-localities of the Papuk Geopark. It is under protection as a "Geological Monument of Nature" since 1948 and is famous due to a characteristic exposure of the columnar joints developed in the albite rhyolite (TAJDER, 1956; 1960; 1969). Locality is a part of a larger volcanic body known also as the *Voćin volcanic mass* (PAMIĆ, 1991). K-Ar dating of volcanic rocks (interstratified basalts) near the locality gave Cretaceous age (PAMIĆ, 1991) while the alternative Miocene age (JAMIČIĆ & BRKIĆ, 1987; JAMIČIĆ et al., 1987) has been inferred base on broader geological/stratigraphic relations.

Position of the Rupnica geosite inside the volcanic body, its depth i.e. pressure of solidification and cooling rate, which has a significant bearing on the development of columnar joints, has not been estimated in detail so far. Fundamentally, simple and universal laws of physics govern the behavior of cracks and development of columnar joints in volcanic rocks, but also in analogous materials like mud, ice and starch slurry (LYLE, 2000; WEINBERGER, 2001; JAGLA & ROJO, 2002; TORAMARU & MATSUMOTO, 2004; GOEHRING & MORRIS, 2005; 2008; GOEHRING et al., 2006; 2009). Simplified, the fast cooling rate of magmatic materials near or close to surface conditions will cause the formation of cracks which will reorganize themselves in the form of "T-junctions", producing mostly four-sided columns, while on greater depths and with slow cooling rates cracks will propagate into depth, reorganizing themselves into "Y-junctions", in ideal case giving six-sided columns (JAGLA & ROJO, 2002; TORAMARU & MATSUMOTO, 2004).

Analysis performed on the Rupnica columnar jointing (Table 1) shows the development and reorganization of propagating joints and formation of *n*-sided columns. The values are expressed as *n*-gonality (hexagonality, pentago-

Table 1. Distribution of the polygon sides/bounded cracks in the Rupnica geosite counted during four measurement campaigns and corresponding statistical parameters (N = average, X_6, X_5, X_4 = heksa-, penta-, tetra-gonality indices). For comparison data for three volcanic complexes with distinctive columnar jointing are given (data and equations (X_6, X_5) are from WEINBERGER, 2001).
Tablica 1. Broj stranica stupova (broj pukotina) u Rupnici dobiven u četiri nezavisna mjerenja te njihovi izračunati statistički parametri (N=prosjek, X_6, X_5, X_4 = indeksi heksa-, penta- i tetra-gonalnosti). Za usporedbu su dani parametri za tri vulkanska kompleksa s izraženim prizmatskim lučenjem (podaci i formule (X_6, X_5) preuzeti su iz WEINBERGER, 2001).

Rupnica	3	4	5	6	7	8	Total	N	X_6	X_5	X_4
1st 2008	10	94	137	53	0	0	294	4.79	1.32	0.80	1.11
2nd 2008	9	217	129	41	3	0	399	4.53	1.58	0.88	0.91
3rd 2009	45	263	198	39	3	0	548	4.44	1.51	0.95	0.88
4th 2009	30	179	199	57	4	0	469	4.63	1.40	0.89	1.03
Average	24	188	166	48	3	0	428	4.60	1.45	0.88	0.98
Giant's Causeway	0	6	49	102	40	4	201	5.94	0.80	1.23	2.02
Devil's Postpile	1	29	92	67	9	2	200	5.30	1.06	0.88	1.49
Columbia River	0	5	30	28	7	0	70	5.53	0.90	0.93	1.71

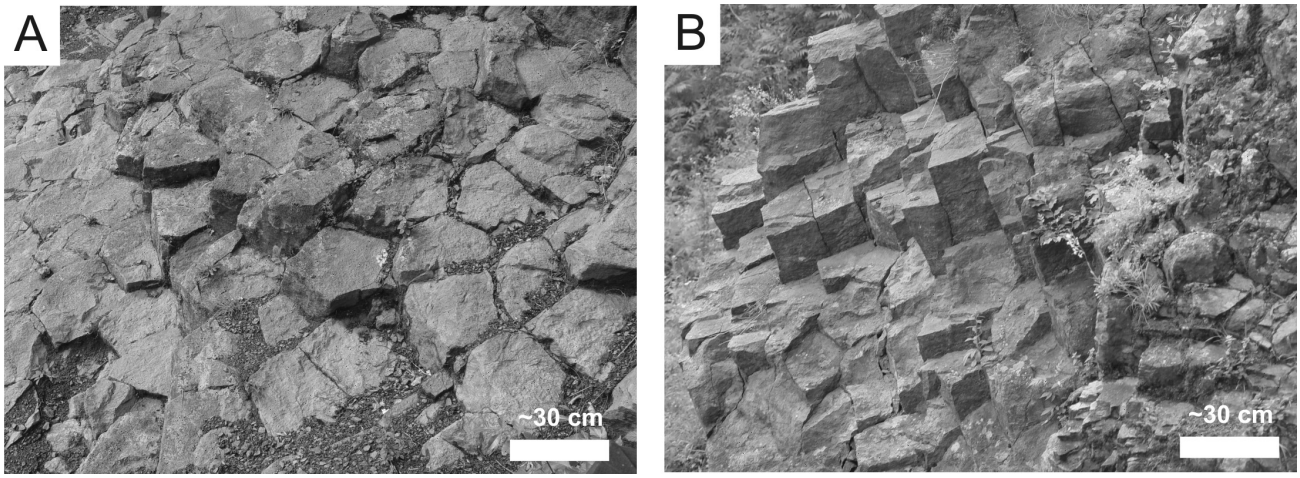


Figure 1. A) Polygonal columnar pattern visible in albite rhyolite at Rupnica geosite. B) Four-sided columns dominate at Rupnica geosite.
Slika 1. A) Poligonalni obrazac vidljiv na poprečnim presjecima stupova nastalih prizmatskim lučenjem u albitnom riolitu. B) Četverostrani poprečni presjeci stupova dominiraju u Rupnici.

nality,...) indices, which represent a measure of discrepancy in the number of joints between the real sample and an ideal (theoretical) case. Statistically significant are those results approaching value 1.

Differences in the total number of counted columns in 2008 (300–400) and 2009 (450–550) are due to mud avalanche (landslide) which covered a significant part of the locality. The outcrop cleaning using pumping water "cannon" (fall 2008) made it possible to access and counts a greater number of columns in 2009. Four-sided (0.98) and five-sided (0.88) columns show the greatest resemblance to the idealized case (Figs. 1A–B). Such results are in good agreement with results expected for shallow placed and relatively rapidly cooled volcanic mass. If such measurements are correlated with other features visible at or near the Rupnica locality, like relatively narrow columns, tightly packed striae (propagating cracks inside columns), curved sets of columns and occurrence of pyroclastic material in the vicinity (Omerovac site), than we can depict the Rupnica columnar jointing as the upper part (*entablature*) of the volcanic body. Consequently, analysis of cracking pattern responsible for the origin of columnar joints at the Rupnica geosite shows that this genetic process is related to a shallow, fast cooling environment.

The help of Geology and Environmental Science students during research is greatly acknowledged.

REFERENCES

GOEHRING, L. & MORRIS, S.W. (2005): Order and disorder in columnar joints.– Europhys. Lett., 69, 739–745.

GOEHRING, L. & MORRIS, S.W. (2008): The scaling of columnar joints in basalt.– J. Geophys. Res. B, 10203, 113–129.

GOEHRING, L., LIN, Z. & MORRIS, S.W. (2006): An experimental investigation of the scaling of columnar joints.– Phys. Rev. E, 74, 036115.

GOEHRING, L., MAHADEVAN, L. & MORRIS, S.W. (2009): Non-equilibrium scale selection mechanism for columnar jointing.– PNAS, 106, 2, 387–392.

JAGLA, E.A. & ROJO, A.G. (2002): Sequential fragmentation: The origin of columnar quasihexagonal patterns.– Phys. Rev. E, 65, 026203.

JAMIČIĆ, D. & BRKIĆ, M. (1987): Osnovna geološka karta SFRJ. 1:100.000, list Orahovica L 33-96.– Geološki zavod Zagreb (1971–1986), Savezni geološki zavod Beograd, Beograd.

JAMIČIĆ, D., BRKIĆ, M., CRNKO, J. & VRAGOVIĆ, M. (1987): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. Tumač za list Orahovica L 33-96.– Geološki zavod Zagreb (1986), str. 72, Savezni geološki zavod Beograd, Beograd.

LYLE, P. (2000): The eruption environment of multitiered columnar basalt lava flows.– Journal of the Geological Society London, 157/4, 715–722.

PAMIĆ, J. (1991): Gornjokredne bazaltoidne i piroklastične stijene iz voćinske vulkanske mase na Papuku (Slavonija, sj. Hrvatska).– Geološki vjesnik, 44, 161–172.

TAJDER, M. (1956): Albitski efuzivi okolice Voćina i njihova geneza.– Acta geol., 1 (Prir. istraž. JAZU), 27, 35–48.

TAJDER, M. (1960): Anortoklasni egirinski riolit iz potoka Rupnice kod Voćina.– Acta geol., 2 (Prir istraž JAZU), 29, 95–101.

TAJDER, M. (1969): Magmatizam i metamorfizam planinskog područja Papuk-Psunj.– Geološki vjesnik, 22, 469–476.

TORAMARU, A. & MATSUMOTO, T. (2004): Columnar joint morphology and cooling rate: A starch-water mixture experiment.– J. Geophys. Res., 109, B02205.

WEINBERGER, R. (2001): Evolution of polygonal patterns in stratified mud during desiccation: The role of flaw distribution and layer boundaries.– GSA Bulletin, 113/1, 20–31.

Stilpnomelan i biotit u mineralnoj paragenezi zelenih škriljavaca Medvednice (SZ Hrvatska) – indikatori metamorfne zonalnosti

Stilpnomelane and biotite in mineral paragenesis of the greenschists of Medvednica (NW Croatia) – indicators of the metamorphic zonality

Mirko Belak[1], Vesnica Garašić[2] & Dragutin Slovenec[2]

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

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

Ključne riječi: Medvednica, facijes zelenih škriljavaca, biotit, stilpnomelan, metamorfna zonalnost
Key words: Medvednica Mt., greenschist facies, biotite, stilpnomelane, metamorphic zonality

Planina Medvednica, s pružanjem orografske osi sjeveroistok-jugozapad u dužini od oko 40 km, geografski pripada sjeverozapadnom dijelu Hrvatske. Smještena je u dodirnom području geotektonskih jedinica Alpa, Tisije i Dinarida u Zagorsko-srednjetransdanubijskoj tektonskoj zoni. Glavna masa ortometamorfita rasprostranjena je u središnjem dijelu Medvednice (Malo i Veliko Sljeme – Puntijarka), dok manje pojave nalazimo u obliku tektonski uvjetovanih zona, koje se protežu od sela Mikulić na jugozapadu do potoka Blaguša, sjeverno od Kobiljaka, na sjeveroistočnom dijelu Medvednice.

U zelenim ortoškriljavcima mogu se izdvojiti različiti strukturno teksturni varijeteti, koji imaju različit mineralni sastav, ovisno o kemijskom i mineralnom sastavu primarne stijene, te stupnju metamorfnih promjena. Ukupna mineralna asocijacija u svim varijetetima zelenih ortoškriljavaca obuhvaća aktinolit, magneziohornblendu, albit, ortoklas, epidot, Fe-Mg klorit, klinoklor, schamozit, fengit, muskovit, biotit, stilpnomelan, kvarc, titanit, magnetit, hematit, kalcit, siderit, rutil te relikte ilmenita i augita. Najčešće glavne mineralne parageneze u zelenim ortoškriljavcima su: albit-aktinolit-epidot-klorit, albit-aktinolit-epidot i albit-epidot-klorit.

Amfiboli koji se javljaju u metabazitima su kompleksnog sastava, no tremolitna, glaukofanska, edenitna i čermakitna komponenta su glavne komponente čvrstih otopina. Općenito vrijedi da s porastom metamorfnog stupnja u sastav amfibola ulazi više natrija i aluminija. Amfiboli u zelenim škriljavcima su pretežno aktinoliti u kojima količina Al^{IV} varira između 0,10 i 0,50 *a.p.f.j.* te sporedna magneziohornblenda u kojoj je Al^{IV} veći od 0,5 *a.p.f.j.* U svim varijetetima zelenih škriljavaca na Medvednici dominantni feldspat je albit (*An<3*). Za raziku od amfibola kloriti i epidot ne pokazuju ovisnost sastava o stupnju metamorfoze. U pojedinim varijetetima zelenih škriljavaca na Medvednici pojavljuju se biotit, alterirani biotit i stilpnomelan. Biotit koegzistira s fengitom, kloritom i Al-bogatim aktinolitom. Alterirani biotit ± stilpnomelan u zajednici je s fengitom, kloritom i aktinolitom s nižim sadržajem Al. Stilpnomelan bez biotita pojavljuje se u mineralnoj paragenezi s fengitom, kloritom i aktinolitom koji ima nizak sadržaj Al. Biotit niskog stupnja metamorfizma koji koegzistira s fengitom ± kloritom i kvarcom odgovara Barrowljevoj biotitnoj zoni u metapelitima (WINKLER, 1979). Parageneza biotit + stilpnomelan karakterizira središnje dijelove facijesa zelenih škriljavaca, a stilpnomelan niže dijelove facijesa zelenih škriljavaca (BUCHER & FREY, 1994).

Biotit i stilpnomelan određeni su optičkim mikroskopom te primjenom rendgenske difrakcije na prahu i pomoću elektronske mikrosonde.

Listići biotita pojavljuju se u folijativnim mikrolitonima s kloritom, epidotom i fengitom, ali i kao sitni uklopci u albitu. Biotiti su homogenog sastava, omjer Fe/(Fe + Mg) varira između 0,52 i 0,53, a u dijagramu Al^{IV} : Fe/(Fe + Mg) analizirani biotiti projiciraju se u središnje područje između krajnih članova anita i flogopita. Izračunata je prosječna formula takvih biotita na temelju 11 mikrosondskih analiza:

$(K_{0,90}Na_{0,005}Ca_{0,008})(Al_{0,19}Ti_{0,06}Fe_{tot.1,40}Cr_{0,003}Mn_{0,02}Mg_{1,24})(Si_{2,9}Al_{1,1})O_{10}(OH)_2$

(fe_{tot} = $Fe_{tot}/(Fe_{tot}+Mg)$ = 0,53; mg = $Mg/(Mg+Fe_{tot})$ = 0,47; ΣI= 0,91)

Alterirani biotiti kemijski su relativno uniformni, omjeri Fe/(Fe + Mg) variraju u rasponu od 0,49 do 0,51. U dijagramu Al^{IV} : Fe/(Fe + Mg) vrijednosti za alterirane biotite se projiciraju točno između krajnih članova anita i flogopita. Prosječna formula alteriranog biotita izračunata na temelju 10 mikrosondskih analiza glasi:

$(K_{0,69}Na_{0,008}Ca_{0,04})(Al_{0,19}Ti_{0,06}Fe_{tot.1,35}Cr_{0,003}Mn_{0,02}Mg_{1,40})(Si_{2,9}Al_{1,1})O_{10}(OH)_2$

(fe_{tot} = $Fe_{tot}/(Fe_{tot}+Mg)$ = 0,49; mg =$Mg/(Mg+Fe_{tot})$ = 0,51; ΣI= 0,74)

Prosječna formula stilpnomelana izračunata na temelju 10 mikrosondskih analiza glasi:

$(K_{0,20}\,Na_{0,08}\,Ca_{0,09})(Mg_{1,73}\,Fe_{tot.3,80}\,Mn_{0,17}\,Ti_{0,002}\,Al_{0,28})$
$Si_8Al(O,OH)_{27}$*2-4 H_2O

($\Sigma I = 0,37$; $\Sigma M = 5,98$)

Zaključak

U zelenim ortoškriljavcima Medvednice na temelju sastava amfibola, te pojave biotita i stilpnomelana mogu se izdvojiti tri metamorfne zone:

(1) metamorfna zona je karakterizirana mineralnom asocijacijom aktinolit (niski sadržaj Al) + albit ± ortoklas + klinoklor + epidot + fengit + stilpnomelan;

(2) metamorfna zona sadrži mineralnu asocijaciju aktinolit (srednji sadržaj Al) + albit ± ortoklas + klinoklor + epidot + alterirani biotit + stilpnomelan + fengit;

(3) metamorfna zona odlikuje se mineralnom asocijacijom aktinolit (visoki sadržaj Al) + albit + Fe-Mg klorit + epidot + biotit + fengit.

Metamorfna zona (1) karakteristična je za niže dijelove facijesa zelenih škriljavaca odnosno temperature 350°C do 400°C (BUCHER & FREY, 1994; SPEAR, 1995). Metamorfna zona (2) ukazuje na središnje dijelove facijesa zelenih škriljavaca i temperaturu od oko 400°C (BUCHER i FREY, 1994). Rezultati izračunavanja metamorfnih uvjeta za zonu (3), pomoću više geobarometara i geotermometara (GERYA et al., 1997; PLYUSNINA, 1982; BROWN, 1977), ukazuju na temperaturne uvjete od oko 450°C i tlak od 3 do 4 kbara, odnosno više dijelove facijesa zelenih škriljavaca.

LITERATURA

BROWN, E.H. (1977): The crossite content of Ca-amphibole as a guide to pressure of metamorphism.– J. Petrol., 18, 53–402.

BUCHER, K. & FREY, M. (1994): Petrogenesis of Metamorphic Rocks.– 6th ed., Springer-Verlag, 318 p.

GERYA, T.V., PERCHUK, L.L., TRIBOULET, C., AUDREN, C. & SEZ'KO, A.I. (1997): Petrology of the Tumanshet zonal metamorphic complex, Eastern Sayan.– Petrology, 5/6, 503–533.

PLYUSNINA, L.P. (1982): Geothermometry and geobarometry of plagioclase – hornblende bearing assemblages.– Contrib. Mineral. Petrol., 80, 140–146.

SPEAR, F.S. (1995): Metamorphic Phase Equilibria and Pressure – Temperature – Time Paths.– Min. Soc. Am., Washington, 799 p.

WINKLER, H.G.H. (1979): Petrogenesis of metamorphic rocks.– 5th ed., Springer Verlag, 348 p., Berlin.

Variscan high-T and Cretaceous low-T monazite in granitoid pebbles of the Permotriassic sequence, Papuk, Croatia

Variscijski visokotemperaturni i kredni niskotemperaturni monacit u granitoidnim valuticama permotrijaskih naslaga, Papuk, Hrvatska

Vanja Biševac[1], Erwin Krenn[2], Dražen Balen[1] & Friedrich Finger[2]

[1]Institute of Mineralogy and Petrology, Department of Geology, Faculty of Science, University of Zagreb, Croatia (vabisevac@geol.pmf.hr)

[2]Division of Mineralogy, Department of Material Science, University of Salzburg, Hellbrunnerstr. 34, A-5020 Salzburg, Austria

Key words: Slavonian Mts., Permotriassic sequence, granitoid pebbles, monazite, U-Th-Pb
Ključne riječi: Slavonske planine, Permotrijaska sekvenca, granitoidne valutice, monacit, U-Th-Pb

The Variscan and pre-Variscan crystalline basement of the Slavonian Mts. is covered in places by the Permotriassic sequence. The thickness of this Permotriassic cover, in which some well defined groups can be distinguished, varies from 160 to 350 meters (JAMIČIĆ & BRKIĆ, 1987; SZAKMÁNY et al., 2003). At the base of the sequence, coarse-grained clastic rocks occur, represented by conglomerates and in some parts by gravelly sandstones. Several types of clasts can be observed (schists, quartz and granitoid pebbles), and are presumably derived from the surrounding basement complexes of the Papuk Mountain. Three macroscopically

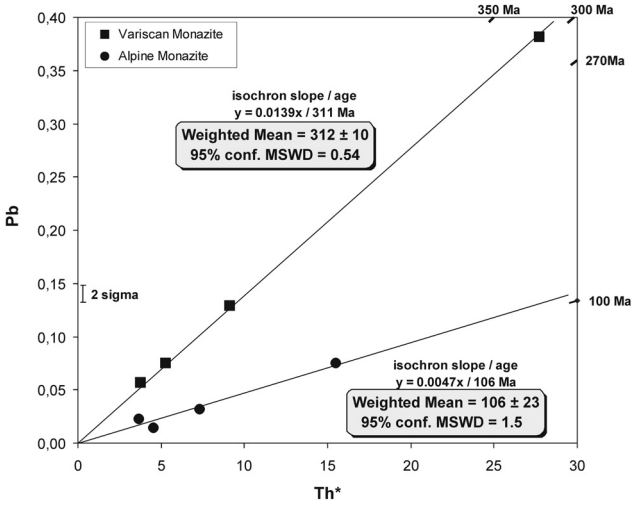


Figure 1. Th* *vs* Pb digram after SUZUKI et al. (1991). Monazites from the granitoid pebbles define both a Variscan and an Alpine isochrone (forced through 0). Also shown are the weighted average ages, which were calculated by internal error propagation (95% confidence) using Isoplot 2.49e (LUDWIG, 2001).

Slika 1. Th*-Pb dijagram prema SUZUKI i dr. (1991). Monaciti iz granitoidnih valutica definiraju variscijsku i alpinsku izokronu. Također su prikazane i težinske srednje vrijednosti starosti koje su izračunate metodom napredovanja interne pogreške (95% pouzdanosti) koristeći kompjutorski program Isoplot 2,49e (LUDWIG, 2001).

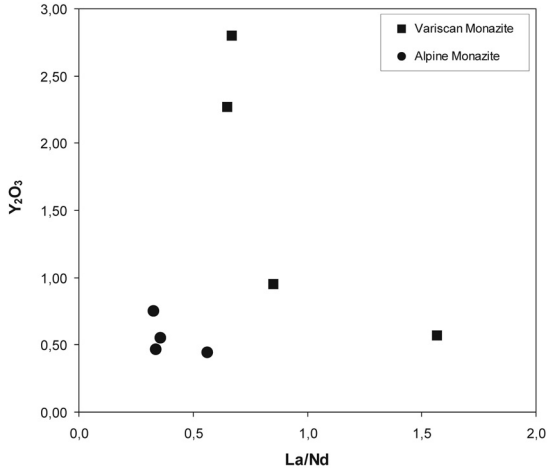


Figure 2. La/Nd *vs* Y_2O_3 plot showing chemical differences between Variscan and Alpine monazite.

Slika 2. La/Nd – Y_2O_3 dijagram na kojem su vidljive razlike u kemijskom sastavu između alpinskih i hercinskih monacita.

different granitoid pebbles, sampled on the locality near Velika, contained accessory monazite grains, which were investigated by means of the electron microprobe in order to determine their U-Th-Pb age.

In all samples, Carboniferous monazite ages were measured (Fig. 1), implying a Variscan formation of the granitoids. Interestingly, a newly formed Alpine (Cretaceous) monazite generation was found in one pebble (Fig. 1), demonstrating that the Permotriassic sequence must have experienced a significant low-grade metamorphic event at that time.

Beside their obvious discrepancy in age, the two monazite generations show significant chemical differences with respect to their REE patterns and yttrium values. Yttrium contents of the Alpine monazite are uniformingly low

(Fig. 2), consistent with a low-grade metamorphic formation. Yttrium-in-monazite thermometry (HEINRICH et al., 1997; PYLE et al., 2001) indicates formation temperatures of around 350–400°C. Some of the Variscan monazite grains have high yttrium contents of up to 3 wt. % Y_2O_3, consistent with a high-T igneous origin. Furthermore, Alpine monazite is characterized by low La/Nd ratios and relatively high Eu contents, suggesting that the formation conditions during Alpine metamorphism were oxidizing.

REFERENCES

HEINRICH, W., ANDREHS, G. & FRANZ, G. (1997): Monazite-xenotime miscibility gap thermometry. I. An empirical calibration.– J. Metamorph. Geol., 15, 3–16.

JAMIČIĆ, D. & BRKIĆ, M. (1987): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100000. List Orahovica L 33-96. (Basic Geological Map of Yugoslavia in scale 1:100.000, sheet Orahovica).– Geol. zavod Zagreb (1971–1986), Sav. geol. inst., Beograd.

JAMIČIĆ, D., BRKIĆ, M., CRNKO, J. & VRAGOVIĆ, M. (1987): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. Tumač za list Orahovica L 33-96 (Basic Geological Map of Yugoslavia – Explanatory notes for sheet Orahovica).– Geol. zavod Zagreb (1986), Sav. geol. inst., 1–72, Beograd.

LUDWIG, K.R. (2001): Isoplot/Ex, Version 2.49e. A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel.– Berkeley Geochronological Center Special Publications.

PYLE, J.M., SPEAR, F.S., RUDNICK, R.L. & MCDONOUGH, W.F. (2001): Monazite-xenotime garnet equilibrium in metapelites and a new monazite-garnet thermometer.– J. Petrol., 42, 2083–2107.

SUZUKI, K., ADACHI, M. & TANAKA, T. (1991): Middle Precambrian provenance of Jurassic sandstone in the Mino Terrane, central Japan: Th-U-total Pb evidence from an electron microprobe monazite study.– Sed. Geol., 75, 141–147.

SZAKMÁNY, GY., JAMIČIĆ, D., RAUSCSIK VARGA, A., JÓSZA, S. & HORVAT, M. (2003): Petrological and geochemical studies of the Permotriassic siliciclastic sequence in the western part of the Papuk Mountain (Croatia). 22nd IAS Meeting of Sedimentology, Opatija.– Abstract book, p. 204.

Alkali feldspar microtextures from Pogari formation granite pebbles (Middle Bosnia)

Mikroteksture u alkalnim feldspatima iz granitnih valutica Pogari formacije (srednja Bosna)

Mihovil Brlek[1], Dražen Balen[2] & Vladimir Bermanec[2]

[1]Croatian Geological Survey, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Croatia
(mihovil.brlek@hgi-cgs.hr)
[2]Institute of Mineralogy and Petrology, Department of Geology, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 95, 10 000 Zagreb, Croatia

Key words: alkali feldspars, deuteric microtextures, SEM with EDS
Ključne riječi: alkalni feldspati, sekundarne mikroteksture, SEM, EDS

Several reactions on minerals of the exotic reddish I-type granite pebbles of Cretaceous Pogari formation (Middle Bosnia) were observed using polarizing microscope: sericitization of plagioclase and chloritization of biotite (with epidote as a possible by-product), myrmekite, "plagioclase overgrowth", "intergranular plagioclase", exsolution and "patch" perthites. These reactions reflect the cooling history of a parent magma. Some of them might have been interconnected ("cyclic" reactions) and could have formed simultaneously (NEUBAUER et al., 2003; BRLEK, 2008).

The Al–Si ordering, which controls the change in symmetry in K-feldspars ($(K,Na)AlSi_3O_8$) from sanidine (Sa; c.c. 2/m, s.g. C2/m), through orthoclase (Or; c.c. 2/m, s.g. C2/m) to microcline (Mc; c.c. $\bar{1}$, s.g. C$\bar{1}$), and microstructures provide evidence for the thermal history of feldspars (WENK, 1976). There are three important processes that occur in feldspar crystals during cooling: (1) the homogenous composition exsolutes into K- and Na-rich lamellae and lenses at high temperature (*below solvus*); (2) the C2/m symmetry degrades to C$\bar{1}$; (3) twinning occurs in both Na- and

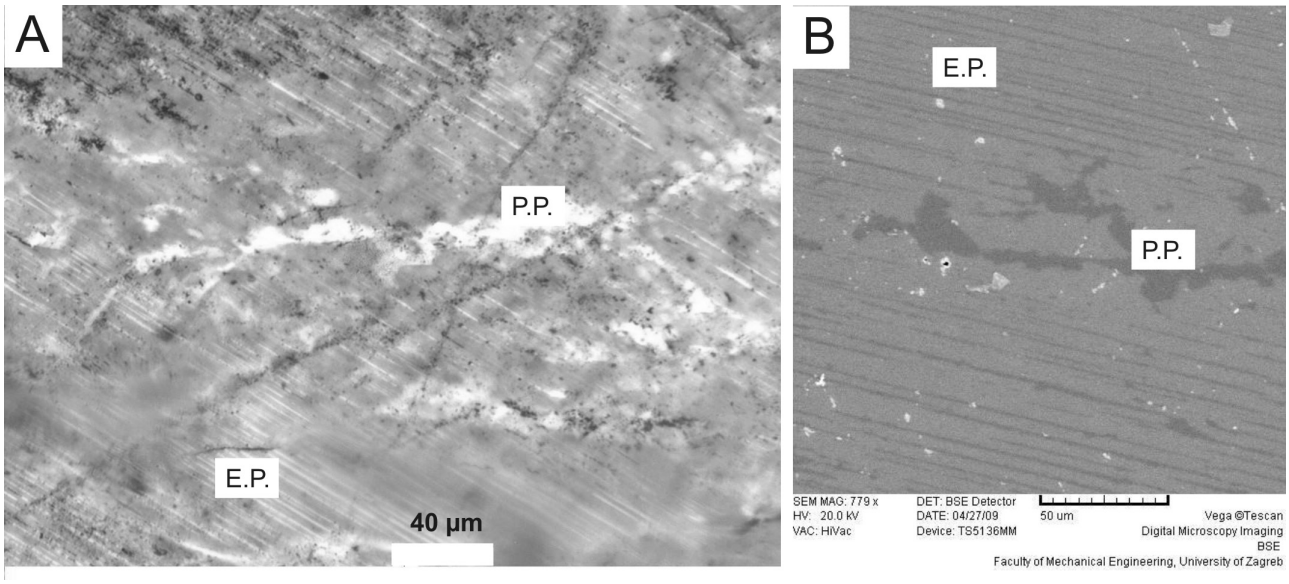


Figure 1. A – Optical microphotograph of perthitic alkali feldspar microtextures showing finescale, regular, lamellar micro-perthitic intergrowths, (parallel white lines, E.P.), characteristic of exsolution processes, which are crosscut by "patch" perthites (P.P.) (patchy white) with irregular morphology in the host K-rich feldspar (gray). B – BSE image of the same microtexture showing difference in composition between sodium rich exsolution lamellae and "patches" (dark gray) and K-feldspar (gray). Some exsolution lamellae are partly coarsened by deuteric processes (bottom right).

Slika 1. A – Mikrofotografija pertitske strukture s vidljivim pravilnim lamelarnim prorastanjima (paralelne bijele linije, E.P.), koja su značajka eksolucijskog procesa. U K-feldspatu (sivo) vidljiv je "krpasti" pertit (P.P., bijela područja) nepravilne morfologije. B – Slika iste strukture dobivena unatrag raspršenim elektronima (BSE) pokazuje razlike u sastavu između eksolucijskih lamela i "krpa" obogaćenih natrijem (tamnosivo) te K-feldspata (sivo). Neke eksolucijske lamele su dijelom pokrupnjene sekundarnim procesima (dolje desno).

K-rich lamellae. The last two processes are simultaneous (KOVACS KIS et al., 2004).

During subsolidus, coherent exsolution and coarsening leads to finescale, regular, lamellar "strain-controlled" cryptoor fine micro-perthitic intergrowths, with lamellae typically ≤ lμm thick and coherent or semicoherent interfaces between albite (Ab)-rich and K-feldspar (Or)-rich phases. Because of the difference in cell dimensions between the exsolved phases, elastic strain (coherency strain energy) develops at the surfaces of perthite lamellae. Dislocations (possible fluid pathways) can also nucleate on the straight albite lamellae and the intergrowths are then semicoherent (PARSONS & LEE, 2009).

Reduction of total free energy by release of coherency strain during dissolution-reprecipitation reactions (related to micropores and turbidity), termed "unzipping", leads to growth of incoherent subgrain mosaics of albite and microcline. These "deuteric perthites" ("patch" perthite), up to 10^3 times coarser than strain-controlled intergrowths, are incoherent and have irregular morphologies (PARSONS & LEE, 2009).

Differences in composition between K-rich host grain and Na-rich "patches" (P.P.) are visible in optical microphotograph (Fig. 1A) and SEM backscatter electron (BSE) image (Fig. 1B). These images reveal alkali feldspar microtextures: primary exsolution perthites (E.P.), with some lamellae partly coarsened, and irregular Na-rich "patch" perthite (P.P.) in host K-rich feldspar (Figs. 1A–B), indicating the "unzipping" process that took place during subsolidus, deuteric phase of granitic magma cooling, when alkali feldspars react readily with magmatic fluids.

This research was supported by A. Tonejc. The aid of S. Jakovljević is gratefully acknowledged.

REFERENCES

BRLEK, M. (2008): Značajke granitnih valutica unutar konglomerata Pogari formacije srednje Bosne.– Diploma thesis, Department of Geology, Faculty of Science, University of Zagreb, 118 p.

KOVACS KIS, V., HORVAT, M. & DODONY, I. (2004): Microstructures in two alkali feldspar megacrysts from the Papuk Mt., Croatia.– Geol. Croatica, 57/2, 149–158.

NEUBAUER, F., PAMIĆ, J., DUNKL, I., HANDLER, R. & MAJER V. (2003): Exotic granites in the Cretaceous Pogari Formation overstepping the Dinaridic Ophiolite Zone mélange in Bosnia.– Annales Universitatis Budapestiensis, Sectio geologica, 35, 133–134, Budapest.

PARSONS, I. & LEE, M. (2009): Mutual replacement reactions in alkali feldspars I: microtextures and mechanisms.– Contrib. Mineral. Petrol., 157, 641–661.

WENK, H.-R. (1976): Electron microscopy in mineralogy.– Springer-Verlag, 564 p., Berlin.

Mineraloško-petrografski sastav ultramafita na jednom dijelu ofiolitne zone Dinarida

Mineralogical-petrographic composition of the ultramafics in one part of Dinaride Opholite Zone

Amra Hamzabegović[1] & Milan Stević[2]

[1]Zemaljski muzej BiH, Sarajevo, BiH
[2]Rudarsko-geološko-građevinski fakultet, Tuzla, BiH

Ključne riječi: kompleks, lercolit, ultramafitne stijene
Key words: complex, lherzolite, ultramafic rocks

Ofiolitna zona Dinarida, koja predstavlja glavnu jedinicu Unutrašnjih Dinarida zauzima veliku površinu na području Bosne i Hercegovine. Geografski, podjela ofiolitske zone u Bosni može se izvršiti na sljedeće ofiolitske komplekse:

- Krivajsko – konjuški ofiolitni kompleks,
- Ozrenski ofiolitni kompleks,
- Područje Varde i Višegrada,
- Ofiolitni kompleks Ljubića, Čavke do Vrbanje,
- Ofiolitni komleks Borja i Mahnjače i
- Kozarački ofiolitni kompleks

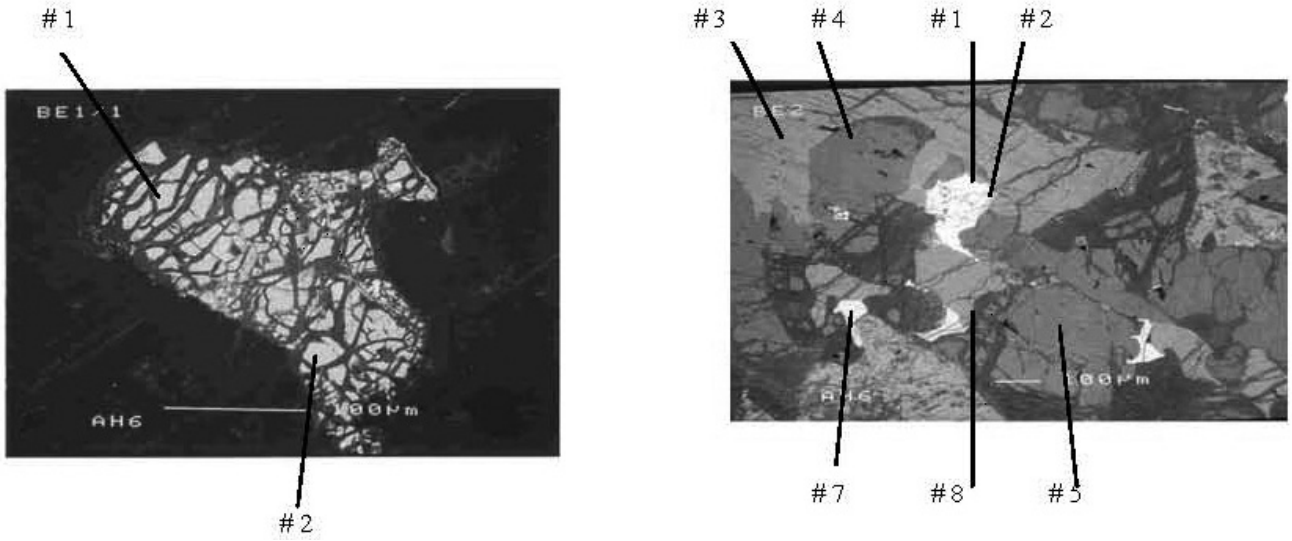
Svaki od navedenih kompleksa nosi neku svoju specifičnost po kojoj se razlikuje od ostalih kompleksa, npr. veličina kompleksa, zastupljenost pojedinih glavnih članova (tektonitnih peridotita, kumulatnih gabra i peridotita, dijabaza, bazalta, granitoida, spilita, keratofira, amfibolita) i njihovu izdiferenciranost.

Među fragmentima u ofiolitnoj zoni često dolaze ultramafiti, gabri, dijabaz-doleriti, bazalt-spiliti, amfiboliti, rožnaci, glinci, te egzotični blokovi krečnjaka različite starosti (od srednjeg trijasa do titon-berijasa). Veličine fragmenata variraju od mm-cm do dm-m i dekametarsko-hektometarskih dimenzija (PAMIĆ, 1996).

Petrografija ultramafitnih stijena okoline Žepča ne razlikuje se od petrografije ultramafitnih stijena iz ostalih dijelova Dinaridske ofiolitne zone u Bosni.

Hemijski sastav lerzolita Ofiolitne zone Dinarida je ujednačen što se može viditi na Tablici 1. Odnos MgO:FeO koji je oko 5 puta veći po čemu ima sve karakteristike alpinotipnih peridotita. U hemijskim analizama uočljiv je visok sadržaj vode, što ukazuje na visok stepen serpentinizacije.

Analiza na elektronskom mikroskopom (REM) dala je rezultate hemijske analize piroksena i olivina (Ol), Tablica



Slika 1. Snimak elektronskim mikroskopom uzoraka BE1/1 i BE2.
Figure 1. Electron microscope photography of samples BE1/1 and BE2.

Tablica 1. Hemijski sastav ultramafitnih stijena ofiolitne zone Dinarida.
Table 1. Chemical composition of the ultramafic rocks from Dinaride Opholite Zone.

	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	Cr_2O_3	FeO	NiO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	H_2O^+	H_2O^-	Σ
1	40,58	0,07	2,75	3,42	0,23	5,06	0,21	0,13	39,47	2,70	0,39	0,11	5,31	0,58	100,45
2	41,81	/	1,98	4,39	/	/	/	0,15	35,91	1,59	/	/	13,62	/	99,45

1 – Za ofiolitnu zonu u Bosni/for ophiolite zone in Bosnia (PAMIĆ et al., 1977); 2 – Za ultramafitnu stijenu iz ofiolitne zone okoline Žepča (analiza urađena na elektronskom mikroskopu)/for ultramafic rock from ophiolite zone of Žepča area (electron microscope analysis) (HAMZABEGOVIĆ, 2001).

Tablica 2. Formule na osnovu rezultata hemijskog sastava ispitivanih tačaka na uzorcima.
Table 2. Formulea based on the spot chemical analyses.

Ol #3	$(Mg_{1,746}\ Fe_{0,253})_{2,011}\ SiO_4$
Ol #4	$(Mg_{1,72}\ Fe_{0,27})_{1,99}\ SiO_4$
Cpx #1	$Ca_{1,047}(Mg_{0,748}\ Fe_{0,149}\ Ti_{0,02}\ Cr_{0,031})_{0,93}\ (Al_{0,188}\ Si_{1,810})_{1,99}\ O_6$
Cpx #2	$Ca_{0,948}\ (Mg_{0,814}\ Fe_{0,199}\ Mn_{0,02}\ Cr_{0,022})_{1,055}\ (Al_{0,146}\ Si_{1,847})_{1,995}\ O_6$
Cpx #3	$Ca_{1,142}\ (Mg_{0,692}\ Fe_{0,96}\ Ti_{0,013}\ Cr_{0,049})_{1,714}\ (Si_{1,765}\ Al_{0,167})_{1,933}\ O_6$
Opx #4	$Ca_{0,067}\ (Mg_{1,63}\ Fe_{0,266}\ Ti_{0,013}\ Cr_{0,02})_{1,929}\ (Si_{1,876}\ Al_{0,116})_{1,994}\ O_6$
Opx #5	$Ca_{0,76}\ (Mg_{1,642}\ Fe_{0,249}\ Cr_{0,23})_{2,121}\ (Si_{1,876}\ Al_{0,1})_{1,976}\ O_6$
Sp #7	$(Mg_{3,724}\ Fe_{4,27}\ Mn_{0,028}\ Ca_{0,06})_{8,082}\ (Cr_{6,36}\ Al_{8,82})_{15,18}\ O_{32}$
Sp #8	$(Mg_{3,6}\ Fe_{4.83}\ Ca_{0,07})_{8,5}\ (Cr_{7,5}\ Al_{8,37}\ Ti_{0,06})_{15,93}\ O_{32}$

2. Na Sl. 1 prikazan je snimak mikroskopskog preparata na elektronskom mikroskopu sa naznačenim dijelovima (BE1/1 i BE2) na kojima su izvršene detaljne analize uključujući i određivanje hemijskog sastava.

Tačke #1, #2 i #3 analizirane na isječku BE2 su klinopiroksen (Cpx) dok su tačke #4 i #5 ortopiroksen (Opx). U uzorku je registrovan krom spinel (Sp) predstavljen tačkama #7 i #8. Iz formula se vidi da je hemijski sastav varijabilan jer u tački #7 pored glavnih elemenata prisutni su Mn i Ca dok u tački #8 Mn nije registrovan, a utvrđen je Ti.

Matična stijena ispitivanog profila okoline Žepča je lerzolit koji je tamnosive, gotovo crne boje. Mineraloško-petrografski sastav je utvrđen analizom elektronskog mikroskopa, a pokazuje da je većina uzoraka izgrađena od olivina koji je neravnomjerno serpentiniziran. Pored olivina u sastav ulazi ortopiroksen, klinopiroksen, olivin i malim dijelom spinel koji je neujednačenog sastava. U njemu se ističe visok sadržaj MgO i nizak sadržaj CaO.

LITERATURA

HAMZABEGOVIĆ, A. (2001): Kora raspadanja na peridotitima okoline Žepča-ofiolitna zona Dinarida.– Magistarski rad. Rudarsko-geološko-građevinski fakultet, Universitet u Tuzli, str. 1–57.

PAMIĆ, J. (1978): Krivajsko – konjuški kompleks.- Geologija BiH, knj. IV, "Geoinžinjering" – Sarajevo, 99-135.

PAMIĆ, J. (1996): Magmatske formacije Dinarida, Vardarske zone i južnih dijelova Panonskog basena.- Monografija, Nafta, Zagreb, 225 str.

Dating of rifting magmatizm and evaporites within the Adria Plate, on Jabuka, Brusnik and Vis islands, Croatia

Starost riftnog magmatizma i evaporita na jadranskim otocima Jabuka, Brusnik i Vis

Ladislav A. Palinkaš[1], Sibila Borojević Šoštarić[1], Sabina Strmić Palinkaš[1], Franz Neubauer[2], Jorge Spangenberg[3] & Ivan Razum[1]

[1]Institute of Minaralogy and Petrography, Department of Geology, Faculty of Sceince, University of Zagreb, Horvatovac 95, 10 000 Zagreb, Croatia
(lpalinkas@geol.pmf.hr)

[2]Department of Geography and Geology, University of Salzburg, Hellbrunner Str. 34, A-5020 Salzburg, Austria

[3]Institute of Mineralogy and Geochemistry, University of Lausanne, Building Anthropole, CH-1015 Lausanne, Switzerland

Key words: basalt, gabbro, rifting, Ar/Ar date, evaporites, sulphur isotopes, Adria plate, fluid inclusions
Ključne riječi: bazalt, gabro, riftovanje, Ar/Ar datiranje, evaporiti, izotopi sumpora, Jadranska ploča, fluidne inkluzije

Permo-Triassic rift-related magmatism in the Dinarides produced gabbro-diorite-syenite-granite formation and an extrusive basalt-andesite-dacite formation with abundant pyroclastic rocks (PAMIĆ & BALEN, 2005). Wide range of igneous rock ages from Permian to Triassic times show two stage evolution from the early intra-continental rifting to the advanced rifting and oceanization.

The igneous rocks from Vis, Jabuka and Brusnik islands consist of the two main groups: a) sul-bvolcanic types with augite-diabases; b) extrusive types with augite-andasite, spilite-keratophyres and spilites. The first group characterizes Jabuka and Brusnik, whereas the second one is on the Vis. The parent magma is, however, the same.

The gabbro of the Jabuka is a phaneritic, medium-grained rock with sub-hypidiomorphic texture. Plagioclase and two pyroxenes (augite and pigeonite) represent the main crystallization phase with subordinate amphibole (uralite), biotite, Ti-magnetite and ilmenite. The trace elements and a normalized-MORB incompatible element spider-diagram support similarity of the Jabuka gabbro with continental tholeiitic magmas, excluding MORB type affinity. The gabbro intrusive-body was dissected by a swarm of dyke-veins of pinkish, coarse-grained gabbro. Amphibols, selected from the dykes, contain measurable fluid inclusion (FIs). Liquid-rich inclusions yielded homogenizations (T_h) between 420° and 505°C, and salinities around 25 wt % NaCl equ. Minimum pressure was 0.6 kbar, indicating minimum 2 km of overburden under lithostatic conditions. The dyke swarm is perpendicular to the pseudo-layering and T_h suggests brittle intrusion of fractionated, alkali enriched magma.

The dolerite of the Brusnik Island has phaneritic, holocrystalline, intergranular diabase texture with ophitic to subophitic groundmass (GARAŠIĆ et al., 2001). Mineral composition is the same as in the Jabuka gabbro. Major and trace elements point their calc-alkaline character. Quartz from coarse grained gabbroid dykes contains well developed fluid inclusions. Petrographic examination shows coexistence of vapour rich FIs and high salinity liquid rich FIs containing halite and silvite daughter minerals. High salinity liquid-rich FIs melted silvine at T between 80° to 150°C, followed by halite melting at T range from 345° to >600°C, priori to or synchronous with the vapour disappearance. Their total salinities are between 42 to >70 wt % NaCl equ. Total homogenization to a liquid phase was in the range from 415° to

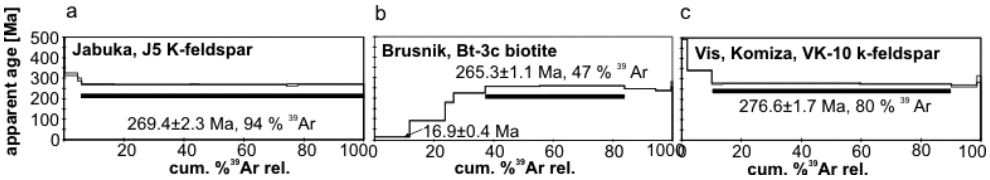


Figure 1. $^{40}Ar/^{39}Ar$ apparent age spectra of the a) K-feldspar from pink dyke of the Jabuka Islet (sample J5); b) biotite from diabase of the Brusnik Islet (sample BT 3c); and c) K-feldspar concentrate from Komiža (Vis) dyke. Laser energy increases from left to right. Steps used for calculation of integrated or a plateau ages are delineated by bar.

Slika 1. $^{40}Ar/^{39}Ar$ spektar starosti a) K-feldspata iz crvenih dajkova s otočića Jabuka; b) biotita iz dijabaza s otočića Brusnika; i c) K-feldspata iz dajkova s Komiže (otok Vis). Energija lasera raste s lijeva na desno. Koraci korišteni za proračun integriranih ili platoe vrijednosti su masno ocrtani.

>600°C under the minimum pressure of 0.3 to 1.2 kbars, indicating minimum 1 to 4 km of overburden under lithostatic conditions. Vapour-rich inclusions show presence of CO_2±CH_4 within the vapour phase, but the homogenization attempts failed, and further FIs measurements are needed. The winding, wavy shape of dykes and high T_h of FIs in magmatic quartz suggest ductile conditions during intrusion of dykes.

Volcanic rocks on the island of Vis are situated around a small village Komiža. One can distinguish sub-volcanic types represented by augite-andesite, spilite-keratophyres and spilites. At the coast a submarine lava flow is made of rare pillow lava lobs, volcanic agglomerates, lapillistones, lapilli tuffs, tuffs and hyaloclastite, formed by autobrecciation. Amygdales and vesicles filled with chlorite, prehnite and calcite, in radial patterns are commonly less than 1 mm, but rarely exceed 0.5 cm. Prehnite from the Komiža Bay, Vis Island, fills amygdales and vein lets within pillow lavas and represents the product of hydrothermal alteration of basalt under seawater-dominant conditions. Petrographic observations and microthermometric measurements of prehnite distinguish three types of primary FIs. Low saline (5.2–6.3 wt % NaCl equ.) aqueous two-phase (L+V) FIs with T_h between 110°–125°C represent seawater relicts. Interaction with basaltic lava slightly increased salinity. The coexistence of aqueous three-phase (L+V+S_{iso}; salinity = 29.3–30.5 wt % NaCl equ.; Th = 135°–180°C) and vapour-rich (V+L; T_h= 135°–180°C) FIs points to precipitation from boiling fluid. Assuming modified seawater salinity around 5.5 wt % NaCl equ., incipient boiling (135°C) took place at a depth of 20 m.

Dating – Igneous rocks: The first radiometric dating was done on the Jabuka by BALOGH et al. (1994). The K/Ar ages obtained on the Jabuka whole rock and mineral fractions differ insignificantly. The average K/Ar age is 205 ±6.9 Ma, and two isochrones gave 200.3±7.9 and 199.5± 11.9 Ma with little amount of excess radiogenic Ar**.** It roughly reflects the latest stage of crystallization after intrusion. The research supports a tectono-magmatic hypothesis of a subalkaline, ensialic intrusion during the extensional processes of the continental crust, which occurred since middle Triassic in the western Tethys. The dating, however, suggests uppermost Triassic, what does not correspond with the major phase of Triassic rifting, although calc-alkaline character excludes MORB type lithotypes (BALOGH et al., 1994).

DE MIN et al. (2008) obtained, by analyzing plagioclase separates on Jabuka and Brusnik, a new Ar/Ar plateau ages of 227±5 Ma and an isochrone at 226±3 Ma for Jabuka, and plateau age of 226±3 Ma for Brusnik. The age is shifted toward the Middle Triassic time what is a better fit to the general rifting conditions in the area.

Recent research of the Jabuka and Brusnik intrusives revealed their age determined by Ar/Ar method on the gabbro, felsic dykes, and a coherent basalt fragment from Komiža on the Vis Island. Biotite from the Jabuka brittle dyke gives a plateau age of 273±1.1 Ma, with loss of Ar around 77.2±2.4 Ma. K-feldspar from the Jabuka brittle dyke is unaffected and shows similar plateau age of 269.4±2.3 Ma, but K-feldspar from the additional dyke on the Jabuka is dated at 254.5±2.0 Ma (Fig. 1a). Biotite in the Brusnik dolerite is dated at 265±1.1 Ma, while K-feldspar has a plateau age of 214±0.9, obviously lowered due to release of Ar, during some later thermal episode (Fig. 1b). K-feldspar separated from the basalt-andesitic fragment in the volcanics from Komiža, Vis Island, gave a plateau age of 276.6±1.7 Ma coherent with the other magmatic representatives (Fig. 1c)**.** The ages determined on biotites are more consistant, and differ from those obtained on K-feldspars, which was the object of the previous dating. This is explanation why the former K/Ar and Ar/Ar dating gave ages which are not completely compatible with the geotectonic events in the early history of Tethyan evolution. Upper Permian ages correspond to the early intra-continental rifting and the geochemistry to the within plate magmatism.

Evaporites – Sulphur isotopes: Evaporites on the Vis Island, near Komiža are in tectonic contact with volcanic rocks. Sulphur isotope values, $\delta^{34}S$, 16.1, 16.3, 16.6, 17.1, 17.1, (average 16.6) might be attributed to the secular variation of the Lower and Upper Triassic sea water, what is confirmed by polen analysis (Hass personal communication).

REFERENCES

BALOGH, K., COLANTONI, P., GUERRERA, F., MAJER, V., RAVASZ-BARANYAI, L., RENZULLI, A., VENERI, F. & ALBERINI, C. (1994): The medium-grained gabbro of the Jabuka islet ("Scoglio del Pomo", Adriatic Sea).– Geologia, 56/2, 13–25, Bologna.

DE MIN, JOURDAN, F., MARZOLI, A., RENNE, P.R. & JURAČIĆ, M. (2008): The tholeiitic Magmatism of Jabuka and Brusnik Islands: a Carnian magmatism in the Adria Plate.– Soc. Geol. It., 2, 1–3.

GARAŠIĆ, V., VRKLJAN, M., TADEJ, N. & MAJER, V. (2001): Dolerites from the islet of Brusnik (Adriatic Sea, Croatia).– Berichte der Deutschen Mineralogische Gesellschaft, 13, 56–56.

PAMIĆ, J. & BALEN, D. (2005): Interaction between Permo-Triassic rifting, magmatism and initiation of the Adriatic-Dinaridic carbonate platform (ADCP).– Acta Geologica Hungarica, 45, 181–204.

Turning mineral grains into voxels: destructive tomographic techniques reveal the true nature of a peculiar granitic rock texture in 3D

Od mineralnih zrna do voksela: destruktivne tomografske tehnike otkrivaju trodimenzionalni karakter neobičnih strukturnih značajki u granitima

Zorica Petrinec & Dražen Balen

Institute of Mineralogy and Petrology, Department of Geology, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 95, 10 000 Zagreb, Croatia
(zoricap@geol.pmf.hr)

Key words: 3D texture, granite, tourmaline nodule, morphology, internal structure, voxel, serial sectioning tomography
Ključne riječi: 3D struktura, granit, turmalinska nodula, morfologija, unutarnja građa, voksel, serijska destruktivna tomografija

Pegmatites and aplites from the Moslavačka Gora (MG) are well-known for more than a century. They are usually described as leucocratic veins cutting host granite consisting of quartz, K-feldspar, albite, tourmaline, muscovite, biotite ± garnet. Their genetic relation to the host granite and its evolution is well-established (e.g. TUĆAN, 1904; PAMIĆ, 1990). Beside these "classical" leucocratic vein rocks regularly noted by many researchers of the MG crystalline (Figs. 1A–C), there are somewhat different occurrences of "peculiar", tourmaline-bearing bodies, resembling leucocratic veins in mineral composition and relations to the host granite implicating petrogenetic processes intimately related to the host granite and similar to those yielding pegmatitic and aplitic bodies. These "peculiar" bodies can be described as compact tourmaline-bearing aggregates surrounded by a contrasting leucocratic rim, roughly cm to dm in diameter, showing nodular shapes in 3D. However, their nodular nature can be easily mistaken for a vein when observed in 2D sections solely. But the great number of such circular "vein intersections" and the rounded nature of their endings inside granitic host are confusing. Although such nodular occurrences are observable throughout the MG granitic pluton, they are most noticeable feature of the host granite on the northern rim of the MG pluton and have been recently indisputably defined as tourmaline nodules (BALEN, 2007).

A 3D study of various samples of granitic rocks from the northern slopes of MG containing nodules has been conducted in order to investigate morphology, occurrence and internal structure of this "peculiar" feature together with their distribution inside the host rock and spatial relations among individual nodules. Their general characteristics are observable even in 2D: elliptical to circular, sometimes even slightly ameboidal contours and a complex texture comprising two clearly distinct units (Fig. 1D). The core, a spherical aggregate of tourmaline, quartz, albite and K-feldspar is enveloped by a leucocratic halo, consisting of quartz, feldspar ± muscovite (BALEN & BROSKA, 2010). The outer boundary between nodule's halo and granitoid host can be visually clearly defined by the absence or presence of biotite: host rock contains up to 15 vol. % of biotite in contrast to almost completely biotite-free leucocratic halo. This characteristic is evident even on an outcrop scale and has been used as the main criteria for the separation of nodules as autonomous bodies inside the host rock. Rock samples were analysed using destructive tomographic techniques: serial slicing (sectioning) and serial lapping (grinding), depending on the desired resolution of the final 3D model. Namely, the ability of analyzing larger samples in "low-resolution" gave information on their morphology and relations inside the host rock, while the serial grinding method, performed on smaller samples, provided detailed information about nodule's internal structure. Non-destructive, X-ray tomography could not have been used on the studied material due to similar mineral densities (Qtz, Ab, Pl, Kfs), which would disable the separation of individual grains pertaining to those phases.

A 3D computer reconstruction of studied material by destructive techniques involved following steps: 1) *Sample preparation* i.e. construction of different reference systems which enabled an exact realignment of individual slices/erosion levels, either at the data acquisition stage or later during the 3D reconstruction process. 2) *Data acquisition* or production of multiple slices or erosion surface in order to digitalize them in the following step. In case of serial sectioning, thinnest slices obtainable using an annular saw were 3.5 mm thick, while the resolution achieved during a single erosion step on a grinding machine was 10× finer – 0.35 mm per erosion step. Each section or erosion step has been digitalized using a flatbed scanner. Acquired surfaces were saved as greyscale images in TIFF format. 3) *Data classification (segmentation)* encompassed definition of all voxels in the dataset corresponding to a particular component, based on the greyscale value of individual pixels. In order to facilitate

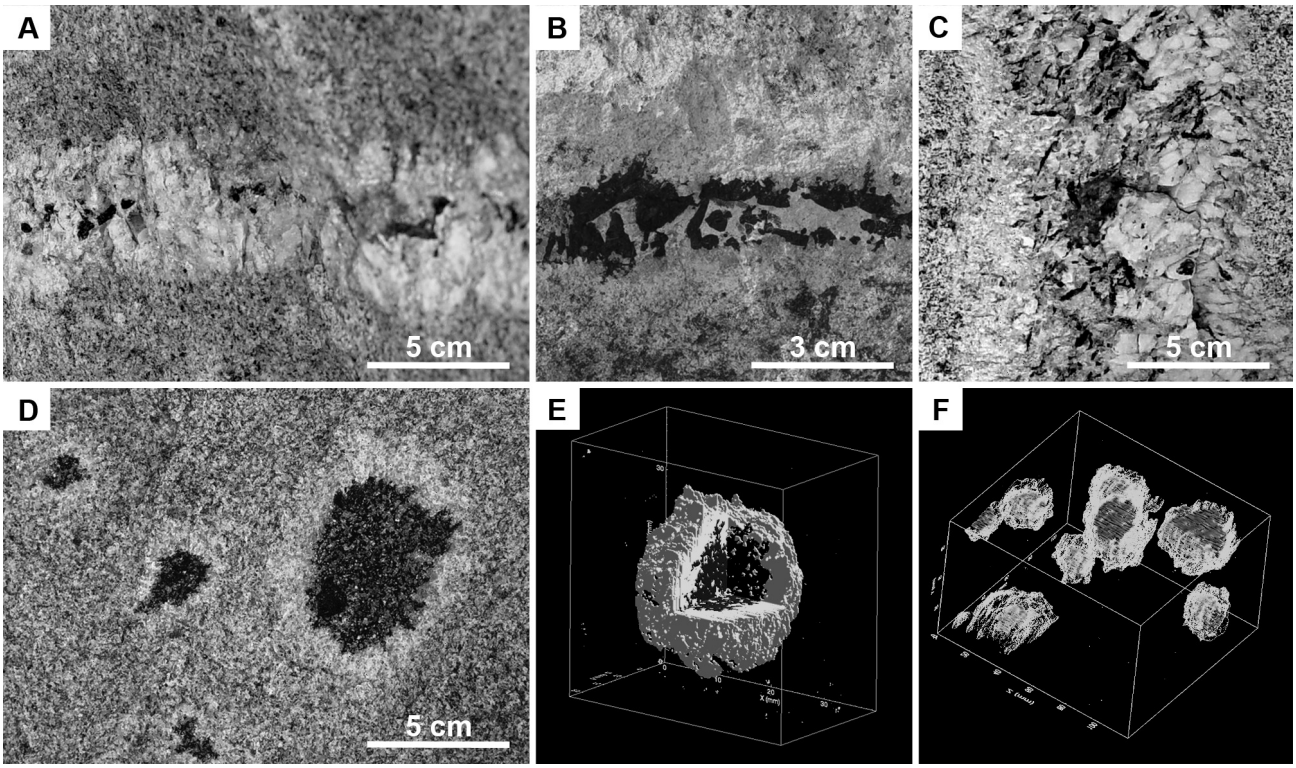


Figure 1. A–C) Sections of various pegmatitic veins/bodies from MG. D) Tourmaline nodule inside granitic host. E) 3D reconstruction of a tourmaline nodule showing distinct core and halo units. F) Distribution and spatial relations among nodules inside investigated granite volume.
Slika 1. A–C) Uzdužni presjeci različitih pegmatitnih žila s Moslavačke gore. D) Turmalinska nodula u granitnom domaćinu. E) 3D rekonstrukcija izdvojene nodule s jasno vidljivim jedinicama: turmalinom bogata jezgra i leukokratski ovoj. F) Prostorni raspored i odnosi među nodulama unutar rekonstruiranog volumena proučavanog granita.

further processing of the "raw" data, a clear distinction between tourmaline nodule's core and halo and the surrounding host rock was attained through manual correction of the image levels in the graphic software prior to image analysis. Segmentation of such pre-processed data has been done using BLOB3D software (KETCHAM, 2005). 4) *Separation (3D reconstruction)* included defining individual blobs – series of contiguous touching voxels of a single classified component. 5) *3D model visualization*. BLOB3D was designed primarily for the manipulation of 3D datasets, but their quantification and visualization generally requires the use of specialized software. Nevertheless, BLOB3D software enables an export of "geologically interpreted" datasets in form of "processed" greyscale images – this is a valuable pre-processing step that can simplify (and speed up) volume reconstruction.

Obtained 3D reconstructions of rock volumes containing tourmaline nodules showed that they are indeed isolated spherical bodies dispersed inside the granitic host and not vein formations. Also, the two structural units of a nodule, core and halo, are clearly distinguishable in 3D and show sharp contacts to each other but also to the granitic host (Figs. 1E–F). Another feature that distinguishes nodules from pegmatites/aplites is the crystal habit of tourmaline: nodule cores contain anhedral tourmaline in form of a tourmaline-quartz "network" whilst veins contain subhedral to euhedral tourmaline.

REFERENCES

BALEN, D. (2007): Tourmaline nodules occurences in Moslavačka Gora (Croatia) granite: a snapshot of magmatic processes.– 8th Workshop on Alpine Geological Studies, 3–3, Davos.

BALEN, D. & BROSKA, I. (2010): Tourmaline nodules – products of devolatilization within the final evolutionary stage of granitic melt?– Geol. Soc. London Spec. Publ., in press.

KETCHAM, R.A. (2005): Computational methods for quantitative analysis of three-dimensional features in geological specimens.– Geosphere, 1, 32–41.

PAMIĆ, J. (1990): Alpinski granitoidi, migmatiti i metamorfiti Moslavačke gore i okolne podloge Panonskog bazena (sjeverna Hrvatska, Jugoslavija).– Rad JAZU, 10, 7–121, Zagreb.

TUĆAN, F. (1904): Pegmatit u kristaliničnom kamenju Moslavačke gore.– Rad JAZU, 159, 166–208, Zagreb.

Alteracijski procesi u mafitnim ekstruzivnim stijenama iz ofiolitnog melanža Medvednice (Hrvatska)

Alteration processes in the extrusive mafic rocks from the ophiolite mélange of the Mt. Medvednica (Croatia)

Damir Slovenec[1] & Boško Lugović[2]

[1]Institut za geološka istraživanja, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Hrvatska
(dslovenec@hgi-cgs.hr)

[2]Zavod za mineralogiju, petrologiju i mineralne sirovine, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Hrvatska
(blugovic@rgn.hr)

Ključne riječi: hidrotermalne alteracije, bazaltni ekstruzivi, ofiolitni melanž, Medvednica
Key words: hydrothermal alterations, basaltic extrusives, ophiolite mélange, Mt. Medvednica

Ofiolitni melanž Medvednice smješten je na tromeđi Južnih-istočnih Alpa, Dinarida i Tise, a u geotektonskom smislu pripada jugozapadnom dijelu Zagorje-srednjotransdanubijske smične zone (PAMIĆ & TOMLJENOVIĆ, 1998) kao zasebna tektonostratigrafska jedinica (Kalnik Unit po HAAS et al., 2000). To je kaotičan sedimentacijsko-tektonski kompleks kojeg izgrađuju sedimentni i magmatski klasti, različitog tektonostratigrafskog podrijetla, unutar pelitno-siltoznog matriksa koji sadrži palinološku zajednicu karakterističnu za donju do srednju juru (bajocian); dostupni podaci ukazuju na gornju granicu formiranja melanža u donjoj kredi tijekom otriva (BABIĆ et al., 2002). Većina magmatskih klasta, metarske do kilometarske veličine, predstavlja fragmente srednjojurske oceanske kore, odnosno vršnih litoloških članova ofiolita, dok se srednjotrijaski fragmenti neofiolitnih alkalijskih bazalta nalaze izuzetno rijetko (SLOVENEC & LUGOVIĆ, 2009). Sedimentne stijene zastupljene su blokovima sinsedimentacijskih pješčenjaka i rožnjaka trijaske i jurske starosti, te fragmentima vapnenaca i klastita alb-cenomanske starosti čiji geološki položaj još nije u potpunosti jasan.

Mafitni ekstruzivi u ofiolitnom melanžu Medvednice zastupljeni su toleitnim masivnim, afirnim bazaltima ili doleritima i jastučastim (pillow) bazaltima, rijetko alkalijskim bazaltima. Magmatska strukturno-teksturna obilježja ovih stijena ostala su sačuvana dok su mineraloške promjene u pravilu intenzivne pa se predmetne stijene većinom klasificiraju kao spiliti odnosno metabazalti.

Analizom sekundarnih parageneza i kemijskog sastava paragenetskih minerala mogu se razlučiti dva odvojena stadija: (a) rani stadij nisko-temperaturnih submarinskih alteracija ubrzo nakon ekstruzija i (b) kasniji stadij hidrotermalnog metamorfizma niskog stupnja na dnu oceana. Rani stadij, prema podjeli ERZINGERA (1989), odnosi se na "trošenje" na oceanskom dnu koje se odigrava na niskoj temperaturi uz visok aktivitet morske vode (*alteracijski tip I*). Tijekom ove alteracije morska voda prodire u pillowe i masivnu oceansku koru do dubine od nekoliko stotina metara uzrokujući prvenstveno oksidaciju bazalta. Primarni Fe-Ti minerali (magnetit i/ili magnezioferit) djelomice se zamijenjuju hematitom, ilmenitom i naročito *leukoksenom Leukoksen* u predmetnim stijenama zapravo predstavlja agregate submikroskopskih kristala titanita. *Alteracijski tip II* odigrava se na relativno višoj temperaturi karakterističnoj za dijagenetski segment zeolitnog facijesa (< 150 °C) uz srednji do niski aktivitet vode i u analiziranim stijenama zabilježen je pseudomorfozom zeolita (natrolita?) po plagioklasu i/ili kristalizacijom zeolita u pukotinama stijena. Uz postupno slabljenje oksidacijskog potencijala sredine, zeolitu se može pridružiti paragenetski pirit. Kasni stadij odigrava se na temperaturama višim od 200 °C uz nizak aktivitet vode odnosno u reduktivnim uvjetima. To je *alteracijski tip III* poznat i pod nazivom hidrotermalni metamorfizam (oceanskog dna). Alteracije vezane za ovaj stadij najintenzivnije su u istraživanim bazaltnim stijenama. Hidrotermalnim metasomatskim promjenama nastali su albit (pseudomorfozom po plagioklasu), klorit, epidot i zoisit/klinozoisit na račun augita, te titanit, kvarc i neoalbit.

Za karakterizaciju uvjeta alteracija odnosno hidrotermalne metamorfoze analiziranih bazalta značajno je prisustvo pumpellyita, aktinolita i prehnita u sekundarnim paragenezama. Pumpellyit u analiziranim uzorcima nastaje izmjenom plagioklasa (tad zajedno s prehnitom) i/ili augita (tad zajedno s kloritom i/ili aktinolitom) i devitrifikacijom u kori jastučastih bazalta. Ovakva alteracijska parageneza jasno ukazuje na hidrotermalnu metamorfozu bazaltnih stijena ofiolitnog kompleksa u prehnit-pumpellyitnom facijesu. Uzimajući u obzir cjelokupni geodinamički kontekst stvaranja ofiolitnog melanža Medvednice (BABIĆ et al., 2002; SLOVENEC & LUGOVIĆ, 2009) i imajući u vidu da matriks

ofiolitnog melanža pokazuje samo dijagenetske promjene (JUDIK et al., 2004) zaključeno je da su navedene parageneze rezultat pervazivne metasomatoze uzrokovane cirkulacijom morske vode koja je prodirala duž mikrofraktura u bazaltnoj kori za vrijeme ili netom nakon njihove konsolidacije na dnu oceana, najvjerojatnije na hrptu.

Proces albitizacije je zahvatio najveći dio vulkanita Medvednice. Mikrostrukturna analiza ukazuje da albitizacija plagioklasa nije napredovala striktno od rubova zrna prema središnjem dijelu ili obrnuto. Zrna plagioklasa zahvaćana su metasomatozom selektivno, bez jasne pravilnosti, u odgovarajućim mikrodomenama promjera nekoliko μm-a, formirajući kristalizacijske zametke albita koji daljnjim napredovanjem albitizacije mogu rasti do potpune pseudomorfoze zrna plagioklasa. Natrijem bogate hidrotermalne otopine potrebne za albitizaciju potjecale su najvećim dijelom iz morske vode uz mogućnost djelomičnog utjecaja juvenilnih hidrotermalnih otopina. U albitiziranim bazaltima kod kojih nije zapaženo obogaćenje SiO_2 postoji lokalni izvor SiO_2 koji je deriviran prilikom kloritizacije intersticijskog vulkanskog stakla i sličnim reakcijama. Dio komponenata za tvorbu klorita potječe i iz alteriranih klinopiroksena. Tvorba klorita je izazvala povećanje omjera Na^+/Mg^{2+} omogućivši daljnju albitizaciju (SEEWALD, 1987). Kod dijela izmijenjenih bazalta zapaženo je potiskivanje albita prehnitom. Ove izmjene vezane za Ca-metasomatizam vjerojatno su se dešavale uslijed kretanja fluida duž pozitivnog temperaturnog gradijenta što je moglo poduprijeti zadržavanje Ca u stijeni i premještanje Na u fluid putem reakcija kojima se razara albit, a talože se Ca-Al–silikati, tj. prehnit (GIGGENBACH, 1984). Proces sosiritizacije čest je u vulkanitima iz ofiolitnog melanža Medvednice. Ovaj hidrotermalni alteracijski proces, vezan za rezidualne magmatske otopine karakteriziran je alteracijom bazičnih plagioklasa i stvaranjem sosirita – agregata zoisita/klinozoisita, epidota, albita i kvarca. Procesi karbonitizacije i limonitizacije spadaju u završne procese izmjene bazaltnih stijena iz ofiolitnog melanža Medvednice.

LITERATURA

BABIĆ, LJ., HOCHULI, P.A. & ZUPANIČ, J. (2002): The Jurassic ophiolitic mélange in the NE Dinarides: Dating, internal structure and geotectonic implications.– Eclogae Geol. Helvetiae, 95, 263–275.

ERZINGER, J. (1989): Chemical alteration of the oceanic crust.– Geol. Rundschau, 78, 731–740.

GIGGENBACH, W.F. (1984): Mass transfer in hydrothermal alteration systems.– Geochim. Cosmochim. Acta, 48, 2693–2711.

HAAS, J., MIOČ, P., PAMIĆ, J., TOMLJENOVIĆ, 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.

JUDIK, K., ÁRKAI, P., HORVÁTH, P., DOBOSII, G., TIBLJAŠ, D., BALEN, D., TOMLJENOVIĆ, B. & PAMIĆ, J.(2004): Diagenesis and low-temperature metamorphism of the Mt. Medvednica, Croatia: Mineral assemblages and phyllosilicate characteristics.– Acta. Geol. Hungarica, 47, 151–176.

PAMIĆ, J. & TOMLJENOVIĆ, B. (1998): Basic geologic data from the Croatian part of the Mid-Transdanubian Zone.– Acta Geol. Hungarica, 41, 389–400.

SEEWALD, J.S. (1987): Na and Ca metasomatism during hydrothermal basalt alteration: an experimental and theorethical study.– M. Sc. Thesis, Univ. Minnesota.

SLOVENEC, Da. & LUGOVIĆ, 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.

New constraints on the geochronology of the Moslavačka Gora crystalline massif in Croatia

Novi geokronološki okvir za kristalinski masiv Moslavačke gore

Biljana Starijaš[1], Axel Gerdes[2], Dražen Balen[3], Darko Tibljaš[3], Andreas Mayer[1] & Fritz Finegr[1]

[1]Department ofMaterials Science and Physics, University of Salzburg, Hellbrunnerstrasse 34, A-5020 Salzburg, Austria (biljana.starijas2@sbg.ac.at)

[2]Institute of Geoscience, Goethe University, Altenhöferallee 1, D-60438, Frankfurt am Main, Germany

[3]Institute of Mineralogy and Petrology, University of Zagreb, Horvatovac 95, 10 000 Zagreb, Croatia

Key words: Moslavačka Gora, Ordovician metagranite, Cretaceous Central Granite, Cretaceous LP/HT metamorphism
Ključne riječi: Moslavačka gora, ordovicijski metagranit, kredni granit, kredni LP/HT metamorfizam

The Moslavačka Gora Massif in Croatia (MGM) is located about 50 km ESE of Zagreb. It covers an area of ~150 km^2 and represents an important surface exposure of crystalline basement within the Tertiary sediments of the Pannonian Basin (PAMIĆ, 1990). In terms of the Alpine plate tectonic framework, the MGM has been long considered to be a ma-

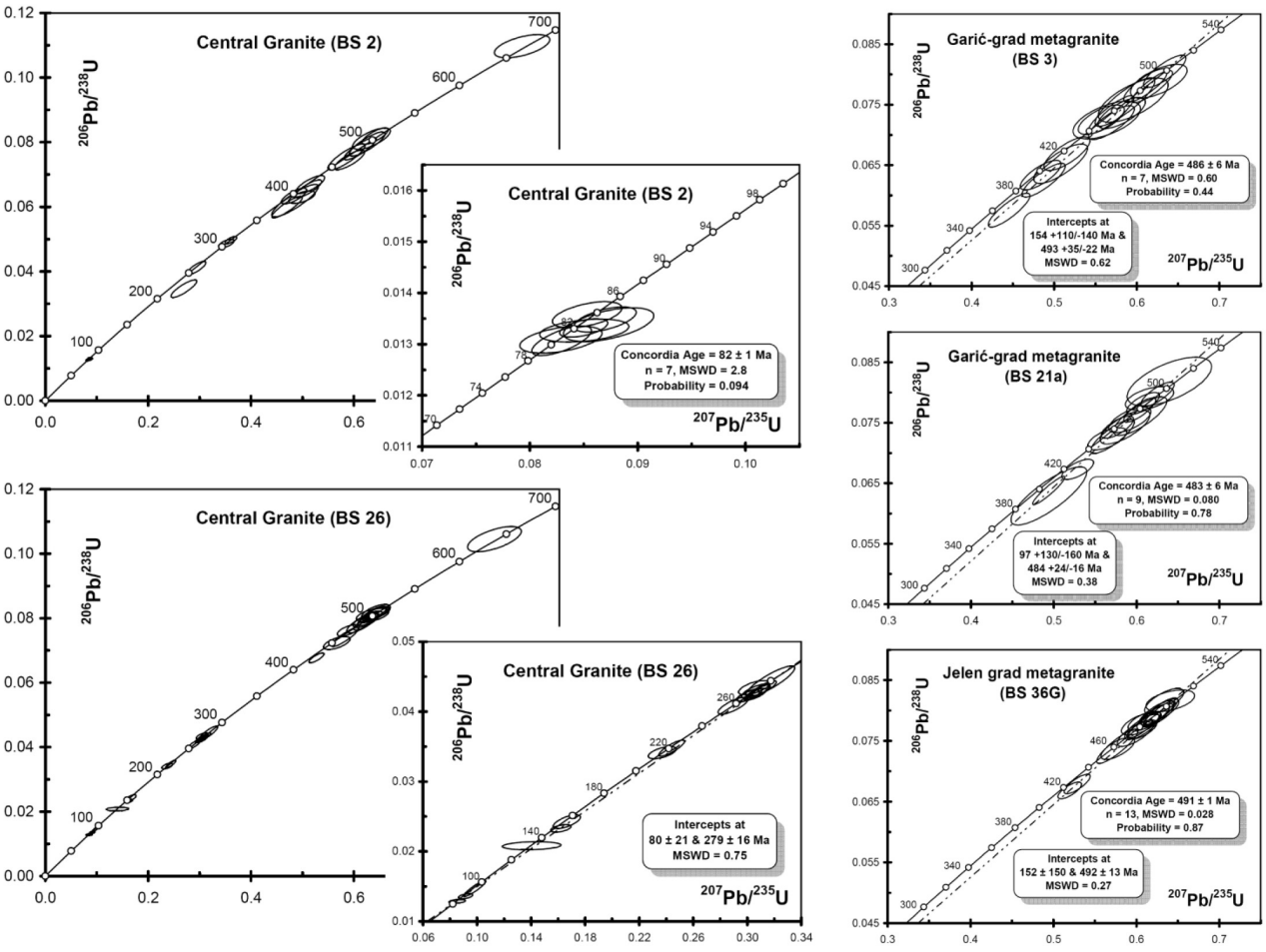


Figure 1. Results of LA-SF-ICP-MS zircon dating for the Central Granite and metagranites from the MGM, shown in concordia diagrams.
Slika 1. Rezultati LA-SF-ICP-MS datiranja na cirkonu iz središnjih granita i metagranita masiva Moslavačke gore, prikazani na konkordija dijagramima.

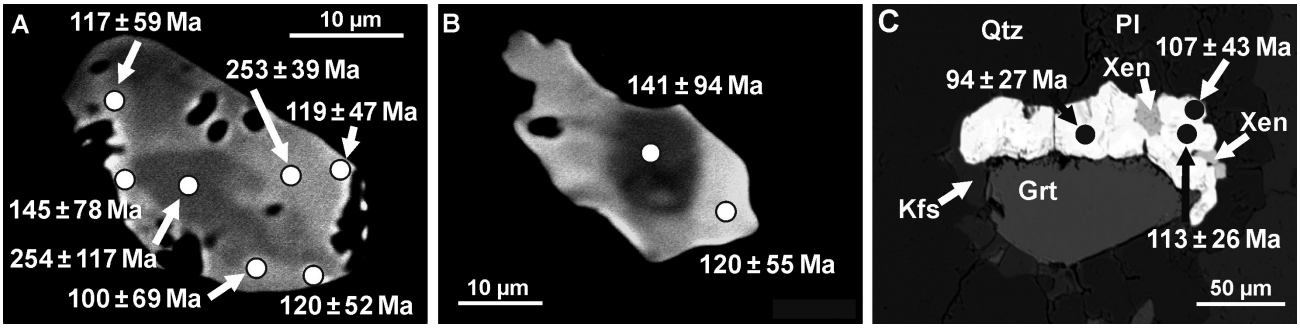


Figure 2. Backscattered-electron (BSE) images of dated monazite grains from the MGM. (A) Metapelite, sample BS 10. (B) Central Granite, sample BS 4. (C) Garić-grad metagranite, sample BS 21a.
Slika 2. BSE slike datiranih zrna monacita iz MGM. (A) Metapelit, uzorak BS 10. (B) Središnji granit, uzorak BS 4. (C) Garić grad, metagranit, uzorak BS 21a.

jor outcrop of Variscan crystalline basement of the South Tisia block (PAMIĆ, 1998; PAMIĆ et al., 2002). Recently, USTASZEWSKI et al. (2008) and SCHMID et al. (2008) related the MGM to the so-called "Sava-Zone", which is interpreted as the Cenozoic suture between Tisia and the Northern Dinarides.

Our geochronological, geochemical and geothermobarometric data indicate that the MGM consists of a Cretaceous S-type granite pluton intruding a Cretaceous low-pressure/high-temperature (LP/HT) metamorphic complex (STARIJAŠ et al., 2010). The age of the LP/HT metamorphism is estimated at ~90–100 Ma using the method of electron microprobe based monazite dating. Laser ablation-sector field-inductively coupled plasma-mass spectrometry (LA-SF-ICP-MS) based U-Pb dating on zircon gave 82±1 Ma for the Central Granite (Fig. 1). The metamorphic complex of the MGM comprises mainly felsic anatexites and orthogneisses of granitic composition together with metapelites (paragneisses and mica schists) and minor amphibolites. Zircons from three different samples of metagranite were dated at 486±6 Ma, 483±6 Ma and 491±1 Ma, suggesting that most of the metamorphic complex represents an Early Ordovician granitic series (Fig. 1).

The Cretaceous regional metamorphism culminated in granulite facies conditions of ~750 °C and 3–4 kbar. A retrograde metamorphic event at lower amphibolite facies conditions overprinted the metamorphic complex. This event is probably related to the intrusion of the Central Granite. The southeastern sector of the massif was additionally affected by post-granitic, predominantly NE oriented shearing at greenschist facies conditions.

As yet there is no clear evidence for Variscan events in the MGM. Mineral relics of a medium-pressure amphibolite facies metamorphism are preserved in amphibolites (PAMIC et al., 2002). They are older than the Cretaceous LP/HT regional metamorphism, but their age is presently unknown. Some indications for a Permian regional metamorphic event are provided by inherited zircons in the Central Granite (Fig. 1) that have been dated with a Permian age, and by Permian monazite relics (Fig. 2) found in metapelites (STARIJAŠ et al., 2010).

The Cretaceous high heat flow regime recorded in the MGM crystalline massif is unique in the subcrop of the Pannonian Basin and may be a local feature triggered by a mafic intrusion in the lower crust.

REFERENCES

PAMIĆ, J. (1990): Alpinski granitoidi, migmatiti i metamorfiti Moslavačke Gore i okolne podloge Panonskog bazena (sjeverna Hrvatska, Jugoslavija).– Rad Jugoslavenske Akademije Znanosti i Umjetnosti, 10, 7–121.

PAMIĆ, J. (1998): Crystalline basement of the South Pannonian Basin based on surface and subsurface data.– Nafta, 49, 371–390.

PAMIC, J., BALEN, D. & TIBLJAŠ, D. (2002): Petrology and geochemistry of orthoamphibolites from the Variscan metamorphic sequences of the South Tisia in Croatia – an overview with geodynamic implications.– International Journal of Earth Sciences (Geologische Rundschau), 91, 787–798.

SCHMID, S.M., BERNOULLI, D., FÜGENSCHUH, B., MATENCO, L., SCHEFER, S., SCHUSTER, R., T, M. & USTASZEWSKI, K. (2008): The Alpine-Carpathian-Dinaridic orogenic system: correlation and evolution of tectonic units.– Swiss Journal of Geosciences, 101, 139–183.

STARIJAŠ, B., GERDES, A., BALEN, D., TIBLJAŠ, D. & FINGER, F. (2010): The Moslavačka Gora crystalline massif in Croatia: A Cretaceous heat dome within remnant Ordovician granitoid crust.– Swiss Journal of Geosciences, in press.

USTASZEWSKI, K., SCHMID, S.M., FÜGENSCHUH, B., TISCHLER, M., KISSLING, E. & SPAKMAN, W. (2008): A map-view restoration of the Alpine-Carpathian-Dinaridic system for the Early Miocene.– Swiss Journal of Geosciences, 101, Supplement 1, 273– 294.

Inženjerskogeološka istraživanja za potrebe izgradnje ustave i crpne stanice na sustavu Bić – Bosut

Engineering geological investigations for the building canal lock and pumping station on the system Bić – Bosut

Ivan Baranašić[1], Petrina Kontrec[2], Marijan Krsnik[3] & Boris Kavur[4]

[1]Institut IGH, Janka Rakuše 1, 10 000 Zagreb, Hrvatska
(ivan.baranasic@igh.hr; petrina.kontrec@igh.hr; marijan.krsnik@igh.hr; boris.kavur@igh.hr)

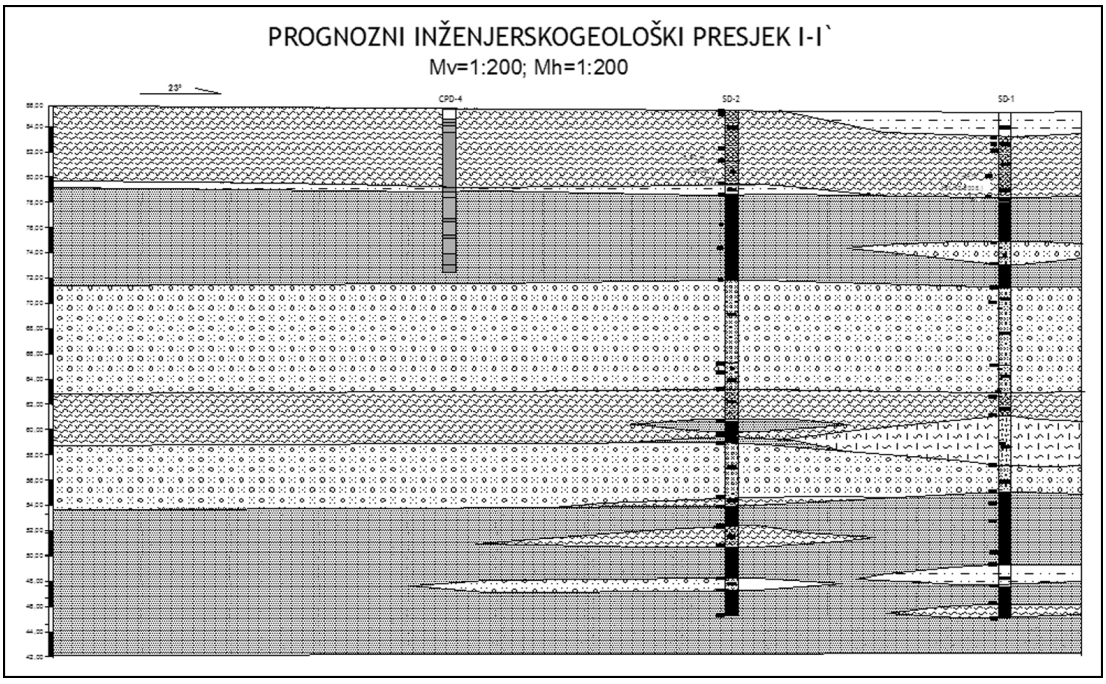
Ključne riječi: vodonosnik, istraživačko bušenje, pokusno crpljenje, CPTU ispitivanja, geoelektrične metode
Key words: aquifer, investigatory drilling, pumping test, CPTU investigations, geoelectrical methods

Za potrebe izgradnje ustave i crpne stanice na lokaciji sjeverno od Save, južno od Jaruga i zapadno od sela Sikirevci izvedeni su geomehanički, hidrogeološki i geofizički istraživački radovi. Zadatak provedenih istraživačkih radova bio je utvrditi geološki sastav i građu podzemlja te dobiti uvid u karakteristike tla, kako bi se na osnovu dobivenih podataka odredili geotehnički parametri potrebni za određivanje načina temeljenja objekta te proračunala stabilnost iskopa i način osiguranja građevinske jame.

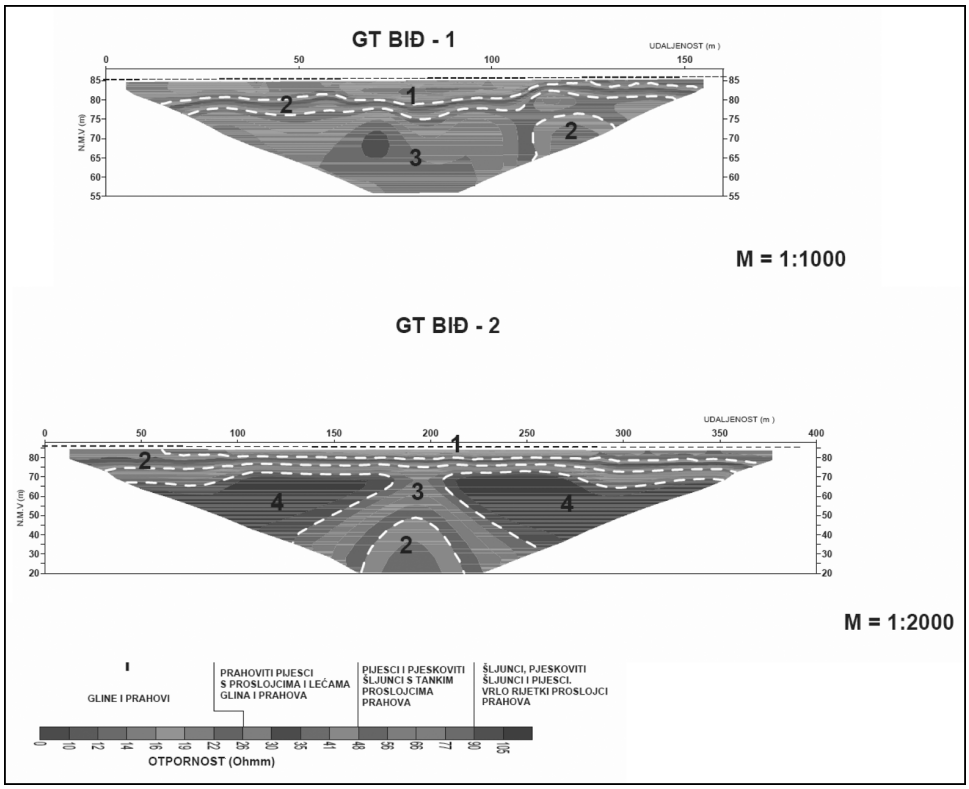
U sklopu istraživačkih radova za potrebe postavljanja ustave i crpne stanice izvedeno je istraživačko bušenje s jezgrovanjem, laboratorijska ispitivanja, ispitivanje vodopropusnosti, CPTU ispitivanja i geofizička mjerenja. Od geofizičkih metoda primijenjena je geoelektrična tomografija i radioaktivna karotaža.

Na lokaciji sjeverno od Save, južno od Jaruga i zapadno od sela Sikirevci prevladavaju naslage kvartara, koje su dalje raščlanjene prema genetskim tipovima i po stratigrafskim obilježjima. Pretežito su prisutne holocenske naslage, a unutar njih naslage organogeno-barskog i aluvijalnog porijekla, te jezersko–barski sedimenti pleistocena.

Dobiveni rezultati istraživačkih radova (Slika 1, 2) ukazuju da se ispod humusnog pokrivača proteže prvi sloj prahova i gline, ispod kojih se nalaze pijesci, dobro do jednoliko graduirani. Slijedi dobro zbijen pjeskovit šljunak koji prelazi u glinu. Ispod gline nalazi se šljunkovit pijesak, s



Slika 1. Prognozni inženjerskogeološki presjek.
Figure 1. Prognostic engineering geological cross section.



Slika 2. Modeli električne otpornosti.
Figure 2. Models of electrical resistance.

tanjim lećama praha i gline. Iz toga slijedi da na predmetnoj lokaciji postoje dva vodonosnika, jedan plići i drugi dublji. Oba vodonosnika odvojena su slojem malo propusne gline. Pokusnim crpljenjem utvrđeno je da su slojevi površinske gline te sloja gline između dva vodonosnika jako male propusnosti te da tokom crpljenja nije došlo do procjeđivanja iz gornjeg u donji sloj i obrnuto (ANTUNOVIĆ, 2008). Gornji vodonosnik većim dijelom se prihranjuje iz Save, a manjim dijelom iz padalina procjeđivanjem kroz prahove i gline.

LITERATURA

ANTUNOVIĆ, M. (2008): Geotehnički elaborat.– Institut IGH, Zagreb.

Složeno klizište u dolini Rječine: rezultati monitoringa

Complex landslide in the Rječina valley: results of monitoring

Čedomir Benac[1], Sanja Dugonjić[1], Maja Oštrić[2], Željko Arbanas[1] & Petra Đomlija[3]

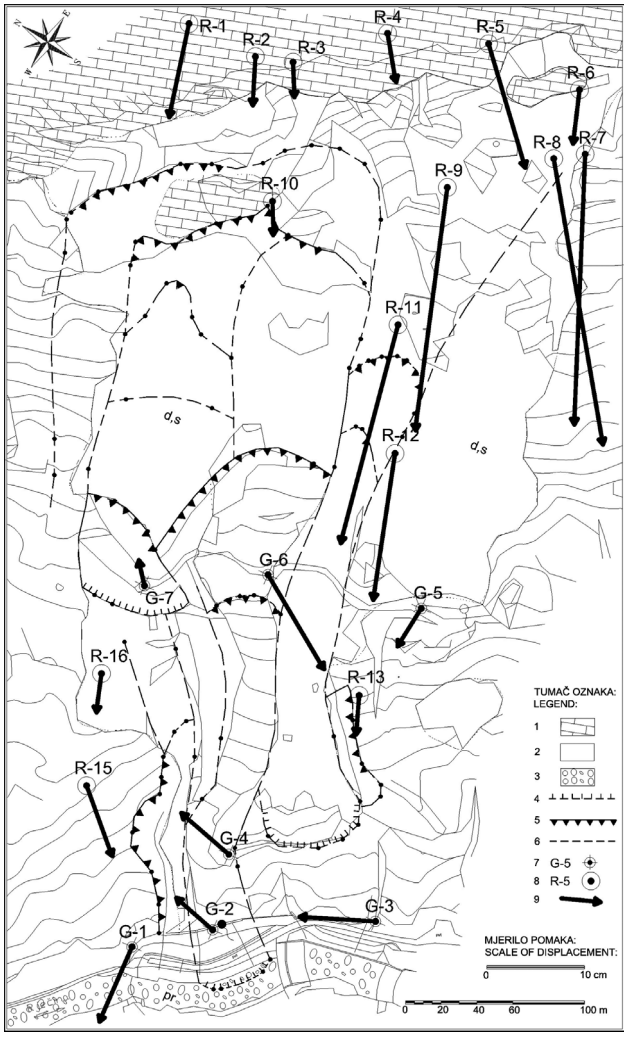
[1]Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet, V. Cara-Emina-5, 51 000 Rijeka, Hrvatska
[2]Hrvatske vode Zagreb VGO Rijeka, Đ. Šporera 3, 51 000 Rijeka, Hrvatska
[3]IGH d.d. Zagreb PC Rijeka, S. Tomašića 5, 51 000 Rijeka, Hrvatska

Ključne riječi: klizište, fliš, pomaci, monitoring
Key words: landslide, flysch, displacement, monitoring

Istraživano klizište nalazi se na sjeveroistočnoj padini doline Rječine, nizvodno od brane Valići. Na uzvišenjima oko doline nalaze se vapnenci, a na padinama i dnu doline siliciklastične stijene (fliš). Već su 1893. godine registrirani pomaci na toj padini. Posljednja veća nestabilnost pojavila se 5. prosinca 1996. Nakon pomicanja inicijalnog kliznog tijela, došlo je do retrogresivnog napredovanja klizanja do vrha padine. Na kraju procesa, pokrenuti su izolirani vapnenački blokovi (BENAC et al., 2005; 2006).

Nakon inženjerskogeološkog kartiranja i određivanja vidljivih granica kliznih tijela ugrađeno je 16 geodetskih repera (R-1 do R-16): oko aktivnog klizišta, na vapnenačkom megabloku na vrhu padine, kao i na izoliranim blokovima stijena u podnožju litice. Nulto mjerenje koordinata (x, y, z) obavljeno je 17.12.1998. godine. Nakon završetka istražnog bušenja, 15.09.1999. godine postavljeno je dodatnih sedam geodetskih repera (G-1 do G-7) na glavama inklinometara i piezometara koji se nalaze unutar granice klizišta (Sl. 1). Od tada se obavlja instrumentalno mjerenje horizontalnih i vertikalnih pomaka (x, y, z). S obzirom na morfologiju padine kao i veliku udaljenost repera od mjernog instrumenta, točnost mjerenja je bila ± 15 mm (x, y) odnosno ± 20 mm (z) (BENAC et al., 2002).

Prema trendovima pomaka, padina se može podijeliti u tri cjeline (Sl. 1). Reperi na vrhu padine (R-1 do R-6) imaju



Slika 1. Inženjerskogeološka karta klizišta.
Figure 1. Engineering geological map of landslide.
1-paleogenski vapnenci
2-padinske tvorevine (pretežito kameni blokovi i odlomci) na siliciklastičnoj stijeni (paleogenski fliš)
3-riječni sedimenti (valutice i šljunci)
4-nožica klizišta (prosinac 1996.)
5-granica klizišta (otvorene pukotine)
6-granica klizišta (smične pukotine)
7-bušotina s reperom
8-geodetski reper
9-horizontalni pomak repera (nije u mjerilu karte)
1-Paleogene limestones
2-slope deposits (mostly blocks and fragments) over siliciclastic bedrock (Paleogene flysch)
3-fluvial sediments (pebbles and gravels)
4-toe of landslide (December 1996)
5-margine of landslide (open fractures)
6-margine of landslide (shearing fractures)
7-borehole with benchmark
8-benchmark
9-horizontal displacement of benchmark (not in scale of map)

jednolik trend horizontalnih pomaka od 4 do 12 cm prema dnu padine, dok su vertikalni pomaci unutar granica mjerenja. Reperi na višem istočnom dijelu padine (R-7 do R-11) koji se nalaze izvan granica klizišta iz 1996. godine pokazuju najbrži trend pomaka niz padinu od 25 do 32 cm. Reperi na srednjem i na nižem dijelu padine (R-12, 13, R-15 i R-16) kao i reperi na ušćima bušotina (G-1 do G-6) imaju većinom manje horizontalne pomake od 2 do 9 cm, osim repera R-12 (16 cm) i G-6 (12 cm). Mjerenja na reperu R-10 počela su kasnije zbog oštećenja.

LITERATURA

BENAC, Č., ARBANAS, Ž., JARDAS, B. JURAK, V & KOVAČEVIĆ, S.M. (2002): Complex landslide in the Rječina River valley (Croatia): results and monitoring.– U: RIBAR, J., STEMBERK, J. & WAGNER, P. (ur.): Landslides, 487–492. A.A. BALKEMA, Lisse-Abingdon-Exton-Tokyo.

BENAC, Č., JURAK, V., ARBANAS, Ž., OŠTRIĆ, M. & OŽANIĆ, N. (2005): Complex landslide in the Rječina River valley (Croatia): origin and sliding mechanism.– Bull. Eng. Geol. Env. 64/4, 361–371.

BENAC, Č., JURAK, V. & OŠTRIĆ, M. (2006): Qualitative assessment of geohazard in the Rječina Valley, Croatia.– Proc. 10th IAEG Int. Congress: IAEG Engineering geology for tomorrow's cities, 658/1–7, The Geological Society of London.

Inženjerskogeološki laboratorij u Hrvatskom geološkom institutu

Engineering geology laboratory in Croatian Geological Survey

Željka Brkić & Vlatko Gulam

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

Ključne riječi: laboratorij, inženjerska geologija, inženjerskogeološka istraživanja
Key words: laboratory, engineering geology, engineering geological investigation

Uvod

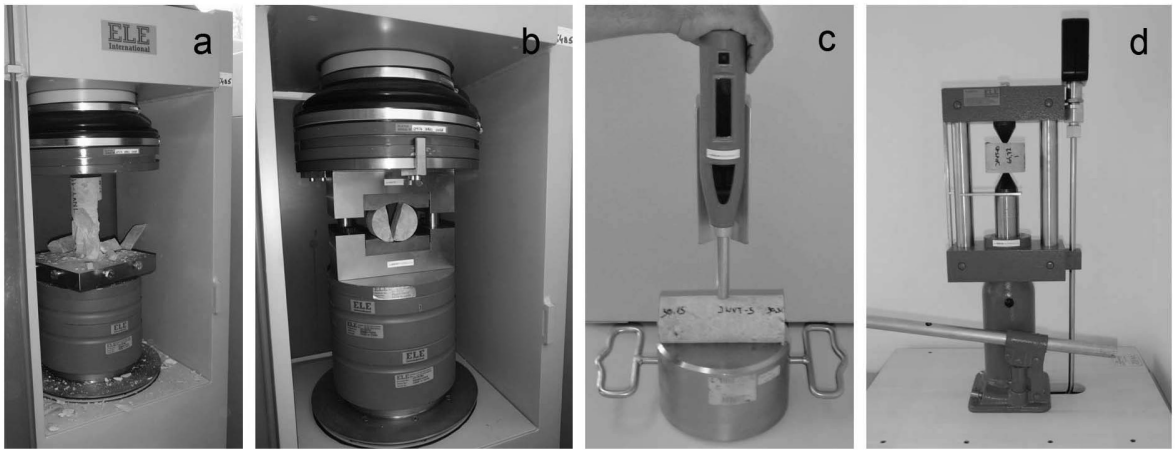
Godina 2009. bila je od velikog značaja za Hrvatski geološki institut (HGI) jer je te godine institut navršio 100 godina. Događaj koji je zasigurno uveličao ovu važnu obljetnicu bilo je otvaranje inženjerskogeološkog laboratorija čime HGI nastavlja svoju znanstvenu tradiciju te potiče daljnji razvoj i radi u smjeru postizanja vrsnosti na polju inženjerske geologije. Inženjerskogeološki laboratorij će u budućnosti moći obavljati veliki broj standardnih geotehničkih postupaka, ali će isto tako uz te postupke obavljati neke fundamentalne geološke postupke kao što su rentgenska difrakcijska analiza i mikroskopiranje stijena. Otvaranjem ovog laboratorija istraživačima inženjerskogeološke grupe u Zavodu za hidrogeologiju i inženjersku geologiju omogućeno je da u svojem znanstvenoistraživačkom radu uz terenske testove, koji su im do sada bili dostupni, koriste i egzaktne podatke koji proizlaze iz velikog broja laboratorijskih postupaka.

Osnovni ciljevi

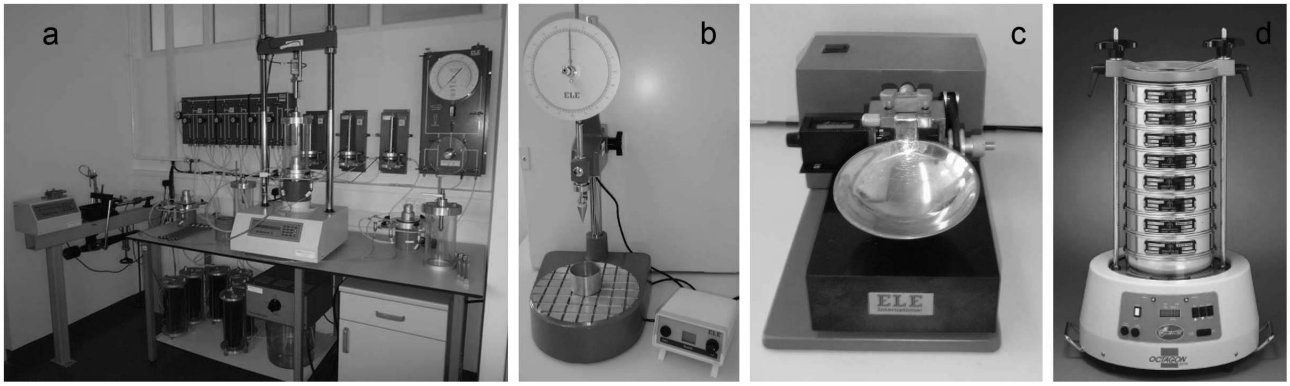
Terenski testovi koji su do sada korišteni za potrebe definiranja mehaničkih osobina stijena i tala uglavnom su indeksni (npr. Schmidtov čekić, PLT, krilna sonda, džepni penetrometar). Tim se testovima ne dobivaju mehanički parametri već se rezultati tih testova koriste za indirektno dobivanje spomenutih parametara i to preko različitih korelacijskih jednadžbi. Iako su korelacije između indeksnih testova i mehaničkih karakteristika stijena i tala u uporabi već desetljećima na njih utječu brojni faktori što ih čini nepouzdanim. Unatoč tome indeksni testovi su jako privlačni zbog jednostavnosti provedbe i niske cijene. Iz tog razloga jedan od osnovnih ciljeva inženjerskogeološkog laboratorija je definiranje korelacijskih jednadžbi između standardnih laboratorijskih postupaka i indeksnih testova za stijene i tla na području Hrvatske. Također, opće je poznato da mehanički parametri ovise o petrografskim svojstvima stijena i tala (mineralnom sastavu, strukturi, teksturi te različitim defektima u građi stijena). Cilj istraživača HGI je, dakle, definiranje relacijskih veza između mehaničkih parametara čvrstoće te petrografskih svojstava. U realizaciji tog cilja veliku pomoć će imati u instrumentima kojima je HGI opremljen. To su uređaj za rentgensku difrakcijsku analizu (definiranje mineralnog sastava stijena i tla) te optički mikroskop (definiranje mineralnog sastava, strukture i defekata u građi stijena).

Opremljenost laboratorija

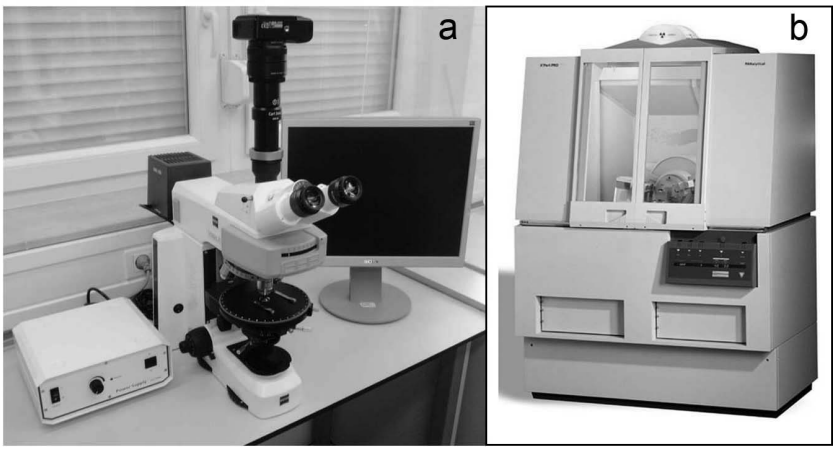
Za potrebe određivanja fizičkih i mehaničkih osobina intaktnog uzorka stijene laboratorij je opremljen sljedećom opremom (Slika 1):



Slika 1. a) Jednoosna preša; b) Brazilski test; c) Schmidtov čekić; d) PLT.
Figure 1. a) Compression machine; b) Machine for determining indirect tensile strength; c) Schmidt hammer; d) PLT.



Slika 2. a) Uređaj za izravni posmik (lijevo) i troosni posmik (desno); b) Konpenetrometar; c) Casagrandeova treskalica; d) Tresilica za sijanje.
Figure 2. a) Direct Shear (right) and soil strength apparatus – triaxial (left); b) Semi-automatic penetrometer; c) Liquid limit device (Casagrande method); d) Sieve shaker.



Slika 3. a) Optički mikroskop; b) Rendgenski difraktometar.
Figure 3. a) Optical microscope; b) Multipurpose diffractometer.

1) Preša za određivanje jednoosne tlačne čvrstoće (ELE);
2) Određivanje indirektne vlačne čvrstoće – Brazilski postupak (Geostroj);
3) PLT – uređaj za određivanje čvrstoće u točki (ELE);
4) Schmidtov čekić (Proceq);
5) Uređaj za određivanje brzine širenja ultrazvučnih valova (ELE).

Fizičke i mehaničke karakteristike tla određuju se sljedećim uređajima (Sl. 2):

1) Uređaj za izravni posmik (ELE);
2) Uređaj za troosni posmik (ELE);
3) Određivanje granulometrijskog sastava tla tresilicom za sijanjem (ELE);
4) Određivanje granulometrijskog sastava tla areometriranjem;
5) Određivanje granice tečenja konpenetrometrom ili Casagrandeovom treskalicom (ELE);
6) Određivanje granice plastičnosti (Geostroj).

Petrografske značajke uzoraka tla i stijena određuju se sljedećim uređajima (Sl. 3):

1) Rentgenski difraktometar (PANalytical);
2) Optički mikroskop (Zeiss).

Zaključak

Inženjerskogeološki laboratorij u HGI-u će svakako poboljšati uvjete za znanstvenoistraživački rad istraživačima na polju inženjerske geologije. Osnovni cilj je kvalitetnije definiranje veze između fizičkih i mehaničkih karakteristika, mineralnog sastava stijene i tla te strukturno-teksturnih obilježja stijena. Kategorizacija stijenskih masa i tla na području Hrvatske jedan je od osnovnih zadataka istraživača HGI. Novoosnovani laboratorij će kvalitetu kategorizacije stijena i tla na području RH nesumnjivo podići na višu razinu.

Most "Kopno-Pelješac" – inženjerskogeološke značajke

The "Kopno-Pelješac" bridge – the engineering geological characteristics

Renato Buljan, Vlatko Gulam & Davor Pollak

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

Ključne riječi: most "Kopno-Pelješac", inženjerskogeološke značajke
Key words: "Kopno-Pelješac" bridge, engineering geological characteristics

Most "Kopno-Pelješac" projektiran je preko Malostonskog zaljeva u dužini 2.404 m, od uvale Komarna do nadomak uvale Brijesta na poluotoku Pelješcu.

Od obalne linije zaljeva do dubine od oko 20 m morsko dno je strmo i izgrađeno od karbonatne stijenske mase. Na preostalom dijelu duž osi mosta morsko dno je zaravnjeno na prosječnoj dubini od 28 m i bez na njemu vidljivih izdanaka (LEDER, 2004). U podmorju se nalazi 14 stupnih mjesta, od čega su 2 centralna pilona projektirane visine 176,15 m (RADIĆ et al., 2009). Stupna mjesta S6, S7, S8 i S10 predviđeno je temeljiti u sloju tvrde gline na način da se nosivost postigne trenjem po plaštu pilota stupa. Na ostalim stupnim mjestima završne dubine zabijanja pilota bit će u vapnenačkim naslagama podno klastita.

Glavno strukturno obilježje područja je uslijed kompresije prostora visok stupanj razlomljenosti. Značajka terena su rasjednute bore što području daje obilježje "ljuskave strukturne građe", a strukture su monoklinalne, dinaridskog pravca pružanja, SZ – JI, s nagibom slojeva u smjeru sjeveroistoka pod kutovima nagiba 20–60°. Osim reversnih rasjeda i navlačnih ploha izraženi su i brojni normalni rasjedi različitih orijentacija. Sve nedvojbeno ukazuje na intenzivnu tektonsku aktivnost u ovom prostoru tijekom geološke prošlosti. Most je projektiran u prostoru intenziteta 9,2° MCS skale seizmičnosti.

Područje kopnenog rubnog dijela Malostonskog zaljeva i sjevernog upornjaka mosta izgrađeno je od gornjokrednih vapnenaca tipa madston, vekston i pekston, često rekristaliziranih. Vapnenci su uslijed tektonskih pokreta izrazito razlomljeni s izraženim sustavom diskontinuiteta okomitim na os geološke strukture. Pelješački rubni dio zaljeva i područje u okolici južnog upornjaka mosta izgrađeno je od dobro do debelo slojevitih, kompaktnih i čvrstih gornjokrednih vapnenačkih dolomita s proslojcima vapnenaca u vertikalnoj i lateralnoj izmjeni. Nagib slojeva je 50–60° prema SI (BULJAN & GULAM, 2007).

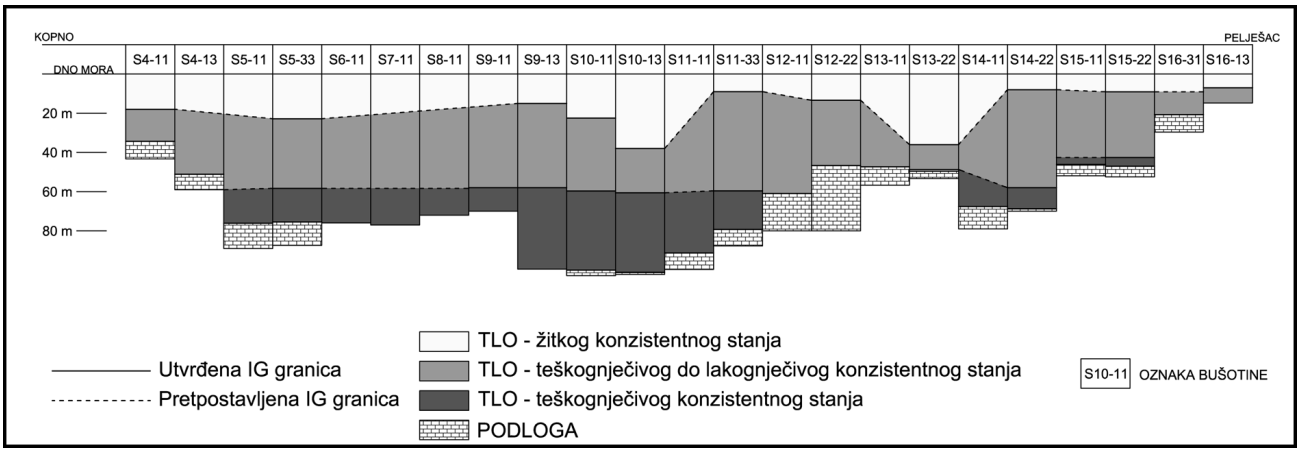
U fazi izvedbenog projekta provedeno je istraživačko bušenje (Sl. 1). Na svakom stupnom mjestu izvedene su dvije do pet istraživačkih bušotina. Većina istraživačkih bušotina jezgrovana je po cijeloj dubini, a jezgra bušotine je uzorkovana za laboratorijska ispitivanja.

Obzirom da analiza brojnih laboratorijskih i in situ podataka na svakom stupnom mjestu tek predstoji, ovdje su preliminarno izdvojene naslage prema terenskim procjenama inženjerskogeoloških značajki naslaga iz jezgre bušotina.



Slika 1. Istraživačko bušenje i inženjerskogeološka determinacija jezgre. Za sva podmorska stupna mjesta mosta "Kopno-Pelješac" bušenje je provedeno s broda.

Figure 1. The exploratory drilling and engineering geological determination of the cores. For each of the submarine rectangle piles of the "Kopno-Pelješac" bridge the drilling was performed from the ship.



Slika 2. Shematski prikaz osnovnih inženjerskogeoloških značajki jezgre bušotina duž mosta "Kopno-Pelješac".
Figure 2. The sketch of the basic engineering geological characteristics of the cores along "Kopno-Pelješac" bridge.

Iz skice koja sadrži osnovne podatke o značajkama tla na stupnim mjestima pod morem vidljiva je stratifikacija tla različitih značajki (Sl. 2). Granice među izdvojenim sredinama su postupne, vrlo pravilne i gotovo horizontalne. Izuzetak je granica između žitkog i lako-gnječivog tla čija dubina varira i do 20 m.

U naslagama tla su prema konzistentnom stanju, sastavu i boji izdvojene tri inženjerskogeološke/geotehničke sredine:

• tlo žitkog konzistentnog stanja – dominiraju prašinasti ili glinovito-prašinasti materijali sive boje, od 0 m do 38 m debljine;

• tlo lako do teško gnječivog konzistentnog stanja – izmjene glina i praha u različitim omjerima, sive boje, učestalo s ostacima fragmenata ljuštura školjaka, a samo lokalno s pojačanim udjelom organske tvari, od 13 m do 50 m;

• tlo teško gnječivog konzistentnog stanja – crveno-smeđa i visoko plastična, rjeđe nisko plastična glina; u njoj su sadržani pravilni proslojci gline s kalcitičnim konkrecijama; u središnjem dijelu debljine od 17 m do preko 42 m, a u rubnim dijelovima Malostonskog zaljeva isklinjava.

Prikazani podaci prilično se dobro podudaraju s prethodnim geofizičkim i inženjerskogeološkim istraživanjima provedenim za glavni projekt mosta (MARASCHINI et al., 2005).

Prema navedenom, zbog velike sveukupne debljine tla i njegovih općenito loših inženjerskogeoloških značajki očekuju se generalno nepovoljni uvjeti temeljenja mosta. Osim toga, potrebno je naglasiti da je morsko dno na rubnim mjestima kanala u blizini sjeverne obalne linije vrlo strmo, pa se u tom području može očekivati obronačni nevezani materijal znatnije debljine. Prema glavnom projektu, pojedini stupovi središnjeg dijela mosta biti će temeljeni u tlu, za razliku od stupova bliže obali koji će biti temeljeni u čvrstoj vapnenačkoj podlozi. Ta činjenica dodatno komplicira geotehničke proračune koji moraju usvojiti znatne inženjerskogeološke razlike sredina temeljenja.

LITERATURA

BULJAN, R. & GULAM, V. (2007): Most kopno – Pelješac s pristupnim cestama.– Inženjerskogeološko izvješće za trasu i objekte. Hrvatski geološki institut, Zagreb.

LEDER, N. (2004): Predhodni istraživački radovi za potrebe projekta "Most kopno – poluotok Pelješac", Knjige 1–4.– Hrvatski hidrografski institut, Split.

MARASCHINI, M., PEDEMONTE, M. & PAOLETTI, L. (2005): Pelješac Bridge Location, Adriatic Sea.– Final Repori Geotechnical Investigation. D'appolonija, Genova, Italy.

RADIĆ, J., ŠAVOR, Z., HRELJA, G. & MUJKANIĆ, N. (2009): Most Pelješac.– Građevinar, 61, 801–814, Zagreb.

Inženjerskogeološka istraživanja klizišta u naselju Ruhotina

Engineering geological investigations landslide in settlement Ruhotina

Neđo Đurić

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

Ključne riječi: inženjerskogeološka i geotehnička istraživanja, klizište, padina, teren, sedimenti
Key words: engineering geological and geotechnical investigations, landslide, slope, terrain, sediments

Uvod

Klizište se nalazi uz magistralni put Bijeljina – Zvornik. Klizanje je zahvatilo nekoliko manjih stambenih i pomoćnih objekata. Svi su oštećeni u mjeri da su postali opasni za korištenje. Istraživanje terena provedeno je na površini oko 8000 m^2, što je nešto šire u odnosu na prostor na kome se nalaze objekti.

U okviru geotehničkih istraživanja urađeno je sedam (7) istražnih bušotina, dubine 7,5 – 15,0 m, na kojima su uzeti uzorci za laboratorijska ispitivanja iz svake litološke promjene (Sl. 1). Na bušotinama su izvedeni pokusi SPT-a, i ugrađeni piezometri, na kojima je kasnije praćena razina podzemnih voda, ali i njihova stabilnost. Kako je proces klizanja u vrijeme istraživanja u pojedinim dijelovima lokacije bio aktivan, to su piezometarske cijevi bile dobar pokazatelj dubine klizne plohe. Zajedno s podacima detaljnog inženjerskogeološkog kartiranja jezgra iz bušotina definirana je klizna ploha kao polazna osnova za analizu stabilnosti padine.

Geološke i geomehaničke karakteristike terena

Klizište je formirano na lijevoj strani magistralnog puta Bijeljina – Zvornik u selu Ruhotina. Padina je blagog nagiba od 5–10°, pri čemu je nagib veći u njenim nižim dijelovima. Teren do dubine istraživanja karakteriziraju kvartarni sedimenti stare riječne terase i riječni sedimenti suvremene akumulacije. Sedimenti stare riječne terase (t_1) izgrađuju padinu na kojoj je formirano klizište i njen kontaktni prostor. Predstavljeni su uglavnom glinama do dubine 12,0 m, a u dubljim dijelovima su jako zaglinjeni šljunci i pijesci. Sedimenti suvremene akumulacije (al) ili aluvijalni sedimenti, prostiru se u podnožju istraživane padine. To su gline u površinskom i pripovršinskom dijelu terena, a dublje su šljunci i pijesci slabo zaglinjeni. Dio terena na kojem su aktivirani procesi klizanja pokriven je koluvijalnim tvorevinama (Co), koje predstavljaju gline izmijenjene u pogledu fizičko-mehaničkih svojstava u odnosu na samoniklo tlo.

Pojava podzemnih voda vezana je direktno za infiltraciju s površine terena kroz pukotine i oštećene dijelove padine zahvaćene klizanjem. Obzirom da padina predstavlja aktivno klizište još od sedamdesetih godina, to su povremeno vršeni određeni sanacioni zahvati, uglavnom drvenim šipovima dubine oko 4,0 m. Ipak, tijekom 2005. godine došlo je do loma šipova i ponovne aktivacije procesa klizanja. Vremenom proces je bio sve intenzivniji, da bi početkom 2007. godine za vrijeme intenzivnih kiša imao takav karakter da su stambeni objekti ugroženi u mjeri da nisu više za stanovanje.

Rezultati geomehaničkih istraživanja pokazali su da se klizna ravan nalazi na dubini oko 6,5 m, formirana u prašinasto-pjeskovitim glinama, uglavnom neravnomjernog sastava, koje su zasićene vodom, srednje do vrlo stišljive.

Geotehničke analize stabilnosti padine

Na temelju rezultata terenskih istraživanja definirana je konstrukcija terena i izdvojene tri klizne ravnine, koje su prikazane na profilu terena, slika 1. Analize su vršene za vrijeme prisutnosti podzemne vode (drenirani uvjeti). Za izračune su usvojeni sljedeći parametri, pri čemu su dobivene vrijednosti faktora sigurnosti:

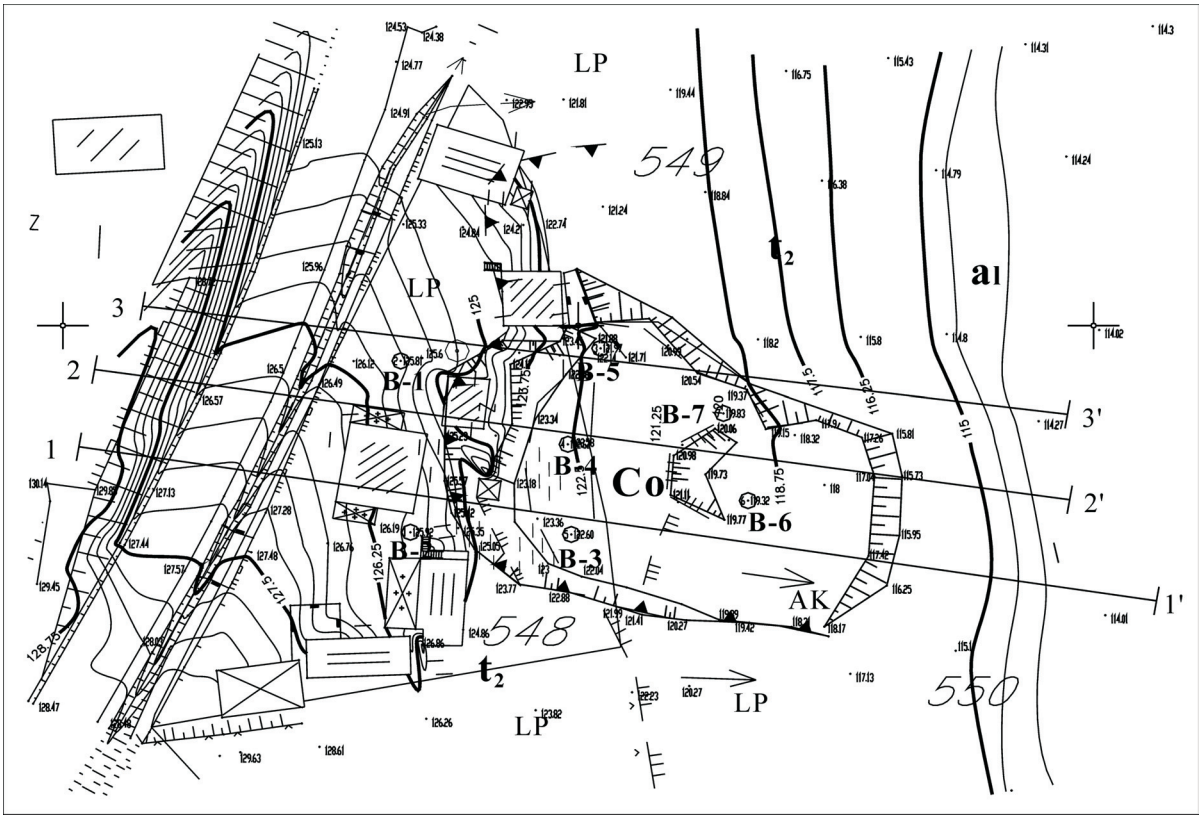
• Klizna ploha 1, γ = 20,0 kN/m^2, φ = 14,7°, c = 0,0 kN/m^2. Faktor sigurnosti Fs = 1,01 za uvjete prisutnosti podzemne vode. Faktor sigurnosti Fs = 1,45 za drenirane uvjete.

• Klizna ploha 2, γ = 20,0 kN/m^2, φ = 13,5°, c = 0,0 kN/m^2. Faktor sigurnosti Fs = 1,01 za uvjete prisutnosti podzemne vode. Faktor sigurnosti Fs = 1,30 za drenirane uvjete.

• Klizna ploha 3, γ = 20,0 kN/m^2, φ = 13,1°, c = 0,0 kN/m^2. Faktor sigurnosti Fs = 1,00 za uvjete prisutnosti podzemne vode. Faktor sigurnosti Fs = 1,25 za drenirane uvjete.

Dobiveni rezultati pokazuju da je u uvjetima prisutnosti podzemnih voda faktor sigurnosti Fs = 1, dok se za drenirane uvjete postiže Fs = 1,25–1,45, što nije dovoljno. Za uvjete da je padina bez opterećenja od strane objekata, faktor sigurnosti Fs = 1,45 bio bi dovoljan. U nazočnosti objekata koji dodatno opterećuju padinu, neophodno je postići Fs > 1,50.

Obzirom da analize stabilnosti padine pokazuju da se dreniranjem vode ne postižu zadovoljavajući rezultati u pogledu stabilnosti, to je neophodno primijeniti dodatne mjere



Slika 1. Situacioni plan terena: al – riječni sedimenti, t_2 – sedimenti riječne terase (gline, zaglinjeni šljunak), Co – koluvijalni sedimenti.
Figure 1. Situational plan of the field: al – river sediments, t_2 – river terrace sediments (clay, gravel clayey), Co – colluvio sediments.

sanacije. Predložena je izrada šipova koji će se postaviti u hipsometrijski nižem dijelu klizišta, kako bi štitili objekte od daljnjeg pomicanja.

LITERATURA

MAKSIMOVIĆ, M. (2005): "Mehanika tla", treće izdanje.– Građevinska knjiga, Beograd.

NAJDANOVIĆ, N., OBRADOVIĆ, R. (1991): Mehanika tla u inženjerskoj praksi.– Rudarski institut, Beograd.

Utjecaj serpentina na svojstva i trajnost peridotita kao tehničko-građevnog kamena

Influence of serpentine on properties and durability of peridotites as rock for construction purposes

Mladen Fistrić[1], Tomislav Ženko[1], Nikolina Ilijanić[2] & Renato Hrkač[3]

[1]Institut IGH, d.d., Janka Rakuše 1, 10 000 Zagreb, Hrvatska
[2]Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Hrvatska
[3]Osjek-Koteks d.d., Šamačka 11, 31 000 Osijek, Hrvatska

Ključne riječi: Serpentinizacija, trajnost kamena, tehničko-građevni kamen
Key words: Serpentinization, durability of stone, rock aggregates

Uvod

Intenzivnom izgradnjom cestovne infrastrukture često se potrebe za povečanim količinama tehničkog građevnog kamena podmiruju korištenjem kamenog materijala iz iskopa ili lokalnih izvorišta. Dok je kakvoća stijenske mase i iz nje proizvedenih drobljenih kamenih agregata stalnih kamenoloma više manje poznata, kontroli kakvoće kamenih materijala iz lokalnih izvorišta ne pridaje se dovoljno značaja i često se koriste bez prethodnih ispitivanja. Nepoznavanje fizikalnih i mehaničkih značajki, te mineraloško-petrografskog sastava ugrađenog kamenog materijala može u konačnici nepovoljno utjecati na trajnost i sigurnost građevine (FRENCH & CRAMMOND, 1980).

Fizikalna i mehanička svojstva, te vremenska postojanost kamena ovise o njegovom mineralnom sastavu i strukturno-teksturnom sklopu. Pri tome se pod strukturno-teksturnim sklopom ne smatraju samo jednostavno opisani struktura i tekstura, već i postojanje i međusobni odnosi raznih deformacija i defekata u kamenu kao što su šupljine, prsline, pukotine, žile, deformirani kristali, produkti rekristalizacije i dr. Mineralni sastav i strukturno-teksturni sklop se mijenjaju tijekom vremena i njihovo trenutno stanje odraz je primarnog mineralnog sastava i primarne strukture i teksture kamena, ali i procesa alteracija i trošenja, te tektonskih procesa kroz koje je kamen prošao tijekom svog postojanja.

Jedna od izmjena kod koje se bitno mijenjaju mineralni sastav i strukturno-teksturni sklop kamena je serpentinizacija ultrabazičnih magmatskih stijena iz skupine peridotita.

Utjecaj serpentinizacije na trajnost kamena i kamenog agregata

Prema svom primarnom sastavu i strukturno-teksturnom sklopu peridotiti su ultrabazične intruzivne stijene zrnaste strukture izgrađene od olivina (40–70%), piroksena (20–40%) i akcesornih sastojaka. To su guste, čvrste i tvrde stijene pogodne za upotrebu kao tehničko-građevni kamen. Međutim, u prirodi se rijetko nalaze svježi peridotiti, odnosno gotovo su redovito peridotiti u većoj ili manjoj mjeri serpentinizirani. Procesom serpentinizacije narušavaju se tehnička svojstva kamena zbog nastanka minerala lošijih mehaničkih svojstava (serpentin, magnezit, talk, brucit i dr.) i uslijed promjene volumena u fazi metamorfoze olivina u serpentin, te zbog veće podložnosti procesima atmosferskog trošenja tako izmijenjene stijene (WICKS et al., 1977). Za razliku od olivina i piroksena, serpentin je mekan mineral koji se u stijenama javlja u sitno listićavim ili vlaknastim agregatima. Intenzitet serpentinizacije bitno varira između različitih lokacija na kojima se pojavljuju peridotiti, a ponekad su velike varijacije prisutne i unutar iste stijenske mase, odnosno pojedinog ležišta peridotita. Naravno da se time uvelike mijenjaju i njegova fizičko-mehanička svojstva. Iako bi serpentinite u pravilu trebalo izbjegavati gdje je to moguće kao tehnički građevni kamen, problem nastaje kada u široj okolici građevinskog zahvata nema izvorišta kvalitetnijeg tehničko-građevnog kamena. Zbog toga je bitno što bolje poznavati utjecaj serpentinizacije na svojstva peridotita, te što točnije odrediti kod kojeg udjela serpentina dolazi do neprihvatljivih vrijednosti pojedinog svojstva značajnog za primjenu peridotita kao tehničko-građevnog kamena.

Rezultati ispitivanja

U cilju utvrđivanja udjela serpentina kod kojeg dolazi do značajnog pada fizičko-mehaničkih svostava peridotita, ispitani su uzorci peridotita iz okolice Žepča i Prnjavora (BiH) i Kukesa (Albanija). Udio serpentina određen je kvantitativnom rendgenskom difrakcijskom analizom. Rezultati ispitivanja njihovih fizikalnih i mehaničkih svojstava, te udjela serpentina prikazani su u Tablici 1.

Primjer peridotita kod kojih su procesi serpentinizacije već uznapredovali, ali koji kakvoćom još zadovoljavaju uvjete kvalitete za proizvodnju nekih građevinskih materijala, je peridotit iz okolice Žepča u Republici Bosni i Hercegovini. Ti peridotiti su tamnozelene boje i homogene tekstura.

Tablica 1. Rezultati ispitivanja peridotita iz Žepča, Prnjavora i Kukesa.
Table 1. Test results of peridotites from Žepče, Prnjavor i Kukes.

ISPITANO SVOJSTVO		ŽEPČE	PRNJAVOR	ALBANIJA
Tlačna čvrstoća	u suhom stanju (MPa)	155,5	82,1	76,5
	u vodom zasićenom stanju (MPa)	104,5	–	–
	25 ciklusa smrzavanja (MPa)	142,1	–	–
Otpornost na habanje po Boehmeu ($cm^3/50cm^2$)		13,6	–	24,5
Upijanje vode (mas. %)		0,331	2,21	0,31
Prostorna masa (t/m^3)		2,808	2,419	2,558
Gustoća (t/m^3)		2,882	–	2,590
Poroznost (%)		0,280	–	1,24
Postojanost na mrazu (25 ciklusa, mas. %)		postojan	postojan	postojan
Post. na kristalizaciju Na_2SO_4 (5 ciklusa, mas. %)		0,132 (postojan)	5,15 (nepost.)	–
"Los Angeles" test (frakcija 4/8 mm) (KLA)		–	–	22
Postojanost na mraz (frakcija 8/16 mm) (mas. %)		–	–	0,3 (postojan)
Udio serpentina (%)		78,7	95,4	92,7
Petrografsko određenje		serpentinizirani peridotit	serpentinit	serpentinit

Kristalaste granularne su strukture, a u mikroskopskom preparatu vidljivo je da im granularnu strukturu čine hipidiomorfni do alotriomorfni kristali olivina, klinopiroksena i ortopiroksena. Kristali olivina su u značajnoj mjeri serpentinizirani. U kristalima klinopiroksena se također opaža serpentinizacija, dok su ortopirokseni uglavnom neizmjenjeni.

Peridotiti iz okolice Prnjavora i Kukesa su gotovo u potpunosti serpentinizirani, a izgled im varira između dva raspoznatljiva varijeteta. Prvi je sivozelene boje, homogene teksture, afanitne strukture i nepravilno ispresijecan s malobrojnim bijelim žilama debljine do 3 mm. U mikroskopskom preparatu kod ovih uzoraka motrimo mrežastu strukturu serpentina s malobrojnim reliktima neprepoznatljivih primarnih minerala od kojih su preostale samo konture. Drugi varijetet je tamnozelene do crne boje, homogene teksture i makrokristalaste strukture. U mikroskopskom preparatu kod ovih uzoraka motrimo reliktnu zrnatu strukturu u kojoj se rijetki neizmijenjeni minerali olivina, ortopiroksena i klinopiroksena ili njihovi dijelovi (relikti) nalaze unutar mreže serpentina.

Zaključak

Usporedbom rezultata ispitivanja (Tablica 1), vidljivo je da peridotiti iz okolice Žepča imaju povoljnija fizikalna i mehanička svojstva, što je i bilo za očekivati na temelju petrografskog opisa i RTG analize udjela serpentina. Na temelju tih rezultata moglo bi se zaključiti da peridotiti iz okolice Prnjavora i iz Kukesa nemaju primjenu kao tehničko-građevni kamen. Međutim, ispitivanjem agregata dobivenog drobljenjem kamena iz ležišta Kukes u Albaniji, gdje su eksploatirani serpentinizirani peridotiti po petrografskom izgledu i udjelu serpentina slični onima iz okolice Prnjavora, pokazuju da proizvedeni agregat ima neka svojstva (otpornost na smrzavanje i otpornost na drobljenje) dovoljno dobra za određenu namjenu. Iz rezultata provedenih ispitivanja, iako su ona bila ograničena, zaključujemo da se bez detaljnih ispitivanja kako uzoraka kamena tako i iz njega proizvedenog agregata, ne bi smjeli donositi zaključci o nepodobnosti pojedinog peridotita za proizvodnju kamenih agregata, ma koliko peridotit čijim drobljenjem se taj agregat dobiva bio serpentiniziran.

LITERATURA

FRENCH, W.J. & CRAMMOND, N.J. (1980): The influence of serpentinite and other rocks on the stability of concretes in the Middle East.– Q. J. Eng. Geol., 13, 255–280, London.

WICKS, F. J. & WHITTAKER, E.J.W. (1977): Serpentine textures and serpentinization.– Can. Miner, 15, 459–488.

Litological types of rocks along the new tunnel route for the relocation of the Kriveljska River

Litološki tipovi stijena na novoj trasi tunela Kriveljske rijeke

Slađana Krstić, Milenko Ljubojev & Mile Bugarin

[1]Mining and Metallurgy Institut Bor, 19 210 Zeleni bulevar 35, Serbia

Key words: discrete units of Cretaceous, ecological disaster, drillholes, continental clastic deposits.
Ključne riječi: odvojene kredne jedinice, ekološka katastrofa, bušotine, kontinentalne klastične naslage

Introduction

This paper is made as cooperation with the Ministry of Science and Technological Development on project N° 17004 R. Serbia.

In the Kučaj Terrane, discrete units of Cretaceous, among other things situated and Timok magmatic complex (KARAMATA et al., 1996). Bor Copper Mine, among other space to accommodate a flotation mullock space flotation tailings Kriveljska River. Accumulation area to accommodate tailings from flotation there was a damming of the Krivelj River valley dams 1A, 2A and 3A of sand built by cyclone. Due to the deterioration of the collector on the part of the route of the tunnel, made the project of making the tunnel for the relocation of the Kriveljska River to avoid the ecological disaster that can be extended to the Black Sea where it empties into the Danube.

Case studies

The new alignment of tunnel for relocation of the river are derived Kriveljske field research in order to obtain continuous cores represented members in depth, analysis of cracks and getting massive rock representative rock samples to determine the physical and mechanical determine parameters in the laboratory. According to the methodological procedures are derived the following investigative work:

1. Investigation drilling;

2. Detailed engineering geological mapping and core boreholes taking soil samples for laboratory testing;

3. Determination of rock mass cracks (RQD).

Drilled total of 508 meters by drilling five boreholes (B-1k, B-2k, B-3k, B-4k and B-5k).

Research in drillholes presented carakterisics massif rock, litological types and knowledge about the rock stability of rock, in which will be place tunnel axis, took from prospecting Kriveljska River.

Research results

Route of research drilling in the field for the Relocation of the river represented Krivelj following lithological types of rocks:

1. Upper Cretaceous sediments (K^{2-3}_2 – Continental clastic deposits; psammites; pelites; shallow-water carbonates and intermediate-composition volcanic rocks). Distribution has the largest area of sandstones, marlon and pelites. Sandstones occur as brown, gray blue, light dark gray color. The rocks are mostly fresh and sail, gently picked, with the advent of open cracks and cracks. In contact with fresh air, rocks, and especially marlon is subjected to rapid degradation in the form of decolorization and dropout, and it is possible appearance swelling. The thickness of layers in series is variable, from super high to laminar, while the participation of individual members unequally. Parallel lamination and hair that is registered in all the investigative drilling is fast removal large and smaller deposits. Lamina are thick to several inches, rarely more decimeter. Alternates with sandstone lamina marlon and less. Rarely occur and lamina coal-clay up to several mm thick.

2. Quaternary sediments (Q) cover the entire surface of the investigated area,represented the talus and eluvial deposits, and fill material from flotation.

REFERENCES

KARAMATA, S. & KRSTIĆ, B. (1996). Terranes of Serbia and neighbouring areas. In: KNEZEVIĆ, V. & KRSTIĆ, B. (eds.): Terranes of Serbia. Faculty of Mining and Geology, Belgrade, 25–40.

KRSTIĆ, S. & V. LJUBOJEV, M. (2008). Nivo podzemnih voda na delu projektovane trase tunela.– Rudarski radovi 2/2008, str. 19–25.

LJUBOJEV, M. & BUGARIN, M. (2007). Projekat geoloških i fizičko-mehaničkih istraživanja stena trase tunela za izmeštanje Kriveljske reke'', Institut za rudarstvo i metalurgiju u Boru, 2007, Bor.

RATOMIR, P. LJUBOJEV, M. & BUGARIN, M. (2006). Elaborat o izvršenim fizičko-mehaničkim i deformacionim ispitivanjima materijala flotacijske brane 2-A, Krivelj.– Institut za bakar Bor.

SAVIĆ, D. & ŽIVKOVIĆ; D. (2008). Tehnički izveštaj istražnih geoloških bušotina trase tunela za izmeštanje Kriveljske reke.– GEOING, Beograd.

Regionalni prikaz prirodnih hazarda u dijelu jugoistočne Europe

Regional overview of natural hazards in part of Eastern Europe

Snježana Mihalić[1], Biljana Abolmasov[2], Martin Krkač[1] & Pavle Ferić[1]

[1]Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilišta u Zagrebu, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Hrvatska
[2]Rudarsko-geološki fakultet, Sveučilišta u Beogradu, Đušina 7, 10 000 Beograd, Srbija

Ključne riječi: prirodne katastrofe, prirodni hazardni događaji, međunarodne baze podataka
Key words: natural disasters, natural hazardous events, international data bases

Metodologija prikupljanja podataka

Analiza ukupnog broja prirodnih katastrofa i ukupnih ekonomskih gubitaka uslijed prirodnih hazarda u svijetu pokazuje trend porasta u posljednjih 50 godina. Postoji više definicija prirodnih katastrofa, a prema CRED-u (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters) definicija je sljedeća (GUHA-SAPIR, 2008): "…situacija ili događaj koji dovodi do premašivanja lokalnih mogućnosti zbog čega nužnom postaje pomoć izvana, bilo na nacionalnoj ili međunarodnoj razini; nepredviđeni i često iznenadni događaj koji uzrokuje veliku štetu, uništavanje i ljudske patnje". Tipovi prirodnih katastrofa i njihov utjecaj na ljude i materijalna dobra razlikuju se s obzirom na geografski položaj, odnosno na stupanj razvijenosti i ranjivosti regije ili zemlje i to socijalne, ekonomske, političke ili kulturne (ABOLMASOV et al., 2009). U ovom radu se prikazuju rezultati analiza i statistički pregled podataka iz dvije međunarodne baze podataka o prirodnim katastrofama i njihovom utjecaju na području zemalja Zapadnog Balkana. Podaci iz baze podataka EM-DAT (The Emergency Disasters Data Base) kojom upravlja CRED na Katoličkom sveučilištu Louvain u Belgiji (http://www.emdat.be) preuzeti su 20.9.2009., a podaci iz NATHAN baze podataka katastrofa koju održava Minhensko osiguravajuće društvo (http://mrnathan.munichre.com) preuzeti su 10.9.2009. Iako ne postoji međunarodni dogovor o preporučenoj praksi za prikupljanje podataka o prirodnim katastrofama (GUHA-SAPIR, 2008) ove dvije baze koriste istu klasifikaciju tipova katastrofa što je omogućilo integraciju podataka i njihovu analizu. Definicije prirodnih katastrofa i glavni tipovi korišteni u bazama podataka EM-DAT i NATHAN (GUHA-SAPIR, 2008) su sljedeći:

• geofizičke katastrofe su događaji čije je porijeklo iz podzemlja: potresi, vulkani, pokretanja masa stijena/tala (suha);

• meteorološke katastrofe su događaji prouzročeni kratkotrajnim atmosferskim procesima čije trajanje se izražava u minutama ili danima: oluje;

• hidrološke katastrofe su događaji prouzročeni poremećajima u normalnom kružnom ciklusu vode i/ili prelijevanjem vodnih tijela: poplave, pokretanja masa stijena/tala (vlažna);

• klimatske katastrofe su događaji prouzročeni dugotrajnim procesima, a obuhvaćaju klimatske promjene unutar jedne sezone do promjene koje se izražavaju nakon više desetljeća: ekstremne temperature, suše, požari;

• biološke katastrofe su prouzročene izlaganjem živih organizama bacilima i otrovnim tvarima: epidemije, insekata, životinjski stampedo.

Zabilježeni događaji evidentirani su po zemljama, a za svaki od njih evidentirana je također i lokacija, datum, broj poginulih i povrijeđenih ljudi, kao i procijenjena vrijednost gubitaka uslijed šteta (izražena u američkim dolarima). Kriteriji koji određeni događaj treba ispuniti da bi bio registriran u ovim bazama podataka su sljedeći: broj poginulih 10 ili više; broj ozlijeđenih 100 ili više; proglašeno stanje uzbune; zatražena međunarodna pomoć. Izvori podataka su vladine ili UN-ove agencije, znanstvene ili osiguravajuće institucije ili novinske agencije.

U ovom radu napravljena je analiza prirodnih katastrofa za sljedeće zemlje: Hrvatsku, Srbiju, Makedoniju, Albaniju, Crnu Goru i Bosnu i Hercegovinu. Za navedene zemlje analizirani su podaci iz razdoblja 1900–2008. godine, za sve tipove hazarda osim za biološke.

Rezultati analiza podataka

U razdoblju od 1900-2008. godine na analiziranom dijelu jugoistočne Europe dogodilo se ukupno 32 katastrofalna događaja koji su prouzročili ljudske žrtve i to: 13 klimatskih katastrofa (41%), 11 hidroloških katastrofa (34%) i 8 geofizičkih katastrofa (25%). Analiza broja poginulih ljudi pokazuje da je najveći broj ljudskih života izgubljen uslijed geofizičkih katastrofa, tj. potresa. Gubitak od ukupno 1299 ljudskih života uslijed 8 potresa iznosi 52% od ukupnih gubitaka ljudskih života svih analiziranih događaja. Najveći broj ljudskih žrtava (1100) dogodio se za vrijeme potresa u Skopju 26.7.1963. godine. Druge po opasnosti su klimatske katastrofe s 40% ljudskih žrtava (ili 992 izgubljena ljudska života), a samo 8% ljudskih žrtava (ili 189 izgubljenih ljudskih života) otpada na hidrološke katastrofe. Na temelju ovoga je zaključeno da najviši stupanj smrtnosti uzrokuju potresi iako su najrjeđi prirodni hazard.

U istom se razdoblju, na analiziranom dijelu jugoistočne Europe, dogodilo ukupno 53 katastrofalna događaja tijekom kojih je ozlijeđeno 100 ili više ljudi i to: 31 hidrološka katastrofa (58%), 10 geofizičkih katastrofa (19%), 9 klimatskih katastrofa (17%) i 3 meteorološke katastrofe (6%). Analiza broja ozlijeđenih ljudi pokazuje da je ukupan broj ozlijeđenih ljudi iznosio 6.353.894, a relativni udjeli s obzirom na tip katastrofalnog događaja su sljedeći: 68% (ili 4.290.088) ozlijeđenih uslijed klimatskih katastrofa; 14% (ili 885.451) ozlijeđenih uslijed hidroloških katastrofa; 10% (ili 652.220) ozlijeđenih uslijed geofizičkih katastrofa; i 8% (ili 526.090) ozlijeđenih uslijed meteoroloških katastrofa. Na temelju ovoga se zaključuje da ljude najviše ugrožavaju klimatske katastrofe (npr. ekstremne temperature, suše, požari) iako su najčešće hidrološke katastrofe (npr. poplave i određeni tipovi klizišta).

S obzirom na ekonomske štete, ukupno 22 prirodna događaja su tretirana kao katastrofalna u istom razdoblju i na istom području i to: 9 (ili 41%) klimatskih, 8 (ili 36%) hidroloških i 5 (ili 23%) geofizičkih događaja. Ukupna ekonomska šteta iznosila je 4.726.886.000 USD od čega 45% (2.119.313.000 USD) otpada na klimatske katastrofe, 31% (ili 1.448.973.000 USD) na hidrološke katastrofe i 24% (ili 1.158.600.000 USD) na geofizičke katastrofe. Dva pojedinačna klimatska događaja, koja su prouzročila najveću ekonomsku štetu, bila su suša (iz srpnja 1990) i poplava (iz listopada 1990). Oba ova događaja zahvatila su isto područje smješteno u središnjem dijelu bivše Jugoslavije. Na trećem mjestu nalazi se već ranije spomenuti potres u Skopju 1963. godine.

Zaključak

Više od 22 milijuna ljudi živi na približno 264.000 km^2 u zemljama Zapadnog Balkana (Izvor: IMF, http://www.imf.org, od 21.10.2009). Rezultati analiza pokazuju da se u ovoj regiji pojavljuju svi tipovi prirodnih hazarda i prirodnih katastrofa. Iako se podaci o prirodnim katastrofama za sve zemlje u regiji mogu pronaći u globalnim bazama podataka, mnogi detaljniji lokalni podaci nedostaju. Osim toga, tipovi prirodnih katastrofa, koji zahvaćaju nekoliko susjednih zemalja (npr. poplave) nisu pohranjeni po pojedinim državama, jer ne zadovoljavaju zadane kriterije s obzirom na stupanj štete ukoliko se promatra samo određena država. Važnost prikupljanja podataka o prirodnim hazardima, kao i vođenje regionalnih i lokalnih baza podataka, do danas nije prepoznata od strane državnih institucija na području zemalja Zapadnog Balkana. Sustavno prikupljanje podataka s obzirom na učestalost i učinke katastrofalnih događaja predstavlja vrijedan izvor informacija za različita tijela lokalne samouprave i nacionalne uprave koja se bave prostornim uređenjem i zaštitom i spašavanjem ljudi od prirodnih katastrofa.

LITERATURA

ABOLMASOV, B., HADŽI-NIKOVIĆ, G. & RUNDIĆ, LJ. (2009): The socioeconomic influence of geological hazards.– In: ALEKSIĆ, M. (ed.): Proceedings of the XIII International Eco-Conference: Environmental Protection of urban and suburban settlements, Ecological movement of the City of Novi Sad, 347–355, Novi Sad.

GUHA-SAPIR, D. (2008): EM-DAT's new disaster classification.– Disaster data: A Balanced Perspective. CRED CRUNCH News, Issue No 13. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters. Brussels, Belgium. (http://www.emdat.be/publications/, Accessed September 25, 2009).

Japansko-hrvatski bilateralni projekt "Identifikacija rizika i planiranje korištenja zemljišta za ublažavanje rizika klizanja i bujica u Hrvatskoj" – pilot područja

Japanese-Croatian bilateral project "Risk identification and land-use planning for disaster mitigation of landslides and floods in Croatia" – pilot areas

Snježana Mihalić[1], Željko Arbanas[2], Martin Krkač[1] & Sanja Dugonjić[2]

[1]Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilišta u Zagrebu, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Hrvatska
[2]Građevinski fakultet, Sveučilišta u Rijeci, Viktora Cara Emina 5, 10 000 Rijeka, Hrvatska

Ključne riječi: klizišta, bujice, rizik, znanstveni projekt, Japan
Key words: landslides, flash floods, risk, scientific join research, Japan

Općenito o projektu

U okviru višegodišnje vrlo uspješne tehničke suradnje između Republike Hrvatske i Japana, japanska Vlada je u sklopu međunarodnog natječaja programa "Suradnja u području znanstvenih i tehnoloških istraživanja za održivi razvitak'' odobrila financiranje hrvatsko-japanskog projekta "Identifikacije rizika i planiranje korištenja zemljišta za ublažavanje opasnosti od klizanja i bujičnih poplava u Hrvatskoj''. Ovaj projekt spada među 10 projekata koji su odabrani u konkurenciji od 142 projektna prijedloga iz cijeloga svijeta. Proračun projekta koji će financirati japanska Vlada iznosi 4 milijuna eura, a Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa (MZOŠ) sufinancirat će projekt izravnim učešćem u ukupnom iznosu od približno 180.000 eura. Proračun osiguran od japanske Vlade namijenjen je za donaciju opreme Hrvatskoj, kao i za troškove razmjene japanskih i hrvatskih znanstvenika za potrebe zajedničkog istraživanja.

Projekt je započeo u travnju 2009. godine, a ukupno trajanje projekta je 5 godina. Partner MZOŠ-u u ovom projektu je Japanska agencija za međunarodnu suradnju (JICA – Japan International Cooperation Agency). U implementaciji projekta s hrvatske strane sudjeluju sastavnice Sveučilišta u Splitu (Građevinsko-arhitektonski fakultet), Sveučilišta u Rijeci (Građevinski fakultet) i Sveučilišta u Zagrebu (Rudarsko-geološko-naftni fakultet i Agronomski fakultet) te Hrvatski geološki institut. Partnerske institucije s japanske strane su: Sveučilište u Niigati (Research Center for Natural Hazards and Disaster Recovery) i Sveučilište u Kyotu (Disaster Prevention Research Institute, DPRI), te Međunarodni konzorcij za klizišta (International Consortium on Landslides, ICL). Upravu projekta s hrvatske strane sačinjavaju: direktor projekta V. Purgar (MZOŠ); voditelj projekta prof. dr. sc. O. Bonacci (Sveučilište u Splitu); zamjenica voditelja projekta prof. dr. sc. N. Ožanić (Sveučilište u Rijeci); koordinator projekta prof. dr. sc. I. Kisić (Sveučilište u Zagrebu).

Opći cilj projekta je razvoj metodologija za prevenciju i ublažavanje prirodnih hazarda klizanja i bujičnih tokova. Specifični ciljevi projekta su: razvoj metodologija procjene rizika klizanja i bujica; razvoj sustava ranog upozoravanja navedenih geohazarda; razvoj metodologija za procjenu i zoniranje hazarda klizanja i bujica; izrada uputa za primjenu karata hazarda u prostornom planiranju. Aktivnosti na projektu podijeljene su u tri radne grupe: (i) radna grupa za klizišta (voditelji prof. dr. sc. Ž. Arbanas i prof. dr. sc. K. Sassa); (ii) radna grupa za bujične poplave (voditelji prof. dr. sc. N. Ožanić i prof. dr. sc. Y. Yamashiki); (iii) radna grupa za kartiranje hazarda i primjenu u prostornom planiranju (voditelji doc. dr. sc. S. Mihalić i prof. dr. sc. H. Marui). Znanstvena istraživanja provodit će se na pilot područjima u Primorsko-goranskoj županiji, Gradu Zagrebu i Splitsko-dalmatinskoj županiji. Do lipnja 2010. godine definirana su pilot područja radne grupe za klizišta na području Rijeke (klizište Grohovo) i Zagreba (klizište Kostanjek), te pilot područje radne grupe za bujične tokove na području Vinodolske doline (Slani potok). Ostala pilot područja definirat će se u drugoj polovici 2010. godine, kada se također očekuje i intenzivnija implementacija aktivnosti projekta: nabavka opreme za kabinetska i terenska istraživanja, instalacija opreme na terenu, opremanje prostora za kabinetska istraživanja, uspostavljanje sustava prijenosa i obrade podataka, kao i nabavka postojećih geoloških, geotehničkih i geodetskih podataka, obrada i priprema podataka za prostorne analize, nabavka avionskih i satelitskih snimaka.

Pilot područja radne grupe za klizišta

U okviru aktivnosti Radne grupe za klizišta planiraju se sljedeće skupine aktivnosti: geotehnička istraživanja klizišta (istraživačko bušenje, *in situ* i laboratorijska ispitivanja uzoraka tla), uspostavljanje sustava za geodetsko i geotehničko praćenje klizišta (GPS, totalna stranica, inklinometri, piezometri, ekstenzometri, seizmografi, kišomjer), analiza inici-

jalnih uzroka klizanja (oborine i potresi), numeričko modeliranje klizišta i bujica, te razvoj sustava za rano upozoravanje.

Klizište Grohovo, Rijeka, Primorsko-goranska županija

Klizište Grohovo nalazi se na sjeveroistočnoj padini doline rijeke Rječine u zaleđu Rijeke, na području flišne sinklinale omeđene rasjedima na kontaktu s vapnenačkim bokovima doline. Vapnenci kredne i palogenske starosti izgrađuju vrhove padine, dok je središnji dio doline izgrađen u naslagama paleogenskog fliša. Ovo klizište je reaktivirano retrogresivno klizište. Inicijalno klizište je nastalo pokretanjem mase unutar deluvijalnog pokrivača u nožici padine neposredno uz samu Rječinu, a pokrenuta masa u cijelosti je pregradila korito Rječine. Klizište Grohovo predstavlja kompleksno klizište i sastavljeno je od 13 različitih kliznih tijela, a klizanjem su zahvaćeni i vapnenački blokovi na flišu na vrhu padine (BENAC et al., 2005). Ukupna duljina klizišta iznosi L=425 m, širina pokrenute mase W_d= 80 do 200 m, debljina pokrenute mase D_d= 6 do 20 m, visina od nožice klizišta do čela klizišta DH=165 m. Procjena volumena pokrenute mase kraće se od 850.000 m^3 do 2,000.000 m^3. Nakon početnog klizanja, pokrenuti materijal zauzeo je relativno stabilan položaj bez provedbe sanacijskih radova, osim regulacije korita Rječine u zoni klizanja. Monitoringom su uočeni manji pomaci i daljnji razvoj klizanja u gornjim dijelovima padine. Procjena je da je trenutno stanje stabilnosti relativno nisko, te se u slučaju kombinacije nepovoljnih hidroloških uvjeta, podizanja razine podzemnih voda u padini i vode u koritu Rječine, ili eventualnog seizmičkog događaja, mogu očekivati nova klizanja.

Klizište Kostanjek, Grad Zagreb

Klizište Kostanjek nalazi se na zapadnom dijelu Podsljemenske zone u Zagrebu, a nastalo je u miocenskim naslagama sarmatske do gornjo-panonske starosti. Prema inženjerskogeološkom modelu klizišta, kojega je interpretirao ORTOLAN (1996), ovo klizište je također reaktivirano retrogresivno klizište. Inicijalno klizište je nastalo 1963. zbog eksploatacije u površinskom kopu cementnog lapora. Klizanjem je zahvaćeno područje približne površine oko 1,2 km^2 s oko 500 stambenih i gospodarskih objekata. Klizište Kostanjek predstavlja kompleksno klizište, sastavljeno od nekoliko različitih kliznih tijela s obzirom na stanje aktivnosti. Prema ORTOLAN (1996) klizne plohe utvrđene su na dubinama od cca 50 m, 65 m i 90 m, a odgovaraju plohama slojevitosti u sarmatskim i gornjo-panonskim naslagama. Ukupno je u pokretu po najdubljoj kliznoj plohi oko $32{,}6x10^6$ m^3, po srednjoj oko $12{,}8x10^6$ m^3, i po najplićoj oko $7x10^6$ m^3 stijenske mase. Klizište je i danas aktivno, te se u slučaju kombinacije nepovoljnih hidroloških uvjeta, podizanja razine podzemnih voda u padini ili eventualnog seizmičkog događaja mogu očekivati nova klizanja. U posljednjih nekoliko godina Grad Zagreb financira izradu projekta sanacije klizišta u okviru čega su provedena detaljna geodetska snimanja klizišta i postavljeni su reperi za geodetsko praćenje pomaka klizišta.

LITERATURA

BENAC, Č., ARBANAS, Ž., JURAK, V., OŠTRIĆ, M. & OŽANIĆ, N. (2005): Complex landslide in the Rječina valley (Croatia): Origin and sliding mechanism.– Bulletin of Eng ineering Geology and the Environment, 64/4, 361–371.

ORTOLAN, Ž. (1996): Formiranje prostornog inženjersko-geološkog modela dubokog klizišta s više kliznih ploha (na primjeru klizišta Podsused).– Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, 236 str.

Osnovna inženjerskogeološka karta, list Ivanić Grad

Basic engineering geological map, Ivanić Grad sheet

Željko Miklin, Nada Bastalić, Josip Kolarić & Laszlo Podolszki

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

Ključne riječi: inženjerska geologija, karta, klizišta, nestabilne padine, inženjerskogeološki kompleks
Key words: engineering geology, map, landslides, unstable slopes, engineering geological complex

Uvod

Osnovna inženjerskogeološka karta, list Ivanić Grad, je kompilacijska karta sastavljena od tri faktorske karte: od Osnovne geološke karte, Osnovne hidrogeološke karte i karte klizišta i erozije, mjerila M 1:100.000. Dvije dodatne karte su seizmotektonska karta i karta s kategorijama terena po stabilnosti, mjerila M 1:300.000. Uz kartu klizišta i erozije, inženjerskogeološka karta obuhvaća cijelu lepezu inženjerskogeoloških članova i kompleksa – na listu se nalaze kompleksi čvrstih, slabo očvrslih i klastičnih stijena, te koherentnog i nekoherantnog tla.

Projekt Osnovna inženjerskogeološka karta Republike Hrvatske (OIGK RH), u mjerilu 1:100.000, predstavlja temeljnu istraživačku djelatnost čiji je glavni zadatak znanstveno proučavanje inženjerskogeoloških značajki prostora. List Ivanić Grad Osnovne inženjerskogeološke karte obuhvaća područje površine 1349 km^2 i u cijelosti pripada teritoriju Republike Hrvatske. Na sjeverozapadnom dijelu lista Ivanić Grad dominira masiv Medvednice, a jugoistočno pribrežje Medvednice karakteriziraju blagi brežuljci. Na jugozapadnom dijelu lista Ivanić Grad teren se blago uzdiže prema Vukomeričkim goricama. Područje između rijeke Save i Vukomeričkih gorica čini Turopoljska ravnica. Na istoku lista kod Ivanić Grada teren je blago brežuljkast. Područje je uglavnom pokriveno, s malo otvorenih izdanaka. Zbog pokrivenosti terena za kategorizaciju stijena i tala korištena su geomehanička izvješća za graditeljstvo, komunalne poslove i prometnice. Pozicioniranjem ovih izvješća na kartu dolazimo u nesrazmjer u istraživanju terena. Na gradskom području imamo i do 20 istražnih radova na km^2 dok u neurbaniziramom dijelu na km^2 otpada 1–2 rada. Ovakav nerazmjer podataka riješen je odabirom karakterističnih profila.

Geološka karta

Kao preduvjet za izradu osnovne inženjerskogeološke karte potrebno je imati gotovu osnovnu geološku kartu, list Ivanić Grad (BASCH, 1983). Osnovna geološka karta rješava stratigrafske probleme i međusobne odnose pojedinih geoloških jedinica. Zbog kompatibilnosti listova dogovoreno je da se geološka karta upotrijebi kao faktorska karta i u potpunosti preuzme bez obzira na nove spoznaje o terenu.

Hidrogeološka karta

Druga faktorska karta koja je potrebna za izradu inženjerskogeološke karte je završena osnovna hidrogeološka karta. Hidrogeološka karta, list Ivanić Grad (SLIŠKOVIĆ & ŠARIN, 1999), prikazuje vodopropusnost pojedinih naslaga i njihov međusobni odnos (hidrogeološke veze utvrđene trasiranjem). Za inženjersku geologiju hidrogeološka karta predstavlja dragocjen dokument upravo u poznavanju izvora malih izdašnosti (iako nisu primarni na toj karti). Izvori malih izdašnosti markiraju podnožje klizišta, nepropusnost pokrivača, te mogućnost pojavljivanja erozije. Zbog tih razloga hidrogeološka karta je neophodna za izradu inženjerskogeološke karte.

Seizmotektonska karta

Dodatna Seizmotektonska karta M 1:300.000 pokriva (KUK & PRELOGOVIĆ, 1999) područje lista Ivanić Grad. Ovo područje je seizmički vrlo aktivno s brojnim jakim i katastrofalnim potresima. Hipocentri potresa su uglavnom iznad Mohorovičićeva diskontinuiteta, ponajviše na dubini od 10 do 20 km. U pogledu seizmičke aktivnosti dominantno je epicentralno područje Kašine. Cijelo područje je i pod utjecajem rasjedne zone žumberačko-medvedničko-kalničkog rasjeda, te niza dijagonalnih rasjeda koji se mogu smatrati linijskim izvorom potresa. To je poznato epicentralno područje u kojem su potresi posljedica sučeljavanja struktura panonskog bazena i onih "medvedničko-kalničkog pružanja". U Hrvatskoj, to je zona koja zahvaća sjeverne obronke Bilogore, Kalnika, Ivanščicu, Medvednicu, Vukomeričke gorice i Žumberačku goru.

Karta kategorije terena prema stabilnosti

Temeljem inženjerskogeoloških podataka izrađena je faktorska karta stabilnosti terena u mjerilu M 1:300.000. Izdvojena su dva tipa terena: planinski i ravničarski, te je za svako područje priložena i posebna legenda. Stabilnost planinskog područja definiraju kartirana klizišta i nagib padine, a u ravničarskom dijelu kao osnovu za stabilnost terena, s obzirom na potencijal likvefakcije, uzeta je razina podzemne vode. U planinskom dijelu su četiri kategorije stabilnosti: stabilno područje, uvjetno stabilno područje, uvjetno nestabil-

no područje i nestabilno područje. U nizinskom dijelu izdvojene su dvije kategorije vezane uz razinu podzemne vode: područje dubljeg vodnog lica, od 6–8 m, okarakterizirano je jednostavnim temeljenjem i područje plićeg vodnog lica, razine 4–6 m, koje zahtijeva složenije temeljenje. Izdvojena je kao posebna kategorija i područje savskog poloja.

Inženjerskogeološka karta

Na listu su prikazane inženjerskogeološke odlike i kategorizacija stijenskih masa i tala, znanstveno su obrađeni egzodinamički procesi i pojave u prostoru (klizišta, nestabilne padine, erozija). Inženjerskogeološka karta prikazuje prirodna svojstva terena koja će biti primijenjena kod projektiranja u građevinarstvu, vodoprivredi, elektroprivredi, rudarstvu, industriji i drugdje. Podaci o inženjerskogeološkoj građi predočeni na karti omogućuju razvoj i izgradnju u skladu s geološkom sredinom i na taj način osiguravaju sigurnost, trajnost i ekonomičnost izgrađenih objekata, a posebno zaštitu okoliša. Temeljem terenskih inženjerskogeoloških istraživanja, uključujući i snimanje morfoloških i drugih odlika sustava diskontinuiteta, metodama koje preporučuju WP/WLI (1990): i International Society for Rock Mechanics (ISRM, 1978), formiraju se inženjerskogeološki modeli karakterističnih geoloških sredina. Nakon obrade podataka prikupljenih terenskim istraživanjima i geomehaničkim laboratorijskim ispitivanjima imamo parametre koji omogućuju kategorizaciju stijenske mase i tala. Digitalni geokodirani inženjerskogeološki podaci omogućuju dinamičnost u izradi i interdisciplinarno korištenje rezultata istraživanja. Cilj projekta je u sklopu izrade OIGK RH i IG informacijskog sustava omogućiti interdisciplinarno korištenje inženjerskogeoloških podataka, posebno u prostornom planiranju, zaštiti okoliša i ocjeni pogodnosti terena za izgradnju infrastrukturnih objekata, te za kapitalnu izgradnju.

LITERATURA

BASCH, O. (1983): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Ivanić Grad – karta i tumač.– Arhiv HGI, Zagreb.

ISRM International Society for Rock Mechanics (1978): Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses. Commission on standardization of laboratory and field tests.– Int. J. Rock. Mech. Min. Sci. and Geomech. Abstr., 15, 319–368. Pergamon Press Ltd., London.

KUK, V. & PRELOGOVIĆ, E. (1999): Prostorni plan grada Zagreba – seizmološka i seizmotektonska studija.– RGN fak., Zagreb.

SLIŠKOVIĆ, I. & ŠARIN, A., (1999) Osnovna Hidrogeološka karta i tumač za list Ivanić Grad.– Arhiv HGI, Zagreb.

WP/WLI (1990) Suggested nomenclature for landslides.– Bulletin IAEG, No 41, 13–16.

Preliminarna karta hazarda u "Podsljemenskoj urbaniziranoj zoni"

Preliminary hazard map of the "Sljeme suburban area"

Željko Miklin[1], Željko Ortolan[2], Ivan Hećimović[1] & Laszlo Podolszki[1]

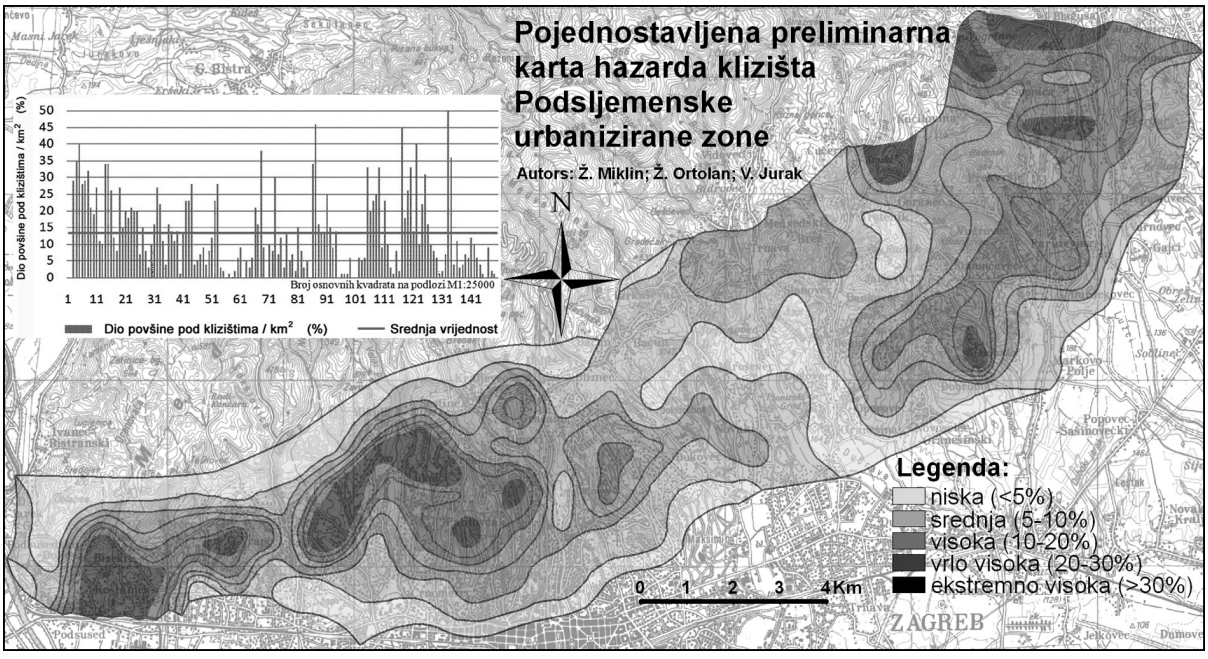
Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Hrvatska
Građevinski fakultet Osijek, Drinska 16a, Osijek, Hrvatska

Ključne riječi: klizište, kvadratična mreža, hazard
Key words: landslide, square mesh, hazard

Klasičnim kartiranjem utvrđeno je 707 klizišta i izračunato opterećenje klizištima na kvadratičnoj mreži od 1 km^2. Centru svakog kvadrata pridružena je vrijednost opterećenosti klizanjem, a izolinijama su spojene iste vrijednosti. Tako je dobivena preliminarna karta hazarda od klizanja.

Aktom od 5. svibnja, 2009. godine Vlada Republike Hrvatske donosi procjenu ugroženosti RH od prirodnih i tehničko – tehnoloških katastrofa i velikih nesreća. Vlada zadužuje tijela državne uprave i druga nadležna tijela da u okviru svoje nadležnosti odmah pristupe izradi programa, planova i akata za provedbu procjene u cilju smanjenja opasnosti i spremnosti za djelovanje u otklanjanju posljedica od prirodnih i tehničko tehnoloških katastrofa i velikih nesreća (DUZS, 2009). Hrvatski geološki institut je uvidom u svoju bazu podataka ocijenio da postoji mogućnost izrade preliminarne karte hazarda od klizanja u Podsljemenskoj urbaniziranoj zoni. Tijekom 2005–2007 godine sustavno se kartiralo područje površine 172 km^2. Područje Podsljemenske urbanizirane zone kartirano je geološki, hidrogeološki i inženjerskogeološki, tako da su prikupljene korisne informacije za procjenu potencijala sloma tla. Ovakva istraživanja potpomognuta su i nizom geomehaničkih analiza provedenim u svrhu dobivanja relevantnih podataka o kvaliteti tla ili stijene.

Za svako procjenjivanje pokreta tla, nestabilnosti padina i likvefakcije određena su tri stupnja pristupa zoniranja (ISSMFE Technical Committee for Geotechnical Eartquake Engineering –1999). Prema mjerilu i prema geotehničkim istraživanjima Preliminarna karta hazarda u "Podsljemenskoj urbaniziranoj zoni" ulazi u III stupanj zoniranja, ili rigorozno (precizno) zoniranje. Za ovo zoniranje bili su



Slika 1. Pojednostavljena preliminarna karta hazarda klizišta Podsljemenske urbanizirane zone i grafički prikaz zastupljenosti klizišta, te srednja vrijednost opterećenja terena klizanjem.

Figure 1. Simplified preliminary landslide presence map of the "Sljeme foothills suburbanized area" and graphical representation of landslides and their average load value of slides susceptibility.

potrebni terenski i laboratorijski podaci. Izrađeno je 38 inženjerskogeoloških i geoloških karata mjerila 1:5000.

S površine je uzeto 530 uzoraka tla na 500 lokacija. Iz bušotina je uzeto 911 uzoraka na 208 lokacija, u prosjeku na 1 km^2 uzeto je 8 uzoraka tla s 4 lokacije. In situ testovima načinjeno je 200 SPP testova na 200 lokacija, te 39 pokusa džepnim penetrometrom i 232 pokusa krilnom sondom.

Iz tako prikupljenih uzoraka načinjeno je 1166 pokusa granica tečenja, isto toliko pokusa granica plastičnosti, te 176 granulometrijskih analiza. Na 7 uzoraka izmjerene su jednoosne čvrstoće stijene, a na 21 uzorku tla načinjene su jednoosne čvrstoća tla. Analizirano je 24 granica stezanja, 22 kvantitativne termičke analize i 20 rendgenske analize, 10 SEM analiza, 22 kemijske analize te 40 paleontološke analize (MIKLIN et al., 2007).

Karta klizišta s katastrom klizišta prikazuje lokacije i konture klizišta koja su kategorizirana u aktivna, umirena, sanirana i inicijalna. Iskartirano je 707 klizišta i za svako je ispunjen katastarski list. Kako su klizišta u uskoj vezi s erozijom kartirana je i erozija.

Tako dobivene podloge bile su osnova za izradu preliminarne karte hazarda od klizanja. Područje istraživanja prekriveno je kvadratičnom mrežom, s površinom kvadrata od 1 km^2. Načinjeno je 150 kvadrata, za svaki je izračunata površina pod klizištem te se tako dobio postotak klizišta po km^2. Izračunata je i srednja vrijednost opterećenja terena klizanjem, koja iznosi 13.45%, s tim da najveće opterećenje klizanjem je u 133 kvadratu i iznosi 61%. Spajanjem istih vrijednosti središta kvadrata načinjene su izolinije zastupljenosti površina klizišta u postotcima.

Tako spojene izolinije zastupljenosti površina klizanja u postotcima omogućile su kategoriziranje u pet kategorija: <5%, 5–10%, 10–20%, 20–30% i >30% zastupljenosti klizišta. Tako dobivena karta predstavlja preliminarnu kartu hazarda definiranu na osnovi gustoće klizišta (Sl. 1.), prema (CHACON et al., 2006). Multivarijatne analize "Detaljne inženjerskogeološke karte podsljemenske urbanizirane zone (DIGK – faza I)" izrađene su pomoću Arc Info (ESRI) alata.

Preliminarna karta hazarda klizanja temeljena je na činjenici postojanja klizišta na određenim površinama (na kojima će se pojavljivati i ubuduće) – iz DIGK-faza I, bez analize faktora rizika, koje tek valja istražiti tijekom izrade DIGK-faza II. Naime I. Faza DIGK daje samo plošni prikaz, bez treće dimenzije – dubine. Osnovni faktor rizika, uz veličine nagiba padina, minimalne dubine podzemnih voda, položaj slojeva, povratni periodi oborina velikog intenziteta, povratnih perioda i jakih potresa, u konačnoj karti hazarda biti će Atterbergove granice tečenja i indeksi plastičnosti materijala. To su dokazano pouzdani indikatori najslabije "karike u lancu posmične čvrstoće", tj. realnih i potencijalnih ploha i/ili zona sloma (ORTOLAN et al., 2010).

LITERATURA

CHACON, J., IRIGARAY, C., FERNANDEZ, T. & EL HAMDOUNI, R. (2006): Engineering geology maps: landslides and geographical information systems.– Bulletin of Engineering Geology and the Environment., 65/4, 341–411.

MIKLIN, Ž., MLINAR, Ž., HEĆIMOVIĆ, I. & BRKIĆ, Ž., (2007) Detaljna inženjerskogeološka karta podsljemenske urbanizirane zone. M 1: 5000 (DIGK – I faza).– Hrvatski geološki institut. 70,71,72, 73,74/07, Zagreb, 2007.

ORTOLAN, Ž., MIKLIN, Ž. & JURAK, V., (2010): Liquid limit – reliable indicator of the shear strength and its influence on sliding hazard.– 11th IAEG Congress 2010 (in print) Auckland, New Zealand.

REPUBLIKA HRVATSKA, DRŽAVNA UPRAVA ZA ZAŠTITU I SPAŠAVANJE (DUZS) 2009: Procjena ugroženosti Republike Hrvatske od prirodnih i tehničko tehnoloških katastrofa i velikih nesreća. 64 str. 12 zemljovida M 1:3 000.000. Zagreb 07. svibnja 2009.

TECHNICAL COMMITTEE FOR EARTHQUAKE GEOTECHNICAL ENGINEERING, TC4, ISSMFE (1999): Manual for Zonation on Seizmic Geotechnical Hazards (Revised Version).– The Japanese Geotehnical Society, Sugayama Building 4F, Kanada Awaji-cho 2–23 Chiyoda-ku, Tokyo 101–0063, Japan.

Hidrogeološke i inženjerskogeološke značajke fliških naslaga u području eksploatacijskog polja Sv. Juraj – Sv. Kajo kod Splita

Hydrogeological and engineering geological characteristics of the flysch deposits within the exploitation field of St. Juraj – St. Kajo near Split

Josip Terzić[1], Dražen Navratil[1], Petar Hrženjak[2], Madlena Ožanić[3] & Jasmina Lukač Reberski[1]

[1]Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Hrvatska
[2]Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Hrvatska
[3]CEMEX Hrvatska d.d., F. Tuđmana b.b. 21212 Kaštel Sućurac, Hrvatska

Ključne riječi: fliš, hidrogeologija, inženjerska geologija, kamenolom, stabilnost kosina, Hrvatska
Key words: flysch, hydrogeology, engineering geology, quarry, slope stability, Croatia

Područje Kaštelanskog zaljeva kod Splita izgrađeno je od naslaga eocenskog fliša. Ta se stijenska masa, odnosno neki od njenih litočlanova, već više od 100 godina koriste u proizvodnji cementa. Danas se ova dragocjena cementna sirovina zahvaća u tri velika kamenoloma ("tupinoloma") u vlasništvu tvrtke Cemex Hrvatska d.d. Na dva kamenoloma (Sv Juraj i Sv. Kajo) su 2008.–2009. provedeni opsežni istraživački radovi, u sklopu kojih su obavljena inženjerskogeološka (IG), hidrogeološka (HG) i geotehnička istraživanja prikazana u ovome radu.

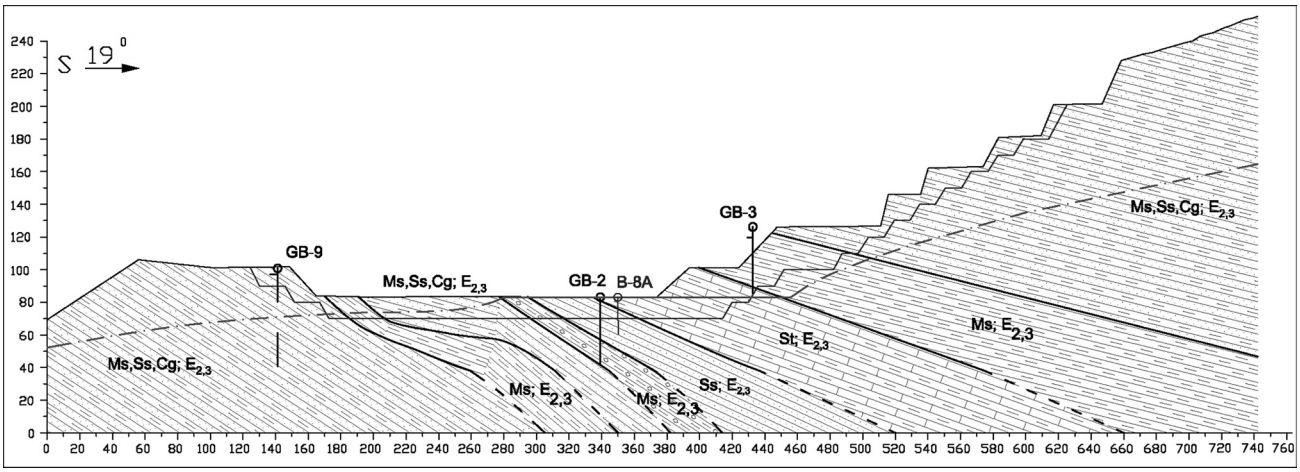
Fliš je kompleks naslaga koji se sastoji od više litočlanova, a nastaje tzv. mutnim strujama – turbiditima, odnosno obrušavanjem materijala s kopna u duboko more uz taloženje u obliku lepeze. Raznovrsnost u granulaciji ovog sedimenata dovodi do vrlo raznolikih litoloških članova s različitim IG i HG svojstvima. U području istraživanja fliške su naslage taložene tijekom srednjeg eocena (MARINČIĆ et al., 1971). Prikazana litološka raščlamba (Tab. 1) određena je na temelju objavljenih istraživanja (KERNER, 1903; MARJANAC, 1987). Ovaj teren pripada krškom dinaridskom pojasu. Fliš se *sensu stricto* ne smatra kršem jer se sastoji od raznovrsnih klastičnih stijena, no u regionalnom mjerilu on je sastavni dio krškog dinaridskog pojasa. U hidrogeološkim istraživanjima krških terena u regionalnom mjerilu, fliške se naslage smatraju nepropusnima – barijerom, no u lokalnom mjerilu takvo tumačenje ne stoji, jer pojedini litološki članovi mogu biti vodonosni. Ipak, poprečno na fliš, zbog prisutnosti nepropusnih laporovitih slojeva, nema strujanja krških podzemnih voda iz vapnenaca (osim po izrazito razlomljenim preferiranim pukotinskim zonama) pa se fliš smatra potpunom ili "visećom" barijerom, kako gdje. U sklopu provedenih istraživanja teren je podrobno kartiran (M 1:2000), a izbušeno je i ukupno 5046 m radi izračuna rezervi, od čega 582,53 m s jezgrovanjem radi IG/geotehničke interpretacije i 200 m u HG bušotinama u kojima su provedena pokusna crpljenja. U tablici 1 ukratko su prikazane osnovne IG i HG značajke litoloških članova.

Kako su strukture u ovome dijelu terena paralelne s dinaridskim pravcem pružanja (SZ-JI), a slojevi su generalno nagnuti prema SI, unutar propusnih članova dolazi do nakupljanja podzemne vode (Sl. 1). Podzemna voda drenira se tunelom i sustavom drenažnih bušotina, i trenutna situacija je uravnotežena, no daljnja eksploatacija ispod kote 80 m n.m. (Sv. Juraj) neće biti moguća bez proširenja odvodnje. Postoji mogućnost crpljenja podzemne vode i njenog korištenja kao tehničke vode za polijevanje putova unutar kamenoloma. Tijekom cijele godine opažane su razine podzemne vode automatskim mjeračima (Diver TD). Razine podzemne vode u vodonosnom horizontu koji se proteže kroz kalkarenite, kalksiltite i susjedne litočlanove dužinom oba dva kamenoloma varirale su od 78 do 84 m n.m. U dva navrata (minimum i maksimum) su obavljena pokusna crpljenja svih triju HG bušotina. Hidraulička vodljivost mijenja se bočno unutar vodonosnog "horizonta", ovisno o lokalnoj razlomljenosti. Najviša je u području današnjeg platoa Sv. Juraj kod HG bušotine B-8A (Sl. 1) gdje se kreće unutar reda veličine 10^{-4} do 10^{-5} m/s.

Izdvojeni karakteristični litološki članovi u naslagama fliša ujedno definiraju IG, odnosno geotehničke jedinice koje su prikazane u Tablici 1. Obzirom na fizikalno mehaničke značajke intaktnog materijala izdvojenih litočlanova, utvrđeno je da se radi o vrlo heterogenim stijenama koje se kreću u kategorijama od vrlo slabih (R1; 1–5 MPa) do vrlo čvrstih (R5; 100–250 MPa) stijena. Značajke stijenske mase izražene su preko Geološkog indeksa čvrstoće prema modificiranoj GSI klasifikaciji (SONMEZ & ULUSAY, 1999; MARINOS & HOEK, 2000), iz čega je utvrđena velika heterogenost stijenskih masa u izdvojenim litočlanovima. Radi se o vrlo slabim do dobrim stijenskim masama (Tabl. 1). Provedenim istraživanjima za potrebe izrade IG modela potvrđena je povezanost fizikalno-mehaničkih značajki intaktne stijene, značajki stijenske mase i trošenja, s litološkim sastavom, strukturom i teksturom stijene, kemizmom i tektonikom. Cilj provedenih IG i geotehničkih istraživanja na području eks-

Tablica 1. Litološki članovi i njihove osnovne inženjerskogeološke i hidrogeološke značajke.
Table 1. Lithotypes and their basic engineering geological and hydrogeological properties.

Litološka jedinica i oznaka u profilu (Slika 1)	IG značajke i parametri: GSI (raspon bodova); gustoća (g/cm^3); jednoosna tlačna čvrstoća (MPa); Indeks kvalitete jezgre RQD (raspon %)	HG značajke i parametri
Tamnosivi lapor s numulitima. Srednja fliška zona. Udio numulita opada prema mlađim slojevima, stijena postaje čvršća. (Ms)	GSI 10–25; 2,65 g/cm^3; 25,9 MPa; 25–62 %	Propusna stijenska masa. Pukotinska poroznost, hidraulička vodljivost ovisi o razlomljenosti (10^{-4} do 10^{-7} m/s)
Kalkarenit. Srednja fliška zona. Čvrsta stijena plavosive boje. (Ss)	GSI 44–66; 2,68 g/cm^3; 210,5 MPa; 32–87% (najčešće 79–87%)	
Kalksiltit (glinoviti vapnenac). Srednje fliške zone. (St)	GSI 43–61; 37–85%	Djelomično propusna stijenska masa. Pukotinska poroznost, propusno u jače razlomljenim zonama.
Debritna serija. Srednja fliška zona (olistostroma). Kaotični, heterogeni sediment. (Db)	GSI cca. 10–40; 2,63 g/cm^3 (biokalkarenit – biokalkrudit), 2,50 g/cm^3 (fosiliferni lapor); 72,8 MPa (biokalkarenit – biokalkrudit), 2,4 MPa (fosiliferni lapor); 60–83%	
Izmjena lapora i pješčenjaka s proslojcima brečokonglomerata. Gornja fliška zona. (Ms,Ss,Cg)	GSI 37–58; 2,67 g/cm^3 (brečokonglomerati), 2,61 g/cm^3 (izmjena lapora i pješčenjaka), 2,60 g/cm^3 (lapori); 103,9 MPa (brečokonglomerati), 46,2 MPa (izmjena lapora i pješčenjaka), 7,8 MPa (lapori); 36–84 %	Slabo propusna stijenska masa, do mjestimično nepropusna. Moguće procjeđivanje samo po tektonski najrazlomljenijim zonama.
Lapori s većim udjelom kalcitične komponente ("tupina") Srednja fliška zona. (Ms)	GSI 42–55; 2,62 g/cm^3; 73,9 MPa; 55–91%	



Slika 1. Geološki profil poprečno na kamenolom Sv. Juraj i flišku strukturu. GB-3 – geotehnička bušotina; B-8A – HG bušotina.
Figure 1. Geological profile perpendicular to the St. Juraj quarry and perpendicular to flysch structure. GB-3 – geotechnical borehole; B-8A – hydrogeological borehole.

ploatacijskog polja "Sv. Juraj – Sv. Kajo" bio je utvrđivanje geomehaničkih uvjeta eksploatacije i stabilnosti kosina. Analize stabilnosti sustava završnih kosina, odnosno ukupne stabilnosti kopa provedene su na pet karakterističnih inženjerskogeoloških profila metodama opće granične ravnoteže uz kružne i opće zakrivljene (složene) klizne plohe (Sl. 1). Utvrđena je zadovoljavajuća stabilnost predložene geometrije završnih kosina u statičkim i seizmičkim uvjetima, osim u području pružanja vrlo slabog materijala (lapora s numulitima u "Sv. Kaji") ispod nožičnog dijela završne kosine. Također, analizirane su i potvrđene lokalne pojave nestabilnosti u pojedinim dijelovima etažnih kosina (ravninski i klinasti lom) vezane uz promjene strukturnih značajki ili značajna oslabljenja u stijenskoj masi.

REFERENCE

KERNER, F. (1903): Gliederung Der Spalatiner Flyschformation.– Verh. geol. R. A.,Wien.

MARINČIĆ, S., MAGAŠ, N. & BOROVIĆ, I. (1971): Osnovna geološka karta 1:100.000, list Split.

MARJANAC, T. (1987): Sedimentacija Kernerove "srednje fliške zone" (paleogen okolice Splita).– Geol. vjesnik, 40, 177–194. Zagreb.

MARINOS, P. & HOEK, E., (2000): Estimating the mechanical properties of heterogeneous rock masses such as flysch.– Bull. of the Eng. Geol. & the Environment (IAEG), 60, 85–92.

SONMEZ, H. & ULUSAY, R. (1999): Modification to the geological strength index (GSI) and their applicability to stability of slopes.– Int. Jour. of Rock Mech. and Mining Sc., 36, 743–760.

Geological approach to rock mass stability and feasibility during the exploitation and excavation in hard rock masses

Geološki pristup pri ocjeni stabilnosti čvrstih stijenskih masa tijekom eksploatacije

Ivan Tomašić & Ana Kršinić

Faculty for Mining, Geology and Petroleum Engineering, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Key words: Rock Mass Stability, Excavation front, Discontinuities, Blasting works
Ključne riječi: stabilnost stijenske mase, otkopna fronta, diskontinuiteti, minerski radovi

This paper describes geological approach, including field structural geology studies and geological methods important for rock slope design, stability and sustainable exploitation and excavation of crude rock masses. In view of the importance of rock slope stability for economics and safety of opencast mining, there are other remarkable possibilities for mining engineers to obtain a reliable estimation for safe and sustainable excavation. Blasting, fragmentation, crumbling, exploitation of natural stone blocks and projecting of height and width of benches or a rock slope design are some of them.

In this paper, among all other, determination of stable excavation fronts is by discontinuity analysis emphasized. The results of analyses must be the most stable rock mass and the most favorable orientation of exploitation fronts in relation to discontinuity inclination and orientations. Stable rock mass is very important for safety and economics of exploitation and fragmentation in quarries, in other open pit mines, in civil engineering works and during formation of cuttings and embankments as well.

Stable rock mass and discontinuities (bedding plains and joints) have great influence on blasting works and on determination of other exploitation factors. Influence of geological features through adjustment of blasting parameters must be taken into consideration. During blasting rock mass breaks into small pieces favorable for crumbling in machinery. The size of stone pieces depends on using of rock mass as aggregates or as much greater stone pieces for armourstone.

Detailed optimal determination of discontinuities, discontinuity density and discontinuity spatial relations is also important for evaluation and utilization of large stone blocks during the exploitation of natural stone blocks.

The analysis has been based on graphical method by HOEK & BRAY (1974) and on research and experience by TOMAŠIĆ (1986 and 1989) and TOMAŠIĆ & JAKIĆ (1990). On the base of exploration, perception of rock structure, discontinuity measuring and analyses in many examples of hard rock masses, mostly in quarries, important conclusion has been established and carried out. There are three borderline examples (Figs. 1 a,b,c) of relations between exploitation front orientation and orientation of discontinuities (TOMAŠIĆ, 1989).

First example (Fig. 1a) is the case, when strike of exploitation front is parallel with strike of discontinuities (mostly bedding plains and rarely joints). Excavation slope has inclination of 70° in direction of working platform, but disconti-

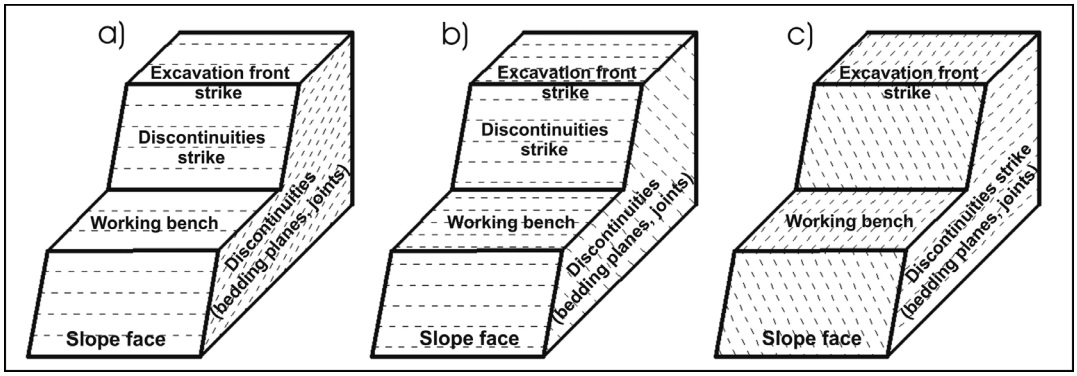


Figure 1. Three borderline examples of relations between excavation front position and orientation of discontinuities.
Slika 1. Tri granična primjera odnosa između orijentacije otkopne fronte i pružanja diskontinuiteta.

nuities possible for inducing of sliding, have dip between 35° (friction angle φ) and 70°. In this case ideal geometrical conditions exist for producing controlled or uncontrolled sliding. All previously mentioned also depend about influence of geotechnical characteristics of rock mass and discontinuity roughness on contact surfaces. Influence of water pressure is also important for sliding and shear strength.

In second example, (Fig. 1b), the strike of excavation front is parallel with strike of discontinuities (mostly bedding plains and rarely joints). But in this case the difference is emphasized with dip of discontinuities in direction of rock mass or in direction of exploitation. Stability of rock mass in this example is more favorable than in the first example.

Third example is the case when strike of excavation slope (dip is 70°) and strike of discontinuities (mostly bedding plains and rarely joints) are mutually perpendicular (Fig. 1 c). The results, based on discontinuity analysis and on field experience, have confirmed that third example (Fig. 1c) is the most favorable for rock stability. Favorableness discrepancies range from that position to bring out ±20°. The rock slope could be stable at dip angle more than 70°. In that case HOEK & BRAY (1974) emphasized that those unfavorable intersections between discontinuities do not exist or exist much less inside the surface between friction angle (35° in this example) and angle of rock slope inclination (70°). This position of rock slope regarding discontinuities could be the most favorable for rock mass stability.

Based on our experience during the exploration we determined that successfulness of blasting directly depends on rock mass stability. On the geotechnical basis stable rock mass intensify controlling of rock fragmentation. Why is that possible? Stable rock mass enables optimal resistance to explosive charges and maximal utilization of its energy during the fragmentation. In that case primary blasting works achieves optimal fragmentation in stable rock mass and the planed desired effect. Unstable rock mass does not enable high quality of blasting and optimal fragmentation because of low resistance of unstable rock mass to explosive charge during the explosion. In spite of high adjusted blasting parameters, energy of explosion spends on pushing rock mass down the slope in direction of working platform and fragmentation is not complete. Consequently, high percent of over break excavation stone blocks require much expensive costs using a secondary blasting. According before stated better fragmentation is possible in example of orientation of excavation fronts in relation on discontinuities on Fig. 1b than in the case of on Fig. 1a.

During the blasting the most favorable intersection of discontinues with excavation slope range from 45° to 90°. But this reality is not proved in wholeness during the field research. Maybe the most resistance of rock mass to blasting is when discontinuities tend to be perpendicular to the excavation front. It is favorable for fragmentation of rock mass. Utilization of stone blocks from natural stone deposits is favorable when discontinuities are parallel or perpendicular in relation to the exploitation front. Also utilization depends on the discontinuity spacing (discontinuity density).

Reorientation of exploitation slopes in position of stable rock mass enable optimal using of blasting methods during the excavation and fragmentation of rock mass. Optimal fragmentation of rock mass enables low expenses of blasting and favorable economic conditions for exploitation. This paper demonstrates that used method has an important application during the exploitation and excavation of hard rock masses.

REFERENCES

HOEK, E. & BRAY, J. (1974): Rock Slope Engineering. The institution of Mining and Metallurgy, 402 p., London.

TOMAŠIĆ, I. (1989). Grafička metoda analize najpovoljnijeg položaja otkopne fronte u odnosu na tektonski sklop i stabilnost stijenske mase, 1, 77–87, Zagreb.

TOMAŠIĆ, I. & JAKIĆ, V. (1990): Optimalni položaj otkopne fronte u odnosu na strukturni sklop (grafička metoda primjenom računala).– Rudarsko-geološko-naftni zbornik, 2, 41–46, Zagreb.

TOMAŠIĆ, I. (1986): Analiza tektonskog sklopa u svrhu razrade i eksploatacije ležišta mineralnih sirovina.– Doktorska disertacija, 190 str., Sveučilište u Zagrebu.

Inženjerskogeološki problemi pri iskopu tunela "Kobiljača"

Engineering-geological problems during the "Kobiljača" tunnel excavation

Tomislav Ženko[1], Davor Pollak[2], Tomislav Novosel[2], Laszlo Podolszki[2] & Nikolina Ilijanić[2]

[1]Institut IGH, d.d., Janka Rakuše 1, 10 000 Zagreb, Hrvatska
[2]Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: Tunel Kobiljača, inženjerskogeološke značajke, glina, vapnenci
Key words: Tunnel Kobiljača, engineering-geological properties, clay, limestones

Uvod

Tunel Kobiljača nalazi se na Autocesti A1 Zagreb-Split-Dubrovnik, dionica Ravča-Ploče, spojna cesta Čvor Ploče-CP Karamatići. Sveukupna duljina tunela s portalnom građevinom je 847 m za lijevu i 807 m za desnu cijev, s maksimalnim nadslojem od približno 135 m. Temeljem inženjerskogeoloških istraživanja, seizmološke i seizmotektonske studije (PRELOGOVIĆ & KUK, 2005), istraživačkog bušenja (5 istraživačkih bušotina ukupne dubine 167 m), geofizičkih (duž cijele trase uzdužni refleksijski profil i u zoni portala refrakcijski profili) i laboratorijskih ispitivanja, u istraživanom području izdvojene su: 1 litostratigrafska jedinica, 1 inženjerskogeološka jedinica i 2 strukturna bloka (POLLAK & NOVOSEL, 2007).

Geološke i inženjerskogeološke značajke područja tunela – prognozirano i stvarno stanje

Tunel je smješten između brda Pozla gora i rijeke Matice. Ima generalno pružanje sjever-jug. Prolazi dijagonalno kroz masiv brda Raotina koje ima dinaridsko pružanje (SZ-JI). Glavne rasjedne zone su reversnog karaktera pružanja SZ-JI. U sjevernom dijelu tunela locirani su manji, prateći rasjedi s relativno širokim rasjednim zonama pružanja istok-zapad i sjever-jug. Debelo i dobro slojeviti vapnenci gornje krede (V;K_2^2-GHN; FUČEK & PALENIK, 2006) koji izgrađuju istraživano područje jako su okršeni.

Na površini se nalaze blokovi velikih dimenzija koji su odijeljeni diskontinuitetima decimetarskih širina. U površinskoj zoni trošenja se u diskontinuitetima često nalazi glinovita ispuna. Na razini nivelete tunela očekivala se blokovita stijenska masa sa široko razmaknutim diskontinuitetima i uskim diskontinuitetima ispunjenim kalcitom, rjeđe glinom. Naglašena je mogućnost pojave kaverni koje mogu biti ispunjene glinom ili prazne. Geofizičkim istraživanjem (plitka refleksija) i istraživačkim bušenjem izdvojena je zona trošenja koja dopire do dubine od 25 do 50 m od površine terena. Prema prognoznoj RMR klasifikaciji, sjeverni dio tunela (strukturni blok A) bi zbog jače razlomljenosti stijenske mase, trebao pripadati povoljnoj i u manjoj mjeri dobroj stijenskoj masi (RMR=42–82, a GSI=49–80). Prema prognozi, središnji i južni dio tunela (strukturni blok B) uglavnom sačinjava povoljna stijenska masa i u manjoj mjeri dobra stijenska masa (RMR=50–84, a GSI=57–86). Očekivale su se Q vrijednosti u rasponu od 1,667 do 33,333, što uglavnom pripada kategorijama od povoljne do dobre stijenske mase. Manji dio stijenske mase prema Q klasifikaciji pripadati će kategoriji – slaba stijenska masa. Mogao se očekivati iskop u suhom.

Tijekom iskopa tunela, obavljano je svakodnevno inženjerskogeološko kartiranje čela iskopa i kategorizacija stijenske mase prema RMR klasifikaciji. Potvrđeno je da stijensku masu u zoni iskopa izgrađuju vapnenci gornje krede (V; K_2^2), uglavnom slojevite teksture, mjestimično zahvaćeni procesima okršavanja, rezultat čega je prisutnost različitih speleoloških objekata. Strukturni blokovi predviđeni projektom gotovo su potpunosti potvrđeni iskopom. Ono što je posebno obilježilo iskop tunela, a nije utvrđeno istraživačkim radovima, je pojava zone gline u dužini od približno 55 m. Karakteristično je da je prisutnost gline utvrđena samo u desnoj tunelskoj cijevi, dok su u istoj zoni u lijevoj tunelskoj cijevi opažene samo manje pojave okršavanja. Kontakt gline i vapnenca je oštar, tektonski. S južne strane kontakt je subparalelan osi tunela uz prisutnu jaču zonu okršavanja, a sa sjeverne strane gotovo okomit na os tunela.

Zbog izrazitih razlika u inženjerskim svojstvima gline i vapnenca, metoda iskopa tunela i njegova zaštita morali su biti prilagođeni neočekivanim i novim uvjetima. Provedene su laboratorijske analize fizičkih i mehaničkih svojstava gline koje nisu bila obuhvaćene tijekom faze istraživanja tunela (Tablica 1). Zbog toga su na st. 3+400 km uzeti uzorci u tri terenski određena različita bloka. Rezultati analiza ukazuju na neobično visok sadržaj organske tvari (10 %) u glinovito-prašinastom materijalu (podaci granulometrije; tablica 1) koji se prema granicama plastičnosti može definirati kao visokoplastična glina (CH). Kvantitativnom rendgenskom analizom u istim su uzorcima utvrđene mineralne faze: kvarc, kalcit, muskovit, klorit, kaolinit, dolomit (Tablica 2). Za minerale glina napravljena je detaljna analiza na orijentiranim uzorcima u kojima je dokazana prisutnost jako bujajućih minerala glina iz skupine smektita. Osim minerala

Tablica 1. Fizičko-mehaničke značajke i granulometrijski sastav uzoraka.
Table 1. Physical and mechanical properties, and granulometric composition of samples.

oznaka	Fizičko mehanička svojstva										Granulometrija			
	org (%)	$CaCO_3$ (%)	wL (%)	wP (%)	IP (%)	w (%)	rd (g/cm3)	r (g/cm3)	sc (kPa)	e (%)	G (%)	S (%)	M (%)	C (%)
Blok 1	10,83	12,75	65,33	23,49	41,84	30,40	1,49	1,94	337	1,4	0,00	1,10	39,15	59,75
Blok 2	9,76	13,74	66,36	23,79	42,57	29,35	1,51	1,96	648	1,5	0,00	0,80	40,24	58,96
Blok 3	9,15	10,44	77,10	26,60	50,51	32,30	1,40	1,88	166	1,6	0,00	0,22	28,89	70,89

Tablica 2. Rezultati kvantitativne rendgenske analize (mas. %).
Table 2. The results of quantitative X-ray analysis (mass. %).

oznaka	kvarc	kalcit	dolomit	muskovit/ilit	klorit	kaolinit	smektit
Blok 1	21,4	17,9	-	12,3	4,4	14,3	29,6
Blok 2	20,9	17,7	1,1	12,2	4,8	14,6	28,7
Blok 3	21,7	21,7	-	6,9	3,3	11,2	34,3

glina iz skupine smektita u uzorcima su prisutni klorit, kaolinit i ilit (Tablica 2).

Probijanje tunela u zoni gline bilo je obavljeno u dvije faze, ali bez danas već uobičajene zaštite iskopa u takvim materijalima metodom cijevnog kišobrana (“pipe roof”).

Zaključak

Tunel Kobiljača probijen je kroz vapnence gornje krede. Iskopom tunela nisu utvrđena znatnija odstupanja od prognoziranog stanja, osim pojave gline u desnoj tunelskoj cijevi u dužini od oko 55 m. Inženjerskogeološke značajke gline definirane su određivanjem cjelokupnog mineraloškog sastava, ali i određivanjem prisutnih skupina minerala glina koji u velikoj mjeri utječu na mehaničke značajke i inženjersko ponašanje glinovitog materijala. Naime, u ispitivanom glinovitom materijalu je rentgenskim analizama utvrđen značajan udio bubrivih minerala.

Probijanje tunela u zoni gline bilo je obavljeno u dvije faze, ali bez zaštite iskopa metodom cijevnog kišobrana (“pipe roof”).

LITERATURA

FUČEK L. & PALENIK D. (2006): Izvješće o temeljnim geološkim istraživanjima na dionici: Ravča-Ploče (AC A1 Zagreb-Split-Dubrovnik).– Hrvatski geološki institut, fond, 34 str.

POLLAK, D. & NOVOSEL, T. (2007): Autocesta A10, BIH-M. Prolog-Ploče, Dionica M. Prolog-Ploče, Poddionica M. Prolog-Karamatići, Tunel “Kobiljača”, Inženjerskogeološki istraživački radovi (M = 1:1000).– Hrvatski Geološki Institut, 05/07, Zagreb.

PRELOGOVIĆ, E. & KUK, V. (2005): Autocesta Zagreb – Split – Dubrovnik, dionica Ravča – Ploče, Seizmološka i seizmotektonska istraživanja.– Sveučilište u Zagrebu. Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

Zaštita vodocrpilišta u sustavu regionalnog vodovoda Varaždin

Protection of Well Fields within the regional Water Supply System Varaždin

Andrea Bačani[1], Kristijan Posavec[1] & Tatjana Vlahović[2]

[1]Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo, Pierottijeva 6, 10 000, Zagreb, Hrvatska
[2]Hrvatski prirodoslovni muzej, Demetrova 1, 10 000, Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: zaštitne zone crpilišta, varaždinski vodonosnik
Keywords: Wellhead Protection Areas, Varaždin Aquifer

Uvod

Zone sanitarne zaštite vodocrpilišta Varaždin, Bartolovec i Vinokovščak, novelirane su koristeći 3D numerički model toka podzemne vode i trasiranja čestica kako je to definirano Pravilnikom o utvrđivanju zona sanitarne zaštite (NN br. 55/02). Na crpilištima se zahvaća voda iz varaždinskog vodonosnika koji zauzima prostor između Međimurskih Gorica na sjeveru, Ivančice i Kalnika na jugu, Ormoškog praga na zapadu i Legradskog praga na istoku. Varaždinski vodonosnik je izgrađen od kvartarnih, šljunkovito-pjeskovitih naslaga. U konceptualnom smislu razlikuju se dva vodonosna sloja koja su odijeljena slabopropusnim međuslojem. Prvi vodonosni sloj zaliježe do maksimalno 50 m dubine. Prosječna vrijednost hidrauličke vodljivosti ovog sloja je 300 m/dan. Slabopropusni međusloj sastoji se od gline i praha, a debljine je do 5 m. Drugi vodonosni sloj zaliježe do maksimalne dubine 100 m. Zapadno od crpilišta Varaždin isklinjava. U litološkom sastavu vodonosnika ima nešto više sitnozrnatijeg materijala. Vrijednost hidrauličke vodljivosti ovog sloja kreće se od 90 do 140 m/dan. Krovinu vodonosnog sustava čine prašinasto-glinovito-pjeskovite naslage čija debljina se kreće od 0,0 do 2,0 m. Podina vodonosnika se sastoji od gline, praha i lapora. Drava je usjekla korito u vlastiti nanos i u izravnoj je hidrauličkoj vezi s podzemnim vodama. Prirodni odnos rijeke i podzemne vode bitno je izmijenjen izgradnjom akumulacijskih jezera za potrebe hidroelektrana Varaždin i Čakovec. Akumulacijska jezera prihranjuju podzemne vode. Drugi izvor prihranjivanja vodonosnika su oborine, čija prosječna količina iznosi preko 850 mm/god. Na crpilištu Bartolovec se pomoću osam zdenaca zahvaća 220 l/s vode, na crpilištu Vinokovščak pomoću tri zdenca 120 l/s, a na crpilištu Varaždin pomoću jednog zdenca 50 l/s.

Metodologija

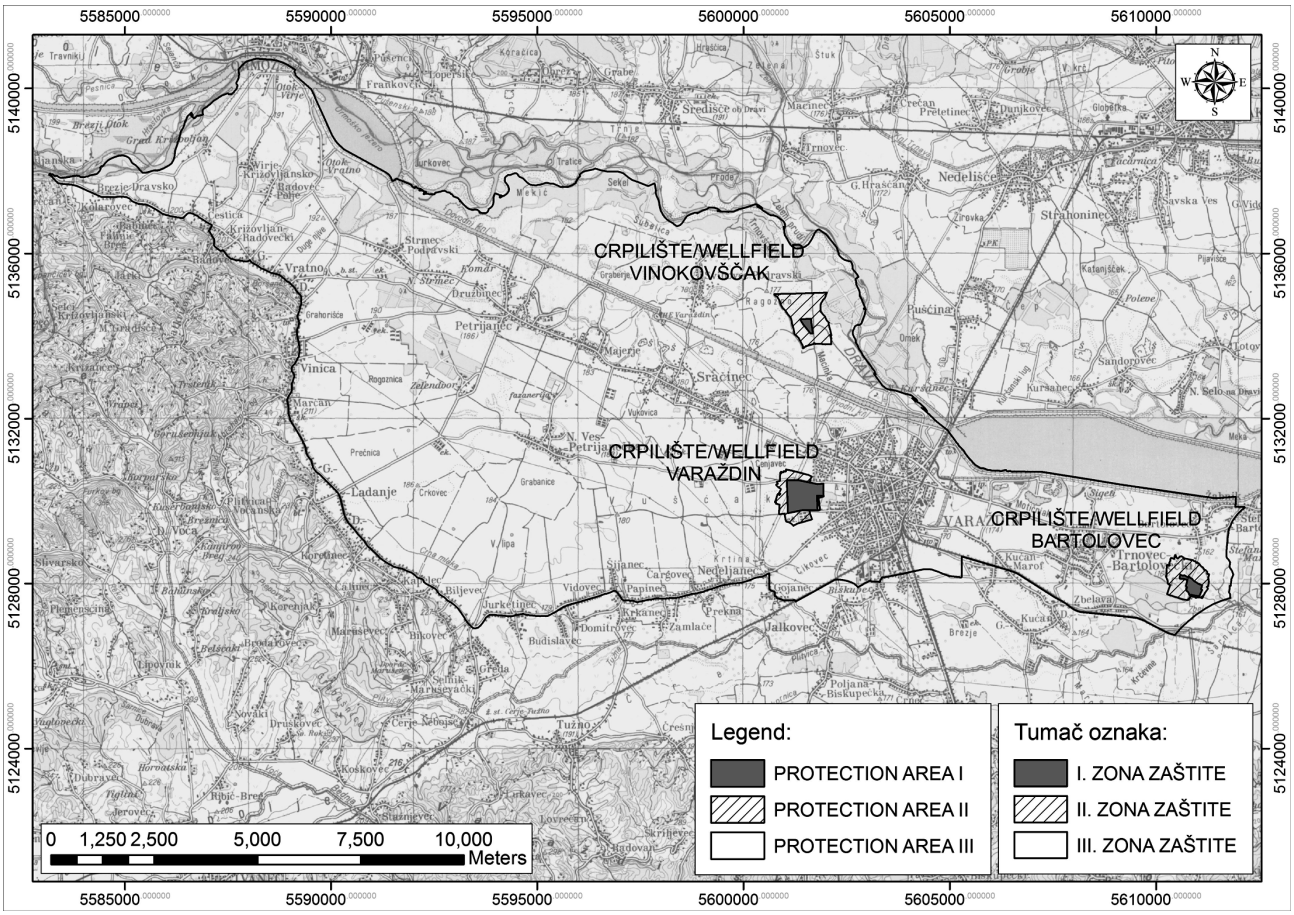
Za simulacije toka podzemne vode odabran je MODFLOW program (McDonald & Harbaugh, 1988), a za simulacije trasiranja čestica odabran je MODPATH program (Pollock, 1989). Programi MODFLOW i MODPATH su sastavni dio programskog paketa Visual Modflow Pro 4.3.

Konceptualni model rubnih granica modela opisan je u hidrauličkom smislu nepropusnom granicom na jugu i zapadu prema Maceljskom gorju, Ravnoj gori i Varaždinsko-topličkom gorju, granicama poznatog potencijala na sjeveru koje čine rijeke Drava i Ormoško te Varaždinsko jezero i granicom otjecanja na istoku. Granicom poznatog potencijala opisan je i odvodni kanal HE Varaždin koji predstavlja jedan od dominantnih graničnih uvjeta varaždinskog vodonosnika i koji u velikoj mjeri utječe na smjerove gibanja podzemne vode u vodonosniku. Prosječna horizontalna diskretizacija domene modela iznosila je 100m×100m dok su područja od većeg interesa imala diskretizaciju 50m×50m. Osnovna vertikalna diskretizacija domene modela bazirana je na hidrogeološkoj konceptualizaciji, što znači da je sustav u osnovi podijeljen na 3 sloja: prvi vodonosni sloj, proslojak i drugi vodonosni sloj. S obzirom na raspoloživa mjerenja vodostaja Drave na dnevnoj bazi, vremenski interval u simulacijama iznosio je 1 dan. Tok podzemne vode simuliran je za razdoblje od 2004. do 2006. godine i za to razdoblje je model kalibriran. Trogodišnje razdoblje je bilo dovoljno dugo da se vidi kretanje trendova odnosno eventualno odstupanje generalnih trendova simuliranih vrijednosti u odnosu na mjerene vrijednosti razina podzemne vode. Kalibracija je provedena na 85 piezometara. Greška bilance mase je u simulacijama za sve stresne periode bila unutar 2% što čini rezultate simulacija prihvatljivim.

S obzirom da se zone zaštite vodocrpilišta trebaju odrediti za razdoblje visokih i niskih voda, na osnovu analize nivograma piezometara, simulacije trasiranja čestica napravljene su za 01.06.2006. (visoke vode) i za 07.02.2005 (niske vode).

Rezultati i zaključci

Koristeći rezultate simulacija trasiranja čestica unatrag (*Backward particle tracking*) izvršila se delineacija II. i III. zone zaštite vodocrpilišta Varaždin, Bartolovec i Vinokovščak. III. zona zaštite obuhvaća područje izvan granice II. zone do granice izračunatog područja napajanja dok II. zona zaštite obuhvaća područje izvan granice I. zone do linije od koje podzemna voda ima minimalno vrijeme zadržavanja u



Slika 1. Zone sanitarne zaštite vodocrpilišta (BAČANI & POSAVEC, 2008).
Figure 1. Wellhead Protection Areas (BAČANI & POSAVEC, 2008).

podzemlju od 50 dana prije ulaska u vodozahvatni objekt. U izradi konačnog prijedloga II. i III. zone zaštite korištene su smjernice prema kojima zone zaštite ne smiju biti manje od zona dobivenih simulacijama trasiranja čestica za niske i visoke vode niti smiju u znatnijoj mjeri odstupati od njih, te prema kojima granice zona zaštite trebaju pratiti prometnice, putove, građevinska područja naselja i katastarske čestice zbog mogućnosti lakšeg označavanja i uočavanja oznaka (Sl. 1). Za izradu prijedloga I. zone zaštite korišteni su katastarski planovi (M 1:1000). Prema pravilniku, I. zona zaštite mora biti udaljena od građevina za zahvat vode najmanje 10 m na sve strane i mora biti ograđena.

U cilju efikasne zaštite količine i kakvoće podzemnih voda načinjen je prijedlog sanacije na postojećim objektima. Provedba sanacije predviđena je u dvije faze. Prva faza sanacije obuhvaća I. i II. zonu. Valja spriječiti izgradnju proizvodnog sadržaja, a forsirati zadržavanje svih neizgrađenih površina u funkciji proizvodnje "zdrave" hrane ili rekreacije, ali bez za okoliš potencijalno opasnih sadržaja. Potrebno je odmah izgraditi nepropusnu kanalizaciju tamo gdje je nema, a postojeću sanirati. Važno je zabraniti šljunčarenje i sanirati napuštene šljunčare, kao i divlja odlagališta. Nadalje, potrebno je sve registrirane potencijalne zagađivače zakonom prisiliti na obvezu pročišćavanja otpadnih voda. Treba odrediti vrstu i količinu agrotehničkih sredstava dozvoljenih za korištenje u poljoprivredi. Odvodnju prometnica treba staviti u funkciju, a čišćenje prometnica zimi obavljati uz korištenje kamene drobine s minimalnom upotrebom soli ili drugih kemijskih preparata.

U drugoj fazi sanacije sve navedeno potrebno je provesti na čitavom slivnom području grada.

LITERATURA

BAČANI, A. & POSAVEC, K. (2008): Elaborat o zaštitnim zonama izvorišta Varaždin, Bartolovec i Vinokovščak.– Fond stručnih dokumenata RGN fakultet.

McDONALD, M.G. & HARBAUGH, A.W. (1988) A modular three-dimensional finite-difference ground-water flow model.– U.S. Geological Survey Techniques of Water-Resources Investigations, book 6, chap. A1, 586 p.

POLLOCK DAVID, W. (1989): Documentation of computer programs to compute and display pathlines using results from the U.S. Geological Survey modular three-dimensional finitedifference groundwater flow model.– U.S. Geological Survey Open-File Report 89–381, 188 p.

Hidrogeološki uvjeti ostvarenja višenamjenske akumulacije Bjelolasica

Hydrogeological conditions of realization of multi-purpose reservoir Bjelolasica

Božidar Biondić[1], Ranko Biondić[1], Tomo Novosel[2], Marijan Krsnik[2] & Hrvoje Meaški[1]

[1]Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet, Hallerova aleja 7, 42 000 Varaždin, Hrvatska
[2]Institut IGH d.d., J. Rakuše 1, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: Bjelolasica, višenamjenska akumulacija, hidrogeološki odnosi, izvor Vrelo
Key words: Bjelolasica, multi-purpose reservoir, hydrogeological relations, Vrelo spring

Uvod

Izvođenje višenamjenske akumulacije Bjelolasica zamišljeno je izgradnjom nasute brane 300-tinjak metara nizvodno od izvora Vrelo čime bi se stvorio uspor tečenju Jasenačkog potoka, odnosno formiralo akumulacijsko jezero koje bi sezalo do izvorišne zone i potapalo izvor Vrelo. Najveća dubina budućega akumulacijskog jezera je 10-tak metara kod pregradnoga mjesta.

Izvor Vrelo kaptiran je za potrebe Olimpijskoga centra Bjelolasica bušenim zdencem neposredno kod samoga izvora zahvaćajući vode izvora. Tijekom većega dijela godine kapacitet izvora je dostatan za potrebe Olimpijskoga centra, ali istjecanje na izvoru nedostatno je tijekom sušnih razdoblja, a izvor povremeno presuši što stvara velike probleme u osiguranju normalne vodoopskrbe Olimpijskog naselja, naselja Vrelo i Jasenak i skijaškog centra, koji treba velike količine vode za proizvodnju umjetnog snijega. Izgradnjom višenamjenske akumulacije omogućilo bi se zaustavljanje dijela velikih voda i produžilo normalnu vodoopskrbu tijekom sušnih razdoblja. Kada se govori o sušnom razdoblju na području Jasenka onda treba uzeti u obzir dva kritična razdoblja s vodom. To su ljetna sušna razdoblja, kada generalno nema padalina više mjeseci ili barem ne takovih koje utječu na pozitivnu promjenu bilance voda i zimska, kada je sve zamrznuto, a vodne rezerve u obliku snijega visoko u planinskom području, a upravo tada treba najviše vode za pripremu umjetnog snijega na skijalištima.

Hidrogeološki odnosi na lokaciji buduće akumulacije

Područje akumulacije je smješteno u jednom velikom strukturno-tektonskom bloku omeđenom jakim rasjedima sa sjeveroistočne i južne strane, koji su zasigurno imali utjecaj na otvaranje depresije krškog polja Bjelolasice. Bez obzira što na prostoru akumulacije ima rasjeda, ti rasjedi nisu regionalnog značaja kao prije navedeni, ali su zasigurno hidrogeološki važni, u prvom redu za nastanak jakog krškog izvora, koji je glavni izvor vode za akumulaciju. Važno je istaći da na području akumulacije karbonatnu podlogu izgrađuju dolomiti i vapnenački dolomiti gornje malmske starosti. Kvartar je za nastanak recentnih krških formi i formiranje prirodnih slivova i procesa okršavanja zasigurno najvažnije geološko razdoblje. Treba istaći da su značajnu ulogu pri tome imali i najmlađi, tzv. neotektonski pokreti, kada su već okršene mase karbonatnih stijena međusobno pomicane i kada su stvarani današnji vrlo kompleksni hidrogeološki odnosi u krškom području.

Prijelaz iz neogena u kvartar je karakterističan po postojanju brojnih jezera u dubokim depresijama u krškim područjima. Ova istraživanja su pokazala da jezerskih sedimenata ima i na Bjelolasici i to u desnom boku pregradnog mjesta. Tih sedimenata nema na površini terena, već su određeni u istražnim bušotinama na pregradnom mjestu. Debljina im je na pregradnom mjestu oko 14 m, ali može se pretpostaviti da je to bio ž'zaljev'' velikog jezera i da je debljina tih naslaga u središnjem dijelu daleko veća. Sastavom su to vapnenački pješčenjaci do siltiti, mjestimice vrlo čvrsti. Od tektonskih elemenata je važan blago reversni rasjed uzduž desnog boka doline, koji je registriran površinskim kartiranjem terena, geofizikom i istražnim bušenjem (NOVOSEL et al., 2006). Rasjed je pod oko 80^o nagnut prema sjeveru.

Za izgradnju višenamjenske akumulacije najvažniji je krški izvor Vrelo uzvodno od istoimenog sela. Ima veliku sezonsku amplitudu istjecanja, od nekoliko m^3/s do svega nekoliko l/s, u svakom slučaju nedovoljno za potrebe ambicioznog razvoja Olimpijskog centra Bjelolasica. Izvor Vrelo je jedini izvor vode za buduću akumulaciju. Izvire iz podzemnog krškog sustava kanala, čije se istjecanje bitno smanjuje tijekom ljetnih i zimskih sušnih razdoblja. Postojeća vodoopskrba Olimpijskog centra Bjelolasica je vezana za taj izvor i na njemu je do sada bilo dosta istraživanja, u sklopu kojih je izrađen i današnji eksploatacijski objekt dubine 60 m (IVIČIĆ, 2000).

Na mjestu pregrade su izvedena geofizička istraživanja i istražno bušenje s ispitivanjima vodopropusnosti metodom Lugeona u karbonatnim stijenama i metodom Lefranca u međuzrnskim sedimentima kvartarne starosti. Vodopropusnosti u dolomitima su vrlo niske, pa čak i na mjestima

rasjeda, koji su ispunjeni glinovitim materijalom. Niske vodopropusnosti je i jezerski sediment.

U desnom boku pregradnog mjesta je istražnim bušenjem utvrđeno postojanje podzemne vode, barem u vrijeme izvođenja bušenja. Obzirom na niske razine utvrđene vodopropusnosti radi se najvjerojatnije o procjednim podzemnim vodama s gradijentom od brdskog dijela profila prema koritu vodotoka, o čemu treba voditi računa u budućem razvoju projekta. Pojava podzemne vode je vezana za deluvijalni nanos i ne treba isključiti povezanost s razinama podzemne vode u karbonatnom masivu.

Inženjerskogeološka slika pregradnog mjesta je već u ovoj fazi istraživanja prilično jasna. Podlogu izgrađuju dolomiti s lećama i proslojcima dolomitičnog vapnenca (sloj 229/15; pukotine paralelne klivažu osne oplohe 195/76; pukotine okomito na strukturnu os "b" 122/81; Geološki indeks čvrstoće – GSI 64-81), ali stijenama podloge po geotehničkim svojstvima treba dodati i jezerske sedimente debljine do 14 m na desnom boku pregradnog mjesta. Tako izgrađenu podlogu prekriva deluvij na desnom boku i taj deluvij je najupitnijih geotehničkih karakteristika u odnosu na cijelo pregradno mjesto. Aluvijalnog nanosa na pregradnom mjestu ima jako malo, a stijene podloge su otvorene na samoj osi pregradnog mjesta.

Zaključak

Pregradno mjesto je geološki vrlo složeno, jer osim stijena podloge i deluvijalnog i aluvijalnog nanosa, na površini ima vidljivih ostataka jezerskih sedimenata prekrivenih deluvijalnim nanosom. Hidrogeološki je situacija nešto jasnija, jer gotovo sva ispitivanja vodopropusnosti u bušotinama pokazuju vrlo niski stupanj vodopropusnosti. Dolomiti u podlozi su vrlo niske vodopropusnosti, što potvrđuje pretpostavku generalne vododrživosti buduće akumulacije. Na nešto povećane vodopropusnosti treba računati na mjestima reversnih rasjeda prostiranja okomito na pregradno mjesto. Vodopropusnost jezerskog sedimenta je mjerenjima pokazano vrlo niska, pa s te strane ne prijeti opasnost gubitka vode. Druga je stvar s deluvijalnim nanosom, koji zbog heterogenog litološkog sastava ima promjenljive vrijednosti vodopropusnosti. U tim naslagama postoji i podzemna voda gradijentno usmjerena od brdskog područja prema vodotoku izvora Vrelo.

Inženjerskogeološke karakteristike stijena podloge su u svakom slučaju dobre u odnosu na planirani objekt. To se može reći i za jezerske sedimente u podlozi deluvijalnog nanosa, ali deluvijalni nanos opet može biti problematičan u odnosu na preuzimanje opterećenja planiranog objekta. Aluvijalnog nanosa ima vrlo malo na pregradnom mjestu, jer je u dnu korita vodotoka otvorena stijena podloge.

Prirodni uvjeti za izgradnju brane na planiranoj lokaciji su generalno povoljni, ali ima problema, koje treba tehnički rješavati u sklopu više faze projekta. To su generalno gledajući vodopropusnost i geotehničke karakteristike deluvijalnog nanosa za što treba definirati određena tehnička rješenja. Što se tiče stijena podloge treba računati na brtvljenje stijene duž geofizikom i istražnim bušenjem registriranih uzdužnih rasjeda.

LITERATURA

IVIČIĆ, D. (2000): Hrvatski olimpijski centar – Bjelolasica. Vodoistražni radovi u Jasenku.– Arhiv HGI, Zagreb.

NOVOSEL, T., BIONDIĆ, B., BIONDIĆ, R., MEAŠKI, H., PRELOGOVIĆ, E., KOLAČEVIĆ, M., KRSNIK, M & MIRKOVIĆ, O. (2006): Istražni radovi za višenamjensku akumulaciju Bjelolasica. Hidrogeološka istraživanja, geofizička istraživanja i istražna bušenja.– Arhiv Geotehnički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Varaždin.

Crpilište Ravnik – stanje i perspektive
Ravnik pumping site – status and perspective

Željka Brkić, Kosta Urumović & Maja Briški

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

Ključne riječi: razina podzemne vode, obnavljanje podzemne vode, specifična izdašnost zdenaca
Key words: groundwater level, groundwater recharge, specific capacity of wells

Uvod

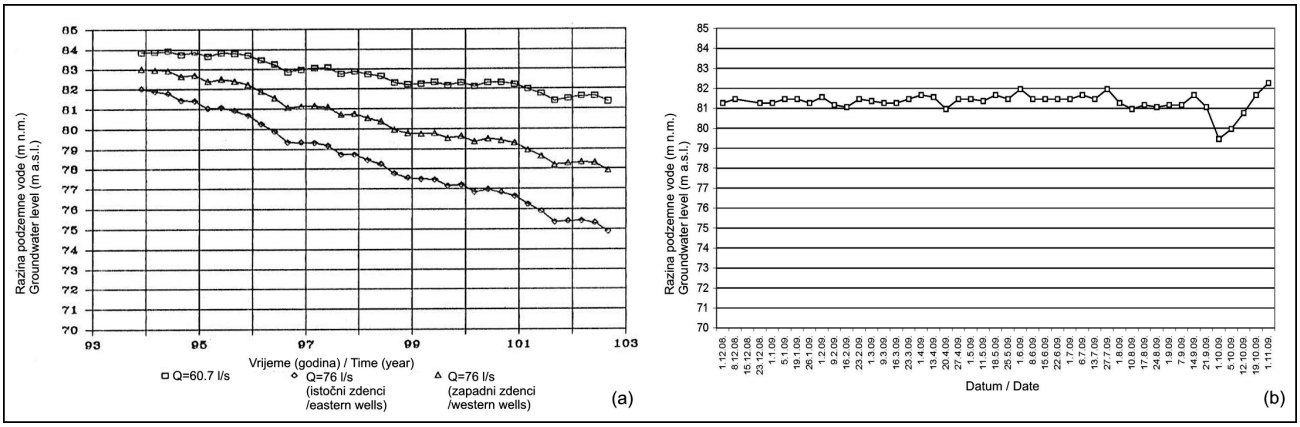
Crpilište Ravnik nalazi se u zapadnom dijelu Savskog bazena i smješteno je između jugozapadnih padina Moslavačke gore i autoputa Zagreb – Slavonski Brod. Sastoji se od 10 zdenaca, a u pogon je pušteno 1983. godine. Prosječna godišnja crpna količina je oko 62 l/s. Podzemna voda prirodno sadrži visoke koncentracije mangana i željeza zbog čega se voda prerađuje. Eksploatacija podzemne vode uzrokovala je razmjerno velika sniženja razine vode u crpnim zdencima što je tumačeno precrpljivanjem vodonosnika. Matematičkim modeliranjem strujanja podzemne vode utvrđeno je da se vodonosnik napaja infiltracijom padalina koja iznosi 14–15% prosječnih godišnjih padalina (URUMOVIĆ et al., 1993; BRKIĆ, 1995). Modeliranjem strujanja podzemne vode pri crpnoj količini od 60,7 l/s simulirane su razine vode kroz 9 godina. U ovom radu je prikazano današnje stanje razina podzemne vode na crpilištu i stanje crpnih zdenaca, te usporedba današnjih razina vode s onim simuliranim.

Hidrogeološki uvjeti zahvaćenog vodonosnika

Kvartarni vodonosnik zahvaćen na crpilištu Ravnik sastoji se od pijeska i šljunka koji izgrađuju propusne, te praha i gline koji izgrađuju polupropusne slojeve. Vodonosnik je poluzatvorenog tipa. Krovina vodonosnika sastoji se od polupropusnih glinovito-prašinastih naslaga unutar kojih se pojavljuju proslojci i leće pijeska. Ukupna debljina propusnih slojeva doseže 50 m, a debljina krovinskog polupropusnog sloja je između 30 i 50 m. Prosječna hidraulička vodljivost vodonosnika varira od 7 do 16 m/dan, transmisivnost od 220 do 560 m^2/dan, a koeficijent uskladištenja je oko 0,0015. Prosječna vertikalna hidraulička vodljivost krovinskih naslaga je u rasponu od 0,003 do 0,005 m/dan, a efektivna poroznost 0,03–0,09. Napajanje vodonosnika odvija se infiltracijom padalina koja je procijenjena na 14-15% prosječnih godišnjih padalina (URUMOVIĆ et al., 1993; BRKIĆ, 1995).

Razine podzemne vode

Za razdoblje od 1994. do 2003. godine simulirane su tri varijante rada crpilišta Ravnik (URUMOVIĆ et al., 1993). U prvoj varijanti pretpostavljen je rad crpilišta s ukupnom izdašnosti od 60,7 l/s, a ostale dvije varijante su se odnosile na simulaciju rada crpilišta sa 76 l/s ali s uključivanjem zdenaca na različitim lokacijama. Rubni uvjet infiltracije padalina pretpostavljen je u iznosima 14–15% prosječnih godi-



Slika 1. Razina podzemne vode u piezometru MP-9: simulirana razina podzemne vode na matematičkom modelu (a) i razina podzemne vode u 2009. godini (b).
Figure 1. Groundwater level in the piezometer MP-9: simulated groundwater level on the mathematical model (a) and groundwater level in 2009 (b).

šnjih padalina. Budući da prva simulirana varijanta odgovara crpnoj količini koja se danas eksploatira načinjena je usporedba današnjih razina podzemne vode s onim simuliranim prema prvoj varijanti simulacije rada crpilišta.

Razine podzemne vode u crpnim zdencima niže su od onih simuliranih. Pod utjecajem su nelinearnih gubitaka koji su rezultat začepljenja zdenačkih sita kao posljedica njihovog starenja. U reduktivnim uvjetima, kakvi su u zahvaćenom vodonosniku crpilišta Ravnik, nakupljaju se željezovite bakterije koje zatvaraju zdenačka sita što za posljedicu ima smanjenje propusnosti sita i povećanje sniženja u zdencima (HLEVNJAK & VOJKOVIĆ, 1995). Međutim, razine podzemne vode u piezometru MP-9 danas su vrlo slične onim simuliranim prema prvoj varijanti simulacije. Pri ukupnoj crpnoj količini od 60,7 l/s simulirana razina podzemne vode u zadnjim godinama simulacije (2001–2002) u piezometru MP-9 iznosila je 81–82 m n.m, a tijekom 2009. godine u prosjeku se nalazi na istim kotama pri prosječnoj crpnoj količini od oko 62 l/s (slika 1).

Stanje crpnih zdenaca

S ciljem utvrđivanja današnjeg stanja crpnih zdenaca, 2009. godine je provedeno kratkotrajno pokusno crpljenje pojedinačnih zdenaca u trajanju od 60 minuta. Specifične izdašnosti zdenaca, izračunate na temelju ovih probnih crpljenja (q_3), uspoređene su sa specifičnim izdašnostima zdenaca izračunatim pri pokusnim crpljenjima nakon izgradnje zdenaca (q_1) i specifičnim izdašnostima dobivenim na bazi kratkotrajnog crpljenja provedenog 1992. godine (q_2). Iznos koeficijenta učinkovitosti, tj. odnos specifičnih izdašnosti (q_2/q_1, q_3/q_2 i q_3/q_1) upućuje na stanje zdenaca. Odnosom q_2/q_1 za zdence B-4, B-5, B-6 i B-7 dobiven je nizak koeficijent učinkovitosti (0.19–1.24) što upućuje na smanjenje kvalitete zdenca u tom razdoblju. Odnos q_3/q_2 za zdence B-5 i B-7 razmjerno je visok (0.91 i 0.97) što pokazuje da se njihovo stanje u posljednjih 18 godina nije bitno pogoršalo. Specifična izdašnost zdenca B-4 je od 1992. do danas smanjena za 60%, a zdenaca B-1A i B-6 za oko 50 %. Koeficijent učinkovitosti kao odnos q_3/q_1 za zdence B-2, B-3A, B-8 i B-10 je nizak što također upućuje na narušavanje njihove kvalitete.

Zaključak

Analizom razina podzemne vode na crpilištu Ravnik utvrđeno je ustaljenje razine vode u piezometrima koje se podudara s razinom podzemne vode prema provedenoj simulaciji strujanja podzemne vode pri prosječnoj crpnoj količini koja se na crpilištu danas eksploatira. Takva situacija upućuje na uspostavljanje ravnoteže između ukupnog crpljenja i napajanja vodonosnika. Niske razine podzemne vode u crpnim zdencima posljedica su njihovog "starenja" što pokazuju razmjerno niske vrijednosti specifičnih izdašnosti zdenaca i koeficijenata učinkovitosti. S obzirom na starost zdenaca, nameće se potreba izvedbe zamjenskih zdenaca. Budući je u planu izgradnja regionalnog crpilišta Osekovo u Lonjskom polju, južno od crpilišta Ravnik, te zbog uočene moguće povezanosti vodonosnika, posebna se pozornost treba posvetiti njihovom međusobnom utjecaju.

LITERATURA

BRKIĆ, Ž. (1995): O pristupu ocjeni obnavljanja podzemne vode na području Ravnik–Kutina.– 1. Hrvatski geol. kongres, Zbornik radova, knjiga, 1, 131–135.

HLEVNJAK, B. & VOJKOVIĆ, T. (1995): Reavitalizacija zdenca ugroženog djelovanjem željeznih bakterija na osječkom crpilištu. – 1. Hrvatski geol. kongres, Zbornik radova, knjiga 1, 207–210.

URUMOVIĆ, K., BRKIĆ, Ž. & ŠARIN, A. (1993): Eksploatacijski kapacitet crpilišta Ravnik. Konačno izvješće.– Inst. geol. istr., Zagreb.

Hidrogeološke karakteristike vodonosnika na budućem crpilištu regionalnog vodovoda kod Đurđevca

Hydrogeological characteristics of the aquifer on the future pumping site of the regional Waterwork in the Đurđevac area

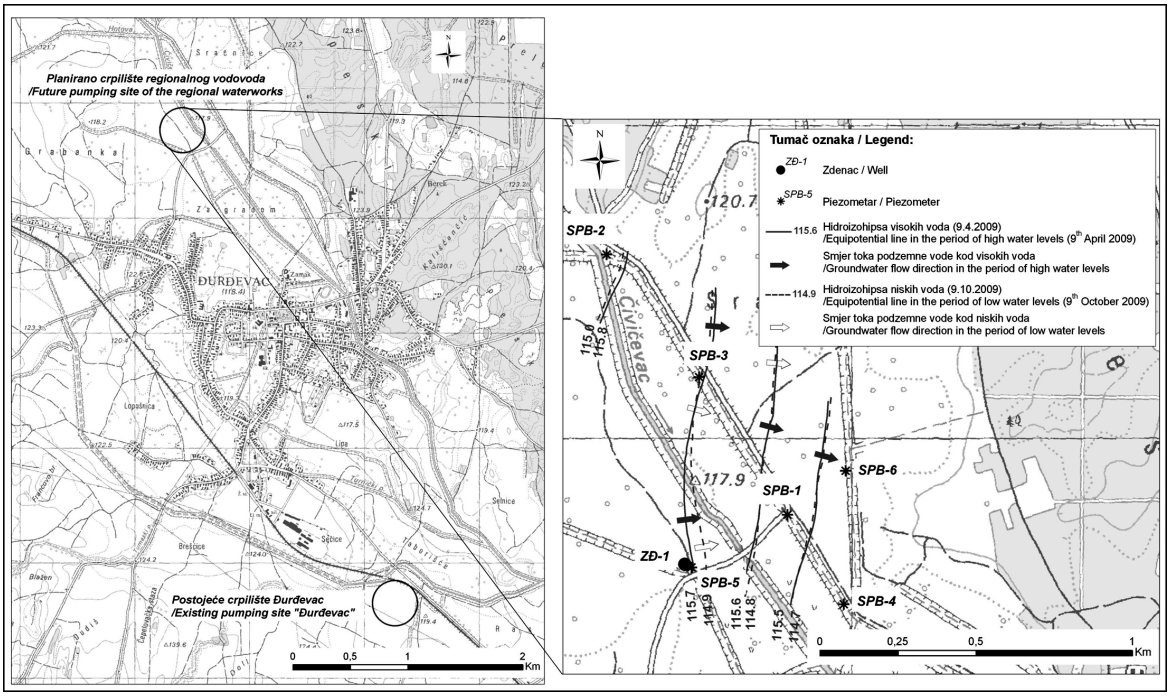
Željka Brkić[1], Kosta Urumović[1], Maja Briški[1], Željko Pekaš[2] & Ozren Larva[1]

[1]Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Hrvatska
[2]Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: litološki sastav vodonosnika, hidrogeološki parametri, tok podzemne vode
Key words: lithological composition of an aquifer, hydrogeological parameters, groundwater flow

Buduće crpilište regionalnog vodovoda kod Đurđevca smješteno je 1,5 km sjeverozapadno od grada Đurđevca i 3.9 km od postojećeg crpilišta Đurđevac (Sl. 1) uz južni rubni dio Dravskog bazena. Hidrogeološka istraživanja lokacije započeta su izvedbom 6 strukturno-piezometarskih bušotina dubine do 70 m (GEOISTRAŽIVANJE OSIJEK, 2008). Na temelju utvrđenih rezultata istražnog bušenja određena je lokacija pokusno-eksploatacijskog zdenca koja je smještena na udaljenosti 22,9 m od piezometra SPB-5. Bušenje zdenca ZĐ-1 izvedeno je bušenjem s povratnim zakretanjem zaštitne kolone (laviranjem) (FILBIS, 2010). Konstrukcija zdenca sastoji se od 27 m punih nehrđajućih čeličnih cijevi, 35 m sita od istog materijala, promjera 406 mm i veličine otvora 1 mm, 2 m taložnika, centralizera i kape zdenca. Nakon ugradnje konstrukcije zdenca provedeno je čišćenje i osvajanje zdenca, te pokusno crpljenje s tri crpne količine: 55, 80 i 100 l/s, kao i crpljenje sa stalnom količinom od 100 l/s. Hidrološki uvjeti tijekom pokusnog crpljenja odgovarali su razmjerno visokim vodostajima.

U litološkom sastavu vodonosnika dominira šljunak i pijesak sa udjelom sitnozrnatih materijala, uglavnom praha u iznosu do oko 20%. Valutice šljunka mjestimice dosežu i 7 cm. Krovinu vodonosnika izgrađuju prašinasto-glinovite naslage debljine od 2 do 6 m. Podina vodonosnika je na dubini od oko 65 m i sastavljena je od prašinastog sitnozrnatog pijeska. U prirodnim uvjetima vodonosnik je poluzatvorenog



Slika 1. Položajna karta budućeg crpilišta kod Đurđevca.
Figure 1. Location map of the future pumping site in the Đurđevac area.

tipa. Međutim, razina podzemne vode u uvjetima crpljenja oscilira oko granice krovine vodonosnika što uvelike otežava izbor odgovarajuće metode obrade podataka u cilju određivanja hidrogeoloških parametara.

Analizom podatataka pokusnog crpljenja pomoću nekoliko metoda zaključeno je da prosječna vrijednost transmisivnosti vodonosnika iznosi oko 0,06 m²/s, a hidrauličke vodljivosti oko 0,001 m/s što, prema rezultatima prethodnih istraživanja na širem prostoru lokacije (URUMOVIĆ & ŠARIN, 1981; VODOEKSPERT, 2004), odgovara gornjim iznosima ovih parametara za to područje. Za definiranje parametara linearnih i turbulantnih gubitaka zdenca korišteni su podaci probnog crpljenja zdenca s tri crpne količine. Izdašnost u funkciji sniženja može se izraziti jednadžbom $s = BQ + CQ^2$, gdje B predstavlja vrijednost linearnih gubitaka (s/m^2) i opisuje gubitke u vodonosniku, a C vrijednost nelinearnih gubitaka (s^2/m^5), odnosno gubitaka na rubu konstrukcije zdenca koji prvenstveno ovisi o izvedbi zdenca (Jacob, 1950; Driscoll, 1995). Za proračun parametara *B* i *C* potrebno je riješiti sustav jednadžbi, koje se zasnivaju na svakoj crpnoj količini i pripadajućem sniženju. Proračun za zdenac ZĐ-1 daje: $B = 14{,}83\ s/m^2$ i $C = 44{,}05\ s^2/m^5$, pa je $s = 14{,}83Q + 44{,}05Q^2$. Na temelju parametara B i C može se izračunati sniženje u zdencu za bilo koju crpnu količinu. Crpljenjem zdenca ZĐ-1 u hidrološkim uvjetima kakvi su bili za vrijeme pokusnog crpljenja, s količinom od 100 l/s ostvareno je sniženje od 1,9 m. Hidrogeološki parametri vodonosnika i parametri zdenca dopuštali bi i znatno veću crpnu količinu, pa bi teoretski sa crpnom količinom od 150 l/s sniženje iznosilo 3,2 m.

Kontinuirano mjerenje razina podzemne vode na užem prostoru budućeg crpilišta provodi se od sredine siječna 2009. godine. Visoke razine podzemne vode zabilježene su početkom 2009. godine, a od ožujka 2009. nastupilo je odvodnjavanje vodonosnika koje je trajalo gotovo sedam mjeseci, sve do listopada. Ocrt hidroizohipsi (Sl. 1) ukazuje na tok podzemne vode prema istoku u skladu s regionalnim ocrtom razina podzemne vode. Napajanje vodonosnika odvija se infiltracijom padalina koja na ovom području iznosi oko 20% prosječnih godišnjih padalina (VODOEKSPERT, 2004).

Kakvoća podzemne vode zadovoljava uvjete zdravstveno ispravne vode za piće. Iako na ovom području mjestimice može biti povećanog sadržaja željeza i mangana u podzemnoj vodi, na istraživanoj lokaciji to nije utvrđeno. S obzirom na razmjerno malu debljinu krovinskih naslaga i njihov litološki sastav, vodonosnik je ugrožen od onečišćenja s površine terena, međutim u podzemnoj vodi antropogeni utjecaj nije utvrđen. Okolno područje pokriveno je poljoprivrednim površinama, a osim njih značajnijih onečišćivača nema.

Hidrogeološke karakteristike kvartarnog vodonosnika na lokaciji budućeg crpilišta regionalnog vodovoda kod Đurđevca su iznimno dobre. Visoki iznosi hidrogeoloških parametara vodonosnika upućuju na mogućnost zahvaćanja znatne količine podzemne vode koju treba definirati daljnjim istraživanjima.

LITERATURA

DRISCOLL, F.G. (1995): Groundwater and wells.– Johnson screens, St. Paul, Minnesota, ISBN 0-9616456-0-1, 108 p.

FILBIS (2010): Izrada pokusno-eksploatacijskog zdenca ZĐ-1 kod Đurđevca.

GEOISTRAŽIVANJE OSIJEK (2008): Izrada 6 istražnih bušotina na crpilištu regionalnog vodovoda Đurđevac.

JACOB, C.E. (1950): Flow of groundwater. – U: ROUSE, H. (ur.): Engineering Hydraulics. Wiley, New York, 321–386.

URUMOVIĆ, K. & ŠARIN, A. (1981): Studija o zaštitnim zonama crpilišta Đurđevac.– Inst.geol.istraž., Zagreb.

VODOEKSPERT (2004): Istraživanja u cilju definiranja eksploatacijskih zaliha podzemne vode na crpilištu Đurđevac.

Hidrogeološki potencijali Krekanskog neogenskog bazena

The hydrogeological potentiality of Kreka neogene basin

Milena Čavić

Geofizika d.o.o. Sarajevo, Bosna i Hercegovina
(m.cavic@geofizika.com)

Ključne reči: Hidrogeologija, geološka građa – sinklinalne strukture, hidrogeološki parametri, izdanske vode, mineralne vode, izvori, bunari, zagađivanje i zaštita podzemnih voda, vodni resursi
Key words: Hydro-geology, geological-synclinal structure, hydro-geological parameters aquifers, potable water, underground water, mineral water, springs, water wells, pollution and protection of underground water, water resources

U radu se daje prikaz hidrogeoloških potencijala Krekanskog neogenog bazena, a sam rad je rezultat dugogodišnjeg znanstvenog rada, kojim se sistematiziraju postojeća, odnosno dostupna znanstvena saznanja o navedenom terenu i daje doprinos novim znanstvenim saznanjima.

Na našem planetu voda pokriva gotovo ¾ njene ukupne površine, ali je očigledno da će voda postati strateška sirovina 21. vijeka. Prema *The UNESCO Courier* količina pitke vode po glavi stanovnika s kojom danas raspolažemo ne iznosi ni 50% količine koju smo imali prije samo 50 godina, a očekuje se i dalje smanjenje svjetskih rezervi vode. Ovo drastično smanjenje zaliha vode za piće rezultat je vrtoglavog porasta potrošnje pitke vode uslijed porasta broja stanovnika i samog standarda života, ali i brojnih industrijskih i otpadnih kemijskih onečišćenja.

Zahvaljujući intenzivnoj eksploataciji ugljena, kvarcnog pijeska, gline, građevinskog kamena, kao i drugih nemetaličnih mineralnih sirovina, geološka i hidrogeološka istraživanja Krekanskog bazena odvijaju se već više od 100 godina. Za potrebe pronalaženja optimalnog načina odvodnjavanja, kao i za potrebe vodoopskrbe izvedena su detaljna istraživanja i u sjevernom i južnom sinklinoriju Krekanskog bazena.

U ovom radu prikazane su geološko-tektonske i hidrogeološke karakteristike Krekanskog ugljenog bazena i Sprečkog polja. Na osnovu postojećih i dostupnih podataka analizirani su hidrogeološki potencijali Krekanskog neogenog bazena i data zaključna razmatranja, kao i smjernice u kom pravcu treba usmjeriti dalja istraživanja.

S obzirom na aktualnost problematike koja je tretirana u ovom radu ostaje aktualna dalja nadogradnja ove materije. Prije svega, dalja istraživanja treba usmjeriti ka manje istraženim (istočnim) dijelovima bazena, području Malina, zatim trijaskih vapnenaca i pijesaka neogenske i kvartarne starosti.

Posebna pažnja se treba posvetiti zaštiti podzemnih voda.

Problem definiranja zaštitnih zona izvorišta u karbonatnim naslagama Papuka

Definition of groundwater protection areas in carbonate deposits of Papuk

Željko Duić & Branko Hlevnjak

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

Ključne riječi: podzemna voda, vodonosnik, krš
Key words: groundwater, aquifer, karst

Vodoopskrbni sustav Orahovice koristi tri aktivna izvorišta. Najstarije je izvorište Tisovac na obroncima Papuka, zahvaćeno 1970. godine pri osnivanju vodoopskrbnog sustava. Drugo je Toplica koje je priključeno na vodoopskrbni sustav 1991. godine, a treće je crpilište Fatovi, koje zahvaća aluvijalni kvartarni vodonosnik. Za izvorišta iz krških vodonosnika, kao što je slučaj s vodonosnikom izvorišta Tisovac i Toplica na obroncima Papuka, Pravilnikom o utvrđivanju zona sanitarne zaštite izvorišta (NN 55/02) predviđene su 4 zone, koje su definirane uzimajući tri osnovna kriterija: brzina podzemne vode, vrijeme zadržavanja i hidrogeološka analogija. Prve dva su raširena za predjele raširenih krških ponora i predjela gdje se ostvaruju koncentrirani tokovi i vrlo daleke komunikacije podzemnih voda s izraženim pojavama ponora preko kojih je izvodivo trasiranje podzemnih voda. U slijevnom području papučkih izvorišta to nije slučaj iako se radi o krškom vodonosniku.

Na lokaciji izvorišta Tisovac dolomiti i dolomitični vapnenci srednjega trijasa (T_2) predstavljaju najmarkantniji i najinteresantniji stijenski kompleks u hidrogeološkom smislu. Ove stijene kontinuirano su se taložile na stijene donjeg trijasa. U petrografskom smislu prevladavaju dolomiti i dolomitični vapnenci te podređeno vapnenačke breče (JAMIČIĆ et al., 1986). Vapnenci su dobro uslojeni. Dolomiti su krupnokristalaste građe i slojevitost im se teže zamjećuje. Često puta su izluženi i šupljikavi. Osnovna im je strukturna osobitost da su intenzivno ispucali i zbog strukturne poremećenosti (boranje i rasjedanje) zdrobljeni. Tako su nastale brojne pukotine (sustavi pukotina) koje uvjetuju i značajnu sekundarnu poroznost što je omogućilo i značajnije nakupljanje podzemnih voda u dolomitima. To omogućuje i značajnu vertikalnu komunikaciju, kao i vezu sa širim zaleđem u smislu napajanja dolomitno vapnenačkog vodonosnika. Iz geološkog je zemljovida (JAMIČIĆ & BRKIĆ, 1986) vidljivo da su sve opisane stijene koje uvjetuju pojavljivanje izvorišta Tisovac intenzivno borane i rasjedane. Pružanje struktura je generalno istok-zapad. Bore su prebačene do izoklinalne sa sjevernim vergencijama. U hidrogeološkom pogledu najznačajniji su reverzni rasjedi preko kojih su nagurane karbonatne stijene (dolomiti i vapnenci) na nepropusne stijene (klastiti donjeg trijasa i stariji metamorfiti) te je tako omogućeno značajnije nakupljanje i istjecanje podzemnih voda na tektonskoj granici karbonati-klastiti, odnosno metamorfiti.

Rubne predjele sjevernih padina Papuka u kojima je razvijeno izvorište Toplica izgrađuju miocenske naslage koje su pretežito predstavljene laporima različitih varijeteta, od vapnenih lapora i laporovitih vapnenaca do glinovitih lapora i laporovitih glina. Naliježu na temeljno gorje izgrađeno od metamorfnih stijena paleozoika i karbonatnih stijena trijasa. Cijela struktura je zahvaćena intenzivnom tektonikom uslijed koje su slojevi poremećeni, izlomljeni, naborani pa im je prividna debljina mjestimice reducirana, a mjestimice povećana. Pojava vodonosnika u miocenskim naslagama naslućena je na temelju registrirane strukture naslaga i vodnih pojava, odnosno registriranih zona poniranja vode u gorju Papuka i tragovima izviranja na sjevernom rubu padina. Realnom djeluje pretpostavka da se heterogena vodonosna sredina mogla formirati u vapnenačkim naslagama miocena (URUMOVIĆ et al., 2009). Tu su u pravilu najznačajnije srednjomiocenske badenske naslage koje transgresivno naliježu na osnovno gorje. U njima važnu ulogu imaju litotamnijski vapnenci i brečokonglomerati, koji su transgresivni na temeljno gorje i u kojima je razvijena primarna i sekundarna poroznost uslijed čega mogu drenirati vode iz pukotinskog sustava temeljnog gorja. Na površini se lako troše i podložni su formiranju ponikava manjih dimenzija u kojima ponire voda. Na njima naliježu sarmatske naslage, u kojima se pojavljuju pretaložene tortonske naslage i tanko uslojeni ispucali vapnenci koji također mogu predstavljati vodonosnu sredinu. Iznad njih slijede naslage koje su pretežito laporovitog razvitka, ali su ponegdje u vapnenom razvoju pa se u pojedinim predjelima zapaža i njihovo okršavanje. Ove potencijalne vodonosne sredine su heterogene, prelaze u laporovite i glinovite naslage. Na izvorištu Toplica postoji samo jedan vodozahvatni objekt. To je zdenac BT-1, bušen i testiran u prosincu 1990. godine. Ukupna dubina bušenja iznosila je 85 m, a sito zdenca je na intervalu 58,83 do 70,83.

U smislu zaštite podzemnih voda izvorišta Tisovac i Toplica glede geološke građe valja istaknuti da cjelokupni karbonatni masiv u zaleđu izvorišta zaslužuje najveću po-

zornost. Prema tome može se reći da su vodonosne stijene ispucali karbonati u kojima je slabo razvijena solucijska poroznost, pa je koncentracija tokova slabo izražena, a povezana je samo uz relativno snažnije pukotinske sustave koji površinski nisu toliko izraženi da bi se izabralo primjereno mjesto za upuštanje obilježivača u podzemlje. U takvim okolnostima nije bilo izvodivo trasiranje podzemnih voda. Posljedica je da se ne raspolaže s podacima o brzini kretanja i vremenu zadržavanja podzemnih voda, pa kao najbolji kriterij u određivanju vodozaštitnih zona preostaju hidrogeološki i geomorfološki uvjeti u izvorišnom okolišu i cjelokupnom slijevu kao jedini kriterij za određivanje pojedinih zona i njihovih granica. Granice pojedinih zona sanitarne zaštite u brdskim predjelima najviše su uvjetovane geomorfološkim prilikama i geološkom građom. Eventualnu pozornost zaslužuju i rasjedi pružanja paralelno s glavnim strukturama, tj. istok-zapad uz koje bi se moglo očekivati značajnije kretanje podzemnih voda prema izvorištu. To su postavke o kojima, uz geomorfološke prilike, valja voditi računa pri postavljanju granica pojedinih zona. Posebnu pozornost zahtijeva opažački sustav izvorišta koji treba u okviru mjera aktivne zaštite izvorišta obuhvatiti mjerenje protoka i fizikalno-kemijske i bakteriološke analize kakvoće podzemne vode.

LITERATURA

JAMIČIĆ, D. & BRKIĆ M. (1986): Osnovna geološka karta, M 1:100.000, list Orahovica.– Savezni geološki zavod, Beograd.

JAMIČIĆ, D., BRKIĆ, M., CRNKO, J. & VRAGOVIĆ, M. (1986): Osnovna geološka karta, M 1:100.000, Tumač za list Orahovica.– Savezni geološki zavod, Beograd, 72 str.

URUMOVIĆ, K., HLEVNJAK, B. & DUIĆ, Ž. (2009): Vodoopskrbni sustav Orahovica.– Elaborat o zaštitnim zonama izvorišta Toplica. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.

Ispitivanje utjecaja pražnjenja vodospreme Streljana u krško podzemlje na pojavljivanje zamućenja izvorišta Zvir u Rijeci

Determination of impact of discharge of the Streljana water reservoir on turbidity appearances on the Zvir spring in Rijeka

Franjo Dukarić[1], Ranko Biondić[2], Božidar Biondić[2] & Josip Kolarić[1]

[1]Hrvatski geološki institut, Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Hrvatska
[2]Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet, Hallerova aleja 7, 42 000 Varaždin, Hrvatska

Ključne riječi: upojna građevina, zamućenje vode izvora Zvir, trasiranje podzemnih tokova
Key words: Recharge well, Turbidity appearances on the spring Zvir, Groundwater tracing test

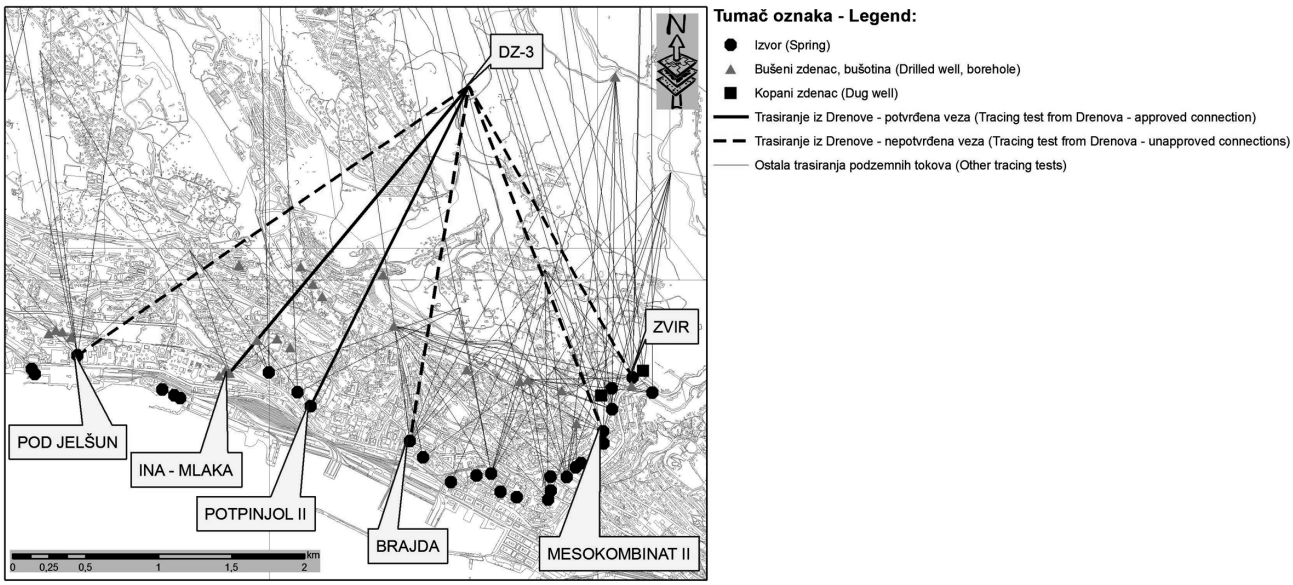
Uvod

Vodosprema Streljana na Drenovi predstavlja središnju građevinu riječkog sustava vodoopskrbe, koja se puni gravitacijskim cjevovodom iz povremenog izvora Rječine. Ukupna zapremina vodospreme iznosi 20.000 m^3. U razdobljima presušivanja izvora Rječine vodosprema se puni tlačnim cjevovodom iz stalnog izvora Zvir. Priobalni izvor Zvir ima najveću izdašnost na području "sliva izvora grada Rijeke" i čini okosnicu vodoopskrbe u uvjetima presušivanja izvora Rječine. To je snažno preljevno krško vrelo, koje se nalazi uz desnu obalu vodotoka Rječine na 2,50 m n.m., približno 1,40 km uzvodno od njezinog ušća u more. Najveća mu izdašnost iznosi 20,30 m^3/s. U sklopu izgradnje građevine izvedena su detaljna istraživanja u svrhu rješavanja problema upoja vode koji nastaje prilikom povremenih pražnjenja vodospreme i/ili gravitacijskog cjevovoda s izvora Rječine zbog čišćenja prašinasto-pjeskovitog taloga iz spremnika ili pri možebitnim nepredvidljivim kvarovima na objektima. Građevina vodospreme smještena je u morfološki izraženoj uleknini, oblikovanoj unutar izmjene dolomita i vapnenaca gornje kredne starosti ($K_2^{1,2}$), na nadmorskoj visini od 270 m.

Mikrolokacija zahvata nalazi se na dijelu JZ krila prevrnute antiklinale "strukturne jedinice Rijeka" (ŠIKIĆ et al., 1975). Dinarsko prostiranje (SZ-JI) ove strukture može se pratiti od Škalnice, preko Studene, Katarine, Trsata, Vežice i Kostrene dalje na JI sve do N. Vinodolskog. Tjeme antiklinale izgrađuju prelazne dolomitne breče ($K_{1,2}$) i izmjena dolomita i vapnenaca ($^2K_2^{1,2}$), a SI krilo debelo uslojeni do gromadasti rudistni vapnenci ($K_2^{2,3}$), te foraminiferski vapnenci ($E_{1,2}$). Na JZ dijelu krila nalaze se prelazne dolomitne i dolomitno-vapnenačke breče ($K_{1,2}$) u tektonskom dodiru. U biti, to je antiklinala velikog indeksa stisnutosti, a posljedica je tangencijalne tektonike. Antiklinala je uglavnom presječena mlađim neotektonskim subvertikalnim dijagonalnim i poprečnim rasjedima, smjera pružanja S-J i SI-JZ. Rasjedi i prateći pukotinski sustavi su uz združeno neprekinuto djelovanje krških procesa (erozije i korozije), omogućili stvaranje sekundarne poroznosti karbonatnih stijena i razvoj kanala i šupljina duž kojih se odvija velika raznovrsnost tokova podzemnih voda.

Zbog malog kapaciteta postojeće kanalizacijske mreže naselja Drenove za potrebe povremenog pražnjenja vodospreme Streljana izvedena je upojna građevina s mogućnošću kontroliranog upuštanja vode u krško podzemlje. Upojna građevina se sastoji od linijski poredanih pet (5) negativnih zdenaca, na međusobnom razmaku od 4 m te dovodnog betonskog korita koje je povezano s temeljnim ispustom preljeva vodospreme (DUKARIĆ & BIONDIĆ, 2001). Projektirana i izvedena dubina četiri upojna zdenca iznosi 20 m, dok jedan upojni zdenac ima dubinu od 17 m. Otvoreni presjek zdenaca iznosi 300 mm. Testiranje upojne građevine je obavljeno 10. listopada 2001. godine pražnjenjem vodospreme s poniranjem vode u negativne zdence. Prosječna količina poniranja vode u krško podzemlje je iznosilo 593,70 L/s (BRUSIĆ, 2001). Neposredno poslije ispuštanja vode u podzemlje naglo se pojavilo jako zamućenje izvorišta Zvir, što je bilo neočekivano i izazvalo veliku zabrinutost uprave KD Vodovoda i kanalizacije-Rijeka. Budući se u kratkom vremenu ispustila relativno velika količina vode u podzemlje, nametnula se sumnja i pretpostavka, da je testiranjem upojne građevine izazvana i sama pojava zamućenja izvorišta Zvir.

Kako bi se potvrdila ili odbacila pretpostavka o utjecaju pražnjenja vodospreme Streljana na moguće pojavljivanje zamućenja izvorišta Zvir i dobili egzaktni podaci (prostorni i vremenski) o tečenju ponirajuće vode unutar krškog podzemlja, obavljeno je trasiranje podzemne vode iz upojne građevine. Trasiranje Na-fluoresceinom je izvedeno iz zdenca DZ-3 u 11 sati 15. veljače 2002. godine s istovremenim ispuštanjem vode iz vodospreme. U upojne zdence je kontinuirano poniralo 150 L/s vode, ukupno 18.000 m^3 do potpunog pražnjenja vodospreme. Na osnovi podataka opažanja i rezultata analize uzoraka vode svih opažanih vodnih pojava utvrđeno je usko i koncentrirano istjecanje trasera s vodom prema priobalnoj izvorišnoj zoni Mlaka "sliva izvora grada Rijeke" (Sl. 1). U vladajućim hidrološkim prilikama privid-



Slika 1. Trasiranje podzemnih tokova iz upojne građevine vodospreme Streljana-Drenova.
Figure 1. Tracing test from recarge wells of the Streljana water reservoir-Drenova.

ne brzine podzemnih tokova prema izvoru Podpinjol i INA-zdencu bile su u rasponu od 1,22 cm/s do 1,43 cm/s, odnosno od 1058 m/dan do 1237 m/dan. Za vrijeme trasiranja i tijekom praćenja istjecanja trasera na priobalnim izvorima Riječkog zaljeva, istodobno se na izvorištu Zvir svakodnevno mjerila mutnoća izvorske vode koje su bile u dopuštenim granicama za pitke vode. Tijekom opažanja i mjerenja nije bilo kiša u području "sliva izvora grada Rijeke", koje bi utjecale na zamućenje izvorišta Zvir.

Zaključak

Temeljem polučenih rezultata, režim pražnjenja vodospreme Streljana treba biti kontroliran, najviše sa 150 L/s poniranja vode, kako se ne bi izazivalo turbulentno strujanje vode unutar krškog podzemlja, a time ispiranje pukotinskih sustava i šupljina, čime se uzrokuje jako zamućenje vode. Glavni vodoopskrbni izvor Zvir nije ugrožen s povećanom pojavom zamućenja izvorske vode s mjesta upojne građevine vodospreme Streljana-Drenova u uvjetima ispuštanja vode granično do 150 L/s u krško podzemlje (DUKARIĆ & BIONDIĆ, 2002). To potvrđuju, ne samo rezultati trasiranja, već i rezultati mjerenja mutnoće u izvorskoj vodi koji su se tijekom opažanja kretali unutar dopuštenih vrijednosti za pitke vode.

LITERATURA

BRUSIĆ, P. (2001): Informacije o pražnjenju vodospreme Streljana II.– Arhiv Teh-projekt hidro, Rijeka.

DUKARIĆ, F. & BIONDIĆ, R. (2001): Vodosprema Streljana.– Arhiv HGI, Zagreb.

DUKARIĆ, F. & BIONDIĆ, R. (2002): Upojna građevina vodospreme Streljana-Drenova. Trasiranje podzemne vode – hidrogeološka istraživanja.– Arhiv HGI, Zagreb.

ŠIKIĆ, D., PLENIČAR, M. & ŠPARICA, M. (1975): Osnovna geološka karta, list Ilirska Bistrica M 1: 100.000.– Arhiv HGI, Zagreb.

Optimalna metoda i trenutak revitalizacija zdenca ugroženog djelovanjem Fe bakterija

The optimal metod and moment of revitalization of well choked up by action of the ferrous bacteria

Branko Hlevnjak[1], Jasna Zima[2] & Vlado Skeležija[3]

[1]Rudarsko geološko naftni fakultet, Sveučilišta u Zagrebu, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Hrvatska
[2]Vodovod Osijek, Hrvatska
[3]HEP Plin Osijek, Hrvatska

Ključne riječi: podzemna voda, zdenac, željezo, željezne bakterije, revitalizacija zdenca, oxalna kiselina
Key words: underground water, well, iron, iron bacteria, revitalization of well, oxalic acid

U aluvijalnim vodonosnicima Drave i Dunava često se javljaju reduktivni uvjeti, pri kojima nastaje povišeni sadržaj željeza i mangana otopljenog u vodi. Ovakvi uvjeti pogoduju razvoju željeznih bakterija u zdencima. Bakterije se razvijaju na situ gdje je povećan sadržaj kisika, uz stalan dotok novih količina željeza i mangana. Bakterije svojim djelovanjem zatvaraju sito, stvarajući vlaknaste muljevite nakupine željeznog (manganovog) hidroksida. U tom procesu one oksidiraju dvovalentno u trovalentno željezo, koje onda obaraju kao željezni hidroksid u ili na njihovim ljepljivim oblogama. Brz rast bakterija i stvaranje velike količine materijala zatvara otvore na situ, zasipu, a ponekad i vodonosniku u neposrednoj okolini zdenca, te dovode do pada specifične izdašnosti. Na osječkom crpilištu je proveden niz revitalizacija ovako začepljenog zdenca s različitom tehnologijom izvođenja.

Osječko crpilište smješteno je u istočnom dijelu dravske potoline. Vodonosnik je izgrađen od aluvijalnih sedimenata Drave i Dunava. Naslage odgovarju riječnim terasama, praporima, močvarnim taložinama i deluvijalnim naslagama. Propusne naslage izgrađene su od jednoličnog sitno do srednjezrnastog pijeska u kojem se rijetko pojavljuju valutice šljunka, a polupropusni međuslojevi izgrađeni su od praha i gline. Debljina pojedinih propusnih, odnosno polupropusnih slojeva je dosta ujednačena, no ipak mjestimice dolazi do isklinjavanja pojedinih slojeva. Zahvaćeni su vodonosni slojevi relativno dobrih filtracijskih karakteristika. Zaliježu u dubinskom intervalu od 40 do 176 m, a netto debljina slojeva iznosi od 56 do 78 m. Sedimenti su taloženi u umjereno reduktivnim uvjetima koje karakteriziraju povišeni sadržaj željeza i mangana. Ovakvi uvjeti pogoduju razvoju željeznih bakterija u zdencima. Bakterije se razvijaju na situ gdje je povećan sadržaj kisika, uz stalan dotok novih količina željeza (mangana).

Prilikom provedenih analiza o stanju crpilišta 1992. godine ustanovljeno je da je došlo do degradacije kvalitete zdenca, koja je dovela do redukcije njihove učinkovitosti, posljedica čega je smanjenje izdašnosti. Koeficijent učinkovitosti zdenaca se kretao od 20 do 50 %. Zaključilo se da se ne radi samo o jednoj vrsti oštećenja, tj. da se radi o kompleksnim oštećenjima, koja bi se mogla izdvojiti u dvije grupe. U prvoj bi bila oštećenja uzrokovana anorganskim talozima, gdje se prvenstveno misli na karbonatne inkrusatate ($CaCO_3$, $MgCO_3$, $FeCO_3$). Također se pretpostavilo da se procesom eksploatacije pojavilo "navlačenje" glinovitosiltoznih frakcija navučenih u neposrednu okolicu zdenca, koje blokiraju efektivni porni prostor i time smanjuju propusnost vodonosnog sloja.

Kao drugo, pretpostavilo se da je to posljedica stvaranja organskih taloga djelovanjem Fe bakterija. Željezne bakterije razvijaju se u zdencu na situ, odnosno na izlazu iz sita gdje je povišen sadržaj kisika, a stalan dotok novih količina željeza (mangana) iz vodonosnika. U tom procesu one oksidiraju ione dvovalentnog u trovalentno željezo, upotrebljavajući stvorenu energiju za svoj rast i razvoj, akumulirajući pri tome velike količine željeznog hidroksida u ili na njihovim želatinoznim oblogama. Obaranje željeza i brzi rast bakterija stvara veliku količinu tvari koja se vrlo brzo širi, zatvarajući otvore na situ, u šljunčanom zasipu i porni prostor sloja u neposrednoj okolini zdenca, te dovode do pada specifične izdašnosti. Ponekad je njihov rast, a kao posljedica starenje zdenca, vrlo brz, dogodi se u nekoliko mjeseci.

Prva revitalizacija provedena je u tri etape. Provjera učinkovitosti kako pojedinih etapa revitalizacije, tako i ukupnog procesa, vršena je usporedbom specifične izdašnosti dobivene iz pokusnog crpljenja u koracima pri izradi zdenca, prije revitalizacije, poslije svake etape i na kraju revitalizacije. Prva je etapa imala za cilj uklanjanje oštećenja nastala stvaranjem organskih taloga (biomase). U ovom se postupku kao radni fluid u zdenac utiskivalo jako oksidacijsko sredstvo natrijev hipoklorit (NaOCl), stabiliziran natrijevim hidroksidom (NaOH), čime se trebao potaknuti oksidacijski proces

("otapanja") otklanjanja oštećenja od želatinozne bio-mase. Poslije ove etape specifična izdašnost je bila neznatno povećana što je upućivalo da vjerojatno još uvjek postoji začepljenje želatinoznom masom. Druga etapa imala je za cilj otkljanjanje eventualnih oštećenja nastalih stvaranjem anorganskih taloga karbonatnog porijekla ($CaCO_3$, $MgCO_3$, $FeCO_3$). Kao radni fluid u zdenac se utiskivala klorovodična kiselina (HCl) uz octenu kiselinu i uz dodatak inhibitora korozije. Po provedbi ove etape specifična izdašnost je nešto povećana. Pretpostavlja se da je tome uzrok bio relativno dugo mehaničko čišćenje koje je pogodovalo daljnjem otstranjivanju želatinozne mase, no upućivalo je da je učinak kiseline bio gotovo zanemariv. Treća etapa imala je za cilj uklanjanje glinovito siltoznih čestica navučenih u neposrednu okolicu zdenca, koja blokiraju efektivni porni prostor i time smanjuju propusnost vodonosnika. Ovdje se primjenjivala mješavina vode i Na-kiselog pirofosfata, koja razara kristalnu rešetku minerala gline, što omogućuje njezino iznošenje tijekom čišćenja. Iznošeno je mnogo suspendiranih koloidnih čestica glinovitog porijekla što je ukazalo na dobru djelotvornost pirofosfata. Uočena je podudarnost povećanja specifične izdašnosti sa smanjenjem sadržaja koloidnih čestica. Analizom uzoraka vode u labaratoruju Vodovoda Osijek je ustanovljeno da su se poslije ovog postupka ponovo pojavile željezne bakterije. Iz postignutih je rezultata bilo vidljivo da su osnovna oštećenja nastala djelovanjem željeznih bakterija.

Iz rezultata prikupljenih tijekom verifikacije rada crpilišta za razdoblje 1984. do 1994. ustanovljeno je da trenutak provođenja optimalne revitalizacije zdenca nastupa približno u trećoj godini rada zdenca, a da se stvarni trenutak treba odrediti stalnim praćenjem razine vode u zdencu, odnosno u onom trenutku kada počinje opadati učinkovitost zdenca. U ranijim revitalizacijama zapaženi su vrlo skromni učinci, odnosno vrlo brzo nakon revitalizacije specifična izdašnost padne na onu prije revitalizacije. Iako se može reći da je provedba ovih revitalizacija održavala kondiciju zdenca nešto iznad one koja bi bila da se revitalizacija nije provodila, ipak je zaključeno da ovaj način njezinog provođenja nije dovoljno učinkovit.

Na nekim susjednim crpilištima testirani su neki gotovi preparati, no uz visoku cijenu tijekom njihovog korištenja, ukazali su se neki nedostaci, pa se od njih odustalo. U novim se revitalizacijama koristi oxalna kiselina, kao sredstvo za uklanjanje željezovitih bakterija i dezinfekciju. Koristi se gotov preparat CLEARBORE tvrtke CLEARBOR PTY LTD. U prvoj se revitalizaciji koristila maksimalna koncentracija ovog preparata. Paralelno je provedena samo mehanička revitalizacija, kako bi se usporedila učinkovitost i trajnost obje metode.

Application of sintacs method in the recharge area of the Jadro and Žrnovnica springs

Primjena sintacs metode na područje napajanja izvora Jadro i Žrnovnica

Sanja Kapelj[1], Jelena Loborec[1], Janislav Kapelj[2] & Mirjana Švonja[3]

[1]University of Zagreb, Faculty of Geotechnical Engineering, Hallerova aleja 7, 42 000 Varaždin, Hrvatska
[2]Geo-Rudus, d.o.o., Đ. Popovića 13 – Šimunčevec, 10 360 Sesvete, Hrvatska
[3]Croatian Waters, Vukovarska 35, 21 000 Split, Hrvatska

Key words: aquifer vulnerability, karst, land use, SINTACS
Ključne riječi: ranjivost vodonosnika, krš, uporaba zemljišta, SINTACS

Karstic aquifers are well known for their vulnerability to groundwater contamination and many different types of antropogenic impact. The karst of Dinarides is manly open karst environment with characteristics such as a thin soil cover, mostly permeable overlaying deluvial sediments of karst poljes with swallov holes, dolines, shafts and sinkholes. In comparison with other types of aquifers, a rapid infiltration rate include point or diffuse recharge and underground flow throught a high permeability conduits and different size of fracture and cavernous systems.

A concept of groundwater vulnerability assessment quantifies the sensitivity of an aquifer to human activities impact on groundwater contamination (DORFLINGER et al., 1999; COST 620, 2004). One of the first approaches focused on aquifer vulnerability mapping was SINTACS scheme, established for hydrogeological, climatic and impact settings typical for the Mediterranean countries (CIVITA & DE MAIO, 2000). The procedure of the method incorporates seven parameters relevant for the contaminant attenuation capacity and vertical flow features: depth to groundwater, effective infiltration action, unsaturated zone attenuation capacity, soil/overburden attenuation capacity, hydrogeological characteristics of the aquifer, hydraulic conductivity range of the aquifer and hydrologic role of the topographic slope.

Jadro and Žrnovnica springs are a major source of fresh potable water area for the Split town and surrounding settlements. A recharge of springs is approximately 500 km^2 and mainly is composed of carbonate rocks, well permeable Mesozoic, Eocene and Perms limestones, dolomites and impermeable lower Triassic clastic deposits and Eocene flysch. Increasing anthropogenic pressures in inland part of recharge area and increasing trends of some contaminant content in spring waters initiated a comprehensive study which included detailed geological, morphological, structural, hydrogeological, geochemical and environmental isotope research. On the basis of obtained data selected parameters were presented in appropriate grid information layers scale 1:25.000 and processed by GIS following the SINTACS R5 standard scheme (CIVITA & DE MAIO, 2000). Also, standard scheme was modified within the hydraulic conductivity parameter layer by incorporation of the density of dolinas.

Applied modification decrease the area of extreme and very extreme vulnerability assessment of the karst aquifer and increase very small, small, medium and high vulnerability parts of the recharge area. Besides the fact that a modified approach enhanced land use potential, further tests and modeling procedures should analyses its implications on the protection of these very valuable groundwater resources.

REFERENCES

CIVITA, M. & DE MAIO, M. (2000): Valutacione e cartografia automatica della vulnerabilita degli acquiferi, all'inquinamento con il systema parametrico SINTACS R5, 248 p., Pitagora, Bologna.

COST 620 (2004): Vulnerability and risk mapping for the protection of carbonate (karst) aquifers. In: ZWAHLEN, F.: European Comission, Directorate – General for Research, European Research Area: structural aspects – COST, 279 p.

DORFLINGER, N., JEANNIN, P-Y, ZWAHLEN, F. (1999): Water vulnerability assessment in karst environments: a new method of defining protection areas using multi-atribute approach and GIS tools (EPIK method).– Environmental Geology, 39/2, 165–76.

Dubinska geologija – osnova istraživanja i proizvodnje geotermalne i mineralne vode u Republici Hrvatskoj

Understanding of deep geological settings – key of the exploration and production of geothermal and mineral waters in Republic of Croatia

Slobodan Kolbah

INA Naftaplin, Šubićeva 27, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: Istraživanje i korištenje geotermalne i mineralne vode, metode i rezultati, racionalno korištenje i zaštita okoline, ekonomika i legislativa, Panonski bazen Republike Hrvatske
Key words: Exploration and production of geothermal and mineral waters, methods and results, rational and environmental acceptable use, economy and legislative, Pannonian basin of Republic of Croatia

Geotermalna energija geotermalnih i mineralnih voda je važan i nedovoljno istražen i korišten resurs Republike Hrvatske. Ona je obnovljiv i za okoliš prihvatljiv lokalni izvor toplinske i električne energije, a ekonomski je posebno interesantna kao pokretač poljoprivredne, prerađivačke proizvodnje i turizma. Privredne aktivnosti se time ravnomjernije raspoređuju izvan gradskih središta Panonskog prostora Hrvatske.

Unatoč vrijednih saznanja sa brojnih prirodnih izvora, gdje se i manji dio potencijala koristi u energetske svrhe, njen glavni dio kod nas je vezan uz duboke naftonosne bazene, gdje se ležišta pretežito nalaze na dubinama preko tisuću metara. Tehnike istraživanja i proizvodnje proističu iz onih u naftnoj industriji, kojom je moguće dovoljno pouzdano razumjeti geološke odnose.

Sa stajališta Hrvatskog geološkog kongresa, središnjeg nacionalnog stručnog skupa, ovim izlaganjem upućujem apel na racionalno ponašanje prema istraživanju i proizvodnji geotermalne energije i korištenju odgovarajućih, većim dijelom raspoloživih informacija, metoda, postupaka i znanja. Razlog ovog apela je u aktualnoj praksi, gdje se u nekim domaćim ali i međunarodnim projektima već počelo ignorirati odnosno, ne koristiti i nedovoljno razumijevati pojedine dubinske podatke izvađene iz cjelovitog konteksta geotermalnog istraživanja i proizvodnje na velikim dubinama sedimentnih bazena Hrvatske. Takvo nestručno i neprofesionalno ponašanje dovodi do lako stečenih probitaka, oni najčešće ne vode do cilja ili ga uopće nemaju i sami su sebi svrha, pa za cijeli proces ima vrlo štetne posljedice.

Na primjeru geološkog segmenta projekta evidentiranja ležišta geotermalne i mineralne vode na prostoru sjeverozapadne Podravine, ovdje se žele naznačiti osnovni i minimalni elementi koje je danas moguće i nužno ugraditi kao osnovu za istraživanje ležišta geotermalnih i mineralnih voda. Iz takvih regionalnih projekata koji uključuju interpretaciju površinskih i dubinskih geoloških informacija iz bušotina zajedno sa ostalim geofizičkim mjerenjima, od kojih nam je na prostoru sjeverozapadne Podravine pored moderne gravimetrije, bila raspoloživa gusta mreža 2D i dijelom 3D seizmike. Informacije o hidrodinamičkim mjerenjima i geološko-fizikalnim parametrima potencijalnih ležišta omogućuje minimalno pouzdanu interpretaciju potrebnu za njihovo definiranje i nastavak istraživanja. U cjelovitom projektu evidencije rezervi u ležištima geotermalne i mineralne vode, geološka rješenja osnova su za tehničko, tehnološka, ekonomska i za okoliš prihvatljiva rješenja njihovog korištenja.

Osnovni elementi ovog geološkog modula projekta, gdje prostor sjeverozapadne Podravine zauzima gotovo desetak posto istražnih prostora i eksploatacionih polja INA-Naftaplina, odnosno prostora od prioritetnog interesa za istraživanje i proizvodnju ove domaće energetske sirovine, ukupne površine od gotovo trideset tisuća kvadratnih kilometara.

U ovom regionalnom rješenju, pored maksimalnog korištenja geoloških i geofizičkih informacija važno je spomenuti preko tristo detaljno obrađenih i korištenih dubokih bušotina. Na cijelom prostoru izrađene su strukturne karte po pet osnovnih nivoa geološke građe, pri čemu su po krovini mezozoika kartirane najznačajnije litološke cjeline važne za formiranje geotermalnih rezervoara. Zavaljujući tako detaljnoj strukturnoj interpretaciji izrađene su i karte debljina pet prisutnih geoloških jedinica: mezozoika, tercijarnih naslaga starijih od srednjeg miocena, panona, donjeg ponta, gornjeg ponta i mlađih naslaga. Posebno je interesantan prikaz analiza tektonskih elemenata i makro strukturnih jedinica, koji kontroliraju dubinsku građu ovog dijela sjeverozapadne Hrvatske. Unutar ovog prostora izrađuju se i detaljne zakonski definirane studije, elaborati o rezervama za niz geotermalnih objekata kao: Kutnjak-Lunjkovec, Velika Ciglena, Križevci i drugi.

Ovim izlaganjem želim skrenuti pažnju geološke struke na neophodno uvažavanje, vrednovanje i koordinaciju naših stručnih saznanja i odgovarajućoj interpretaciji raspoloživih informacija. Takav pristup jedina je osnova za realizaciju pozitivnih rudarskih načela i održivog okoliša, ne samo za ovu sirovinu. Uz susretljivost države, kvalitetne geološke podloge mogu pridonijeti povećanju ekonomske atraktivnosti uz povećanje pouzdanosti ulaganja u ove vrlo skupe i rizične projekte, kao pokretače ravnomjernijeg privrednog razvoja ove čiste i obnovljive domaće energije.

Trends in geothermal water utilization in Croatia

Trendovi korištenja geotermalnih voda u Hrvatskoj

Miron Kovačić & Staša Borović

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

Key words: geothermal water, geothermal energy, Croatia
Ključne riječi: geotermalna voda, geotermalna energija, Hrvatska

The first paper presenting a review of geothermal water utilization in Croatia was published 12 years ago (KOVAČIĆ & PERICA, 1998). Since then reviews were published two more times (KOVAČIĆ, 2001 and 2006). This paper aims at pointing out the trends in geothermal water utilization in Croatia in the past 13 years on the basis of the comparison between the data from aforementioned papers and field inspection in the beginning of the year 2010. Also, indications of future development are given taking in account both current trend and planned projects. The data used in this paper was acquired within the framework of the project "Geothermal map of the Republic of Croatia" (181-1811096-1790) financed by the Croatian Ministry of Science, Education and Sports.The locations where geothermal waters are already in use are categorized into two classes: natural springs and deep boreholes (Table 1). Natural springs are the locations where geothermal water naturally rose or still rises to the surface. In many of those locations intake structures and boreholes were established in order to advance production. In some of them natural springs don't exist in the present, which is a result of overuse. Deep borehole is a location class for places where there isn't, and there never was, a natural geothermal spring, so geothermal water is only found at greater depth in a borehole.

Table 1. Geothermal water utilization in Croatia in the year 2010.
Tablica 1. Načini korištenja geotermalnih voda u Hrvatskoj 2010. godine.

	TYPE OF FACILITY		
UTILIZATION	NATURAL SPRING	DEEP BOREHOLE	TOTAL
Recreation	14	3	17
Balneotherapy	7	2	9
Water heating	2	3	5
Space heating	4	4	8
Sanitary water	5	1	6
Fish aquaculture	2	1	3
Greenhouse heating	1	1	2
Table water	0	1	1
Mineral water	1	0	1
Public water-supply	1	1	2

This review includes geothermal waters in a wide temperature range – from subthermal to hyperthermal (Table 2). In locations with the lowest-temperature waters (18–20°C) fish aquaculture is developed, while the highest-temperature waters (68–98°C) are used, among other, for space heating. In most of the locations geothermal water is used in a variety of ways. For example, in Stubičke toplice water is used in six different ways, while in Sveta Nedjelja it is used in one single way. Due to the lack of space in this abstract, it was not possible to give a detailed description of utilization for each of the localities, so the data is summarized in the tables.

In some of the locations there are plans to increase production or use the water in more ways then is currently the case. Other than that, a great interest exists for geothermal water utilization in new locations in Croatia. The locations that went furthest in the planning of geothermal water and/or energy exploitation are Terme Zagreb (recreation), Draškovec (in Međimurje county – recreation, balneotherapy and

Table 2. Categorization of geothermal localities in Croatia on the basis of water temperature.
Tablica 2. Kategorizacija geotermalnih lokaliteta Hrvatske prema temperaturi vode.

Category	SUBTHERMAL	HYPOTHERMAL	HOMEOTHERMAL	HYPERTHERMAL
Temperature	13–20 °C	>20–34 °C	>34–38 °C	>38 °C
Natural spring	1	6	2	6
Deep borehole	0	4	0	6

Table 3. Geothermal water utilization in selected years in Croatia.
Tablica 3. Načini korištenja geotermalnih voda u Hrvatskoj u odabranim godinama.

	NUMBER OF SITES			
UTILIZATION	1998	2000	2006	2010
Recreation	15	18	20	17
Balneotherapy	10	10	9	9
Water heating	5	5	5	5
Space heating	8	8	8	8
Sanitary water	6	6	6	6
Fish aquaculture	2	2	2	3
Greenhouse heating	0	0	2	2
Table water	0	0	1	1
Mineral water	1	1	1	1
Public water-supply	2	2	2	2
Total number of sites (natural springs/deep boreholes)	24 (17/7)	24 (17/7)	27 (18/9)	25 (15/10)

space heating), Lunjkovec (in Podravina region – power generation), Velika Ciglena (in Bilogora region – power generation and cascade use of geothermal energy) and Šmithen (near the town of Samobor – recreation).

Table 3. shows that there was a maximum difference in recreational use of geothermal waters (15 locations in 1998, then 20 locations in 2006 and 17 locations in 2010). Changes are also visible in utilization for greenhouse heating, being that the water is only used for that purpose since 2006. The number of localities with other modes of utilization varies a little or there are no changes. The total number of locations also varies only slightly in the last 13 years (24–27 locations).

On the basis of reviewed data, one can infer that the modes of utilization, as well as the number of exploitation localities, tend to remain constant. If such trend persists, there is no reason to expect an increase in the number of localities or ways of utilization in the future. However, one should bear in mind that there are a number of sites with development plans in different stages of implementation. There is also a significant interest of foreign investors for geothermal energy utilization. Therefore, although the current trends don't indicate it, there exists a possibility for a significant increase in geothermal water utilization in the future, especially owing to favorable natural conditions.

REFERENCES

KOVAČIĆ, M. & PERICA, R. (1998): Stupanj korištenja geotermalnih voda u Republici Hrvatskoj.– "Hrvatske vode", 25, 355–361, Zagreb.

KOVAČIĆ, M. (2001): Temeljne geotermijske značajke Hrvatske i korištenje geotermalmnih voda u Hrvatskoj tijekom 2000. godine – Hrvatske vode, 9/25, 145–150, Zagreb.

KOVAČIĆ, M. (2006): Pregled sadašnjeg i naznake budućeg korištenja geotermalne energije u Republici Hrvatskoj.– Stručni skup s međunarodnim sudjelovanjem. Obnovljivi izvori energije u Republici Hrvatskoj, Zbornik radova / ŠČULAC-DOMAC, M. & VANČINA, F. (ur.). Hrvatska gospodarska komora, 167–174, Šibenik.

Vodoopskrbni potencijal jame Rokina bezdana

Water supply potential of the Rokina bezdana pit

Mladen Kuhta & Andrej Stroj

Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Hrvatska
(mladen.kuhta@hgi-cgs.hr)

Ključne riječi: Krš, jama, Rokina bezdana, vodoopskrba, Lika
Key words: Karst, pit, Rokina bezdana, water supply, Lika

Uvod

Jama Rokina bezdana nalazi se na JZ padinama masiva V. Kapele, neposredno iznad Stajničkog i Crnačkog polja. Prvi podaci o Rokinoj bezdani datiraju iz 1960. godine, kada su se u nju do dubine od 40 m spustili članovi Speleološkog društva Hrvatske (SDH). Prvo spuštanje do podzemnog vodenog toka izveli su članovi SO PDS "Velebit" 1967. godine (MALINAR, 1967). Intenzivna speleološka i speleoronilačka istraživanja započinju 1975. i praktički traju do danas. U njima su najaktivniji bili članovi speleoloških odsjeka planinarskih društava Velebit i Sutjeska, a kasnije Društva za istraživanje i snimanje krških fenomena (DISKF) iz Zagreba. Današnja istraživanja predvode članovi društva DISKF "Dinaridi", a prema njihovim podacima tlocrtna dužina istraženih kanala u jami je 850 m. Dubina jame od ulaza do nizvodnog sifona iznosi oko 127 m.

Atraktivnost objekta u kojem dominiraju 84 m duboka ulazna vertikala i snažan podzemni vodeni tok, a svakako i nalaz brojnih primjeraka čovječje ribice (*Proteus anguinus*), rezultirali su objavljivanjem niza članaka o jami i njenim značajkama (GARAŠIĆ, 1975, 1980; GARAŠIĆ & KOVAČEVIĆ, 1992, i drugi).

Novija speleološko-hidrogeološka istraživanja

Već duži niz godina razmatra se mogućnost hidroenergetskog iskorištenja poplavnih voda Stajničkog, Crnačkog i Drežničkog polja. U sklopu tih nastojanja Rokina bezdana istraživana je s ciljem prikupljanja podataka potrebnih za tumačenje hidrogeoloških odnosa između Stajničkog i Crnačkog polja. Tijekom tih istraživanja utvrđen je hipsometrijski položaj karakterističnih točaka jame i konstatirano povremeno dizanje razine vode ispod ulazne vertikale za 14,5 m iznad prosječne razine (KUHTA, 2000).

S druge strane informacije o postojanju stalnog i vrlo izdašnog podzemnog toka u jami pobudile su interes za korištenju tih voda. Važnu ulogu u tome imali su navodi o minimalnom protoku objavljeni u speleološkoj literaturi (GARAŠIĆ & KOVAČEVIĆ, 1992). U radu se eksplicitno navodi da je višekratnim mjerenjima u kanalu ispod ulazne vertikale konstatiran minimalni protok od 2 m^3/s. Pored toga spominje se da je voda po svim ispitivanim parametrima, uključujući i bakteriološke, izvrsne kakvoće. Vođena tim saznanjima prvo je INA pokrenula istražne radove s ciljem zahvata i izgradnje punionice izvorske vode. Nakon što su zbog vrlo lošeg programa istraživanja prvo utrošena značajna financijska sredstva na izvođenje pristupne ceste, bunara i piezometra, naknadno izvedenim jednostavnim speleološko-hidrogeološkim istraživanjima pokazalo se da voda u jami nije bakteriološki ispravna, te da se povremeno muti, pa se unatoč povoljnim kemijskim pokazateljima na kraju od punionice odustalo. Tijekom tih istraživanja nedvojbeno je dokazana podzemna vodna veza ponora na Stajničkom polju i vodenog toka u jami (2040 m, 24 sata, 2,36 cm/s; KUHTA, 2002). Budući da konstatirano bakteriološko onečišćenje podzemne vode uz adekvatni tretman ne predstavljaju problem za njeno korištenje u javnoj vodoopskrbi, naredna istraživanja izvedena su za potrebe Hrvatskih voda. Naime, tragom spomenutih navoda o velikoj minimalnoj izdašnosti, jama Rokina bezdana smatrana je potencijalnim izvorom za vodoopskrbu zapadnog, obalnog i otočkog dijela Ličko-senjske županije.

Vodoopskrbni potencijal

Već su prva mjerenja protoka u jami izvedena tijekom istraživanja u 2000. i 2002. godini pokazala da prijašnji podaci o minimalnoj izdašnosti nisu točni. Tako je 8. srpnja 2000. godine izmjeren protok od svega 293 L/s, premda u to vrijeme nisu vladale izrazito sušne hidrološke prilike. Nadalje, temeljem sedam mjerenja izvedenih tijekom 2002. godine zaključeno je da se protoci na razini 2 ili više m^3/s javljaju samo u vrijeme povišenih i visokih voda. Kada prestane poniranje vodotoka Jaruge na ponorima uz sjeverozapadni rub Stajničkog polja, a to se događa znatno prije pojave niskih voda, protok u jami je redovito ispod 0,6 m^3/s.

Utvrđivanje realne minimalne izdašnosti i procjena vodoopskrbnog potencijala Rokine bezdane bili su glavni ciljevi istraživanja izvedenih u razdoblju od mjeseca svibnja do studenog 2003. godine (MUNDA & KUHTA, 2003). Kroz to razdoblje u jami je organizirano kontinuirano praćenje razine podzemne vode u kanalu uzvodno od prvog sifona (svakih 120 minuta). Za to je korišten automatski mjerač

postavljen u postojeću piezometarsku bušotinu. Pored toga na vodomjernom profilu ispod ulazne vertikale izvedena su četiri mjerenja protoka pomoću hidrometrijskog krila, a pri svakom od njih prikupljani su uzorci vode za fizikalno-kemijske i mikrobiološke analize. Na osnovi izmjerenih podataka formirana je konsumpcijska krivulja temeljem koje su podaci kontinuiranog mjerenja razine transformirani u protok.

Poznato je da 2003. godinu obilježava izrazito dugo sušno razdoblje. U takvim okolnostima na većini krških izvora zabilježeni su višegodišnji minimumi. Prema podacima kišomjera u Brinju izrazito sušno razdoblje na području Rokine bezdane potrajalo je do 24. rujna kada su pale prve značajnije oborine. Zadnje mjerenje protoka u jami izvedeno je 17. rujna 2003. godine. Tom prilikom on je iznosio svega 84 L/s. Budući je do oborina 24. rujna razina vode opala za još 1 cm, prema konsumpcijskoj krivulji proizlazi da se protok smanjio na 70 L/s.

Nalazi provedenih analiza vode potvrdili su prethodne spoznaje o njenoj dobroj kakvoći s obzirom na fizikalno-kemijske parametre, ali i činjenicu da je u svim hidrološkim prilikama mikrobiološki onečišćena (ukupni i fekalni koliformi, fekalni streptokoki, pseudomonas aeruginosa). Ovdje treba naglasiti da je to česta pojava kod gotovo svih krških voda, a posebno u slučaju tečenja otvorenim kanalskim sustavima kao što je Rokina bezdana.

Zaključak

Provedena speleološko-hidrogeološka istraživanja pokazala su da se vode Rokine bezdane odlikuju vrlo dobrim fizikalno-kemijskim sastavom, a pojava prekomjernog bakteriološkog onečišćenja nije ograničavajući faktor njenog korištenja za javnu vodoopskrbu. Osnovni problem su daleko manje količine vode u sušnim razdobljima od onih navedenih u literaturi, a koje su ušle u i danas važeću plansku dokumentaciju. Tako se u Prostornom planu Ličko-senjske županije donesenom 2002. i nadopunjenom 2007. godine, pa i u radnoj verziji još neusvojenog Vodoopskrbnog plana, jama Rokina bezdana smatra potencijalnim izvorom pitke vode izdašnosti do 2 m^3/s. Činjenica je da su u jami zabilježeni minimalni protoci od svega 70 L/s, što je daleko ispod očekivanih količina. Nadalje, treba voditi računa i o tome da je jama poznato stanište čovječje ribice i endemične slatkovodne spužvice, pa su zbog njihove zaštite eventualno raspoložive količine vode i znatno manje.

LITERATURA

GARAŠIĆ, M. (1975): Proteus anguinus (čovječja ribica) pronađena u Rokinoj bezdani kod Jezerana.– Speleolog, 18, 22–23, Zagreb.

GARAŠIĆ, M. (1980): Rokina bezdana sigurno nalazište čovječjih ribica u Hrvatskoj.– Priroda, 58, 7/8, 186–190, Zagreb.

GARAŠIĆ, M. & KOVAČEVIĆ, T. (1992): Speleološki sustav Rokine bezdane u rješavanju hidrogeoloških odnosa u području Male i Velike Kapele (Lika).– Spelaeologia Croatica, 3, 15–22, Zagreb.

KUHTA, M. (2000): Izvješće o speleološkim radovima u jami Rokina bezdana kod Jezerana.– Arhiv Speleološkog kluba Željezničar, Zagreb.

KUHTA, M. (2002): Speleološki istražni radovi u Rokinoj bezdani i trasiranje ponora u Jezeranama.– Arhiv Speleološkog kluba Željezničar, Zagreb.

MALINAR, H. (1967): Na obali podzemne rijeke. Naše planine, 19/1–2, 10–12, Zagreb.

MUNDA. B. & KUHTA, M. (2003): Vodoistražni radovi za ocjenu količine i kakvoće vode na Rokinoj bezdani.– Arhiv Geoaqu d.o.o., Zagreb.

Istovremeno trasiranje ponora Rupa i bušotine DB-1 na Grobničkom polju

Simultaneous tracing tests of ponor Rupa and the borehole DB-1 on Grobničko polje

Mladen Kuhta, Tihomir Frangen & Andrej Stroj

Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Hrvatska
(mladen.kuhta@hgi-cgs.hr)

Ključne riječi: istovremeno trasiranje, Grobničko polje, Na-naphthionat, uranin
Key words: Simultaneous tracing, Grobničko polje, Na-naphthionate, Uranine

Uvod

Prikazana istraživanja su izvedena za potrebe novelacije zona sanitarne zaštite izvorišta pitke vode zahvaćenih na području grada Rijeke i u Bakarskom zaljevu, a financirana su od strane Hrvatskih voda, KD "Vodovod i kanalizacija" d.o.o. iz Rijeke i Primorsko-goranske županije. Prethodnim trasiranjem ponora Rupa 1974. godine potvrđena je podzemna vodna veza zapadnih rubova Grobničkog polja s izvorima Zvir i Marganovo u Rijeci (BIONDIĆ et al., 1977). Prvenstveno zbog nepostojanja adekvatne lokacije za upuštanje trasera, smjerovi i brzine otjecanja podzemnih voda s njegove jugoistočne strane do sada nisu bili poznati.

S obzirom na istovrsnu namjenu trasiranja i položaj istraživanih lokacija u bliskim hidrogeološkim sustavima, te iz toga proizašlu potrebu opažanja istih mjesta istjecanja, izvedeno je simultano trasiranje s dva različita trasera (KUHTA et al., 2009). Poznato je da rezultati takvih trasiranja najbolje prikazuju stanje u krškom vodonosniku. Već dugi niz godina u Hrvatskoj se trasiranja izvode pomoću uranina dok se ostali traseri gotovo i ne koriste. U ovom slučaju pored uranina, po prvi put je korišten Na-naphthionat ($C_{10}H_8NSO_3Na$, CAS broj 130-13-2).

Metodologija istraživanja

Istovremeno trasiranje ponora Rupa kod Gornjeg Jelenja i bušotine DB-1 na jugoistočnom rubu Grobničkog polja izvedeno je 14.02.2009. godine u optimalnim hidrološkim uvjetima, odnosno pri povlačenju visokog vodnog vala. Ponor Rupa trasiran je sa 75 kg Na-naphthionata. U vrijeme ubacivanja trasera u ponor je uviralo 379 L/s. U bušotinu je upušteno 50 kg uranina, koji je potom ispran sa 104 m^3 vode dopremljene cisternama. Uzorkovanje je organizirano na 19 lokacija, od izvora 3. maj u Rijeci do izvorišta Žminjci kod Bakarca. Neposredno nakon što se u njoj pojavila boja, u opažačku mrežu naknadno su uključeni izvori u krškoj depresiji Ponikve. Na izvorima u Rijeci uzorci su prikupljani 10, a na području Bakarskog zaljeva 24 dana. Intervali između uzorkovanja bili su od 6 do 24 sata i mijenjali su se kroz razdoblje opažanja. Na glavnim vodoopskrbnim izvorištima (Zvir, Martinšćica, Perilo-galerija), opažanje je bilo kontinuirano, a za to su korišteni terenski fluorometri (GGUN-FL, Albillia, Švicarska). Sva mjerenja i uzorkovanja obavili su djelatnici HGI-a.

Rezultati

Podzemna vodna veza ponora Rupa dokazana je s izvorima Mlaka, Rikard Benčić, Zvir i Marganovo (Tablica 1). Zanimljivo je da traser nije detektiran u vodi zdenaca unutar galerijskog vodozahvata Zvir II (uzorkovani su zdenci B-2, 3, 5 i 6), niti u kanalu izvora Školjić. Premda to može biti posljedica uzorkovanja u statičkim uvjetima, dobiveni rezultati upućuju na to da se bunari u galeriji pretežito napajaju

Tablica 1. Rezultati trasiranja ponora Rupa.
Table 1. Results of the ponor Rupa tracing test.

Izvor	Udaljenost (m)	Visina h(m.n.m.)	Vis. razlika Δh(m.)	Vrijeme do prve pojave (sati)	Max. prividna brzina (cm/s)	Max. konc. (mg/L)	Vrijeme do pojave max. konc. (sati)	Prividna brzina (cm/s)
Mlaka	6845	3	282	43	4,42	0,0541	51	3,73
Rikard Benčić	6890	4	281	31	6,17	0,0855	43	4,45
Zvir	6260	5	280	22	7,90	0,0948	30	5,80
Marganovo	6260	5	280	35	4,97	0,0395	43	4,04

Tablica 2. Rezultati trasiranja bušotine DB-1.
Table 2. Results of the borehole DB-1 tracing test.

Izvor	Udaljenost (m)	Visina h(m.n.m.)	Vis. razlika Δh(m.)	Vrijeme do prve pojave (sati)	Prividna brzina (cm/s)	Max. konc. (mg/L)	Vrijeme do pojave max. konc. (sati)	Prividna brzina (cm/s)
Perilo – Galerija	7555	5	300	147	1,43	0,0041	217	9,97
Perilo izvor	7810	1	304	51	4,25	0,0361	139	1,56
Jaz	7810	1	304	43	5,05	0,0352	139	1,56
Lovni enac	7740	0,5	304.5	59	3,64	0,0439	139	1,55
Podbok	8070	0	305	99	2,26	0,0266	165	1,36
Dobra	8815	1	304	91	2,69	0,0343	139	1,76
Dobnca	9215	1	304	75	3,41	0,0375	155	1,65
Uvala Crno	9890	0	305	123	2,23	0,0273	139	1,98
Ponikva	3845	105	200	47	2,27	0,2777	75	1,42
NESIGURNO								
Martinščica	7150	5	300	137	1,45	0,00019	183	1,09

iz nekog drugog sustava. Najveća prividna brzina toka od (7,9 cm/s) i koncentracija trasera (0,0948 mg/L) utvrđene su prema izvoru Zvir. Ove vrijednosti približno odgovaraju onima dobivenim pri trasiranju 1974. godine. Trasiranjem je potvrđena i prethodno konstatirana veza s bunarom-izvorom Marganovo (Tvornica papira). Ovom prilikom neupitno potvrđena veza prema izvorima Mlaka i Rikard Benčić, prethodno nije bila konstatirana.

Trasiranjem Bušotine DB-1 potvrđena je podzemna vodna veza jugoistočnog dijela Grobničkog polja s izvorima u području Bakarskog zaljeva (Tablica 2). Traser je u visokoj koncentraciji konstatiran na izvorima Jaz, Perilo i Lovrijenac u Bakru, te na izvorima Podbok, Dobra, Dobrica i u uvali Črno. Traser se nije pojavio samo na krajnjem opažanom izvoru Žminjci kod Bakarca, te na priobalnom izvoru Perilo u Kostreni. Najbrža vodna veza utvrđena je prema izvorima Jaz (5,05 cm/s) i Perilo (4,25 cm/s). Snažan drenažni pravac potvrđen je i prema zahvaćenim izvorima Dobra i Dobrica (2,69 i 3,41 cm/s). Veza vodozahvata Martinšćica s bušotinom DB-1 nije pouzdano utvrđena. Ukoliko se vrlo niske koncentracije trasera usvoje kao pokazatelji vodne veze, za što ima elemenata, prividne brzine toka su oko 1,45 cm/s.

Zaključak

Rezultati dobiveni pri trasiranju ponora Rupa pokazuju da se zapadni dijelovi Grobničkog polja dreniraju prema izvorima u gradu Rijeci. Okršenost karbonatnog vodonosnika je velika, a najveći dio podzemnog otjecanja usmjeren je prema vodoopskrbnom izvoru Zvir. S obzirom na to da su zabilježene prividne brzine toka vrlo slične onima dobivenim prethodnim trasiranjem, nalazi ovog testa neće bitno utjecati na postojeće granice zona sanitarne zaštite.

Trasiranjem bušotine DB-1 utvrđeno je da se jugoistočni dijelovi Grobničkog polja dreniraju prema izvorima u Bakarskom zaljevu. Prividne brzine toka su u rasponu vrijednosti koje su vrlo slične prosječnim vrijednostima na području Hrvatskog krša (srednja vrijednost 3,55 cm/s, medijan 2,3 cm/s; KUHTA & BRKIĆ, 2008). Nešto veće prividne brzine konstatirane su prema izvorima Jaz i Perilo. O tome treba voditi računa pri novelaciji zaštitnih zona vodozahvata Perilo, unatoč činjenici da su prema njemu utvrđene znatno manje brzine toka, a i koncentracija trasera je bila vrlo niska. Razlog tome su hidrogeološki uvjeti napajanja galerijskog zahvata i njegovo opažanje u statičkim uvjetima.

Relativno mala prividna brzina i vrlo niska koncentracija trasera na Martinšćici, premda je on ubačen u dovoljnoj količini, pokazuju da je napajanje tog vodozahvata vodama s jugoistočnog dijela Grobničkog polja vrlo malo. Nadalje, visoka koncentracija trasera zabilježena na izvorima u Ponikvama, koji se nalaze približno na pola puta između bušotine i opažanih izvorišta u Bakarskom zaljevu, pokazuje da se najveća disperzija trasera događa u nizvodnom dijelu vodonosnika.

LITERATURA

BIONDIĆ, B., GOATTI, V. & VULIĆ, Ž. (1977): Vodoistražni radovi Rijeka.– Fond stru. dok. HGI, Zagreb.

KUHTA, M. & BRKIĆ, Ž. (2008): Water Tracing Tests in the Dinaric Karst of Croatia. Integrating Groundwater Science and Human Well-being. In: TANIGUCHI, M., YOSHIOKA, R., SINNER, A., AURELI, A. (ed.): Proceedings CD, Toyama, Japan.

KUHTA, M., FRANGEN, T. & STROJ, A. (2009): Vodoistražni radovi. Trasiranje tokova podzemne vode s Grobničkog polja. Ponor Rupa u Donjem Jelenju. Bušotina DB-1.– Fond stru. dok. HGI, Zagreb.

Rezultati ponovljenog trasiranja Markovog ponora na Lipovom polju

Results of the repeated tracing test of the Markov ponor on the Lipovo polje

Mladen Kuhta, Andrej Stroj & Franjo Dukarić

Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Hrvatska
(mladen.kuhta@hgi-cgs.hr)

Ključne riječi: trasiranje, Markov ponor, Lipovo polje
Key words: tracing, Markov ponor, Lipovo polje

Trasiranje Markovog ponora izvedeno je 30. studenog 2005. godine (DUKARIĆ et al., 2005). U ponor je pri dotoku od približno 50 m^3/s upušteno 100 kg uranina deklarirane čistoće iznad 98%. Ovo je bilo treće trasiranje iz istog objekta, nakon trasiranja 1960. i 1975. godine (TURNER, 1960; BIONDIĆ & GOATTI, 1976). Oba prethodna trasiranja izvedena su sa 150 kg uranina 50%-e koncentracije. S obzirom na tu činjenicu proizlazi da je ovom prilikom u ponor realno ubačeno oko 25 kg više čistog uranina.

Hidrološke prilike koje su uslijedile neposredno nakon upuštanja trasera bile su izrazito nepovoljne. Naime, cijelo krško područje zahvatile su intenzivne oborine praćene naglim topljenjem snijega, pa je došlo do formiranja iznimno visokog vodnog vala i plavljenja Lipovog polja. Povećani dotoci u podzemlje manifestirali su se porastom razine podzemnih voda i velikim porastom izdašnosti svih vodnih pojava u priobalju. Naravno, uz tako velike količine podzemnih voda došlo je i do iznimno velikog razrjeđenja trasera, što se zasigurno odrazilo i na rezultate samog ispitivanja. Može se konstatirati da postignuti rezultati opisuju uvjete tečenja kroz krško podzemlje u razdoblju razvoja iznimno visokog vodnog vala.

U opisanim hidrološkim prilikama istjecanje boje je dokazano na slijedećim izvorima: Klenovica, Žaga – Sv. Juraj, Jurjevska Žrnovnica, uvala Duboka, Starigrad kod Senja i Bačvice-kaptaža, te pomoću aktivnog ugljena na izvoru Bačvice-uvala Vrulja. Vrijednosti prividnih brzina tokova podzemne vode bile su u rasponu od 2,02 do 12,80 cm/s (Tablica 1). Prva pojava boje, jednako kao i najveća vrijednost prividne brzine je neočekivano utvrđena u smjeru izvora Starigrad kod Senja, i iznosi 12,80 cm/s. Najniže vrijednosti prividnih brzina zabilježene su u smjeru priobalnih izvora uvala Duboka i izvora Žaga – Sv. Juraj, a iznosile su 2,02 i 2,68 cm/s. Maksimalne koncentracije boje na pojedinim izvorima kretale su se u rasponu od 0.0075 na izvoru Klenovica do 0,0541 mg/L na izvoru u Jurjevskoj Žrnovnici.

Najbliža mjesta istjecanja na kojima je potvrđena pojava trasera, odnosno izvori Bačvice – kaptaža i Bačvice – uvala Vrulja, od Markovog ponora udaljeni su 23 km. Najveća zračna udaljenost je prema izvoru Klenovica i iznosi 45,8 km. To su ujedno i krajnje točke pojave trasera, a njihova međusobna udaljenost, odnosno širina pojasa registriranog istjecanja boje je približno 52 km.

Uspoređujući rezultate dobro dokumentiranog trasiranja 1975. godine i predmetnog trasiranja (Tablica 1) jasno su vidljive velike razlike u redoslijedu, smjerovima i vrijednostima prividnih brzina dotoka podzemne vode za pojedine opažane priobalne izvore i izvorne zone. Uočljivo je da ranije izvedeno trasiranje pokazuje znatno širu lepezu pojavljivanja trasera od Novljanske Žrnovnice na sjeverozapadu sve do uvale Kralić na jugoistoku. Pored toga, traser se pojavio na većem broju izvora premda je veći dio njih bio opažan i pri ovom trasiranju.

Izostanak pojave trasera na dijelu opažanih izvora ne treba tumačiti kao negaciju prethodno utvrđenih veza, već prvenstveno kao posljedicu uvjeta u kojima je ovo trasiranje izvedeno. U tom kontekstu potrebno je promatrati i izostanak pojave trasera na izvorištu Novljanske Žrnovnice, premda se on pojavio na obližnjem izvoru Klenovica. Pored toga u slučaju Novljanske Žrnovnice treba voditi računa i o mogućnosti nepovoljnog djelovanja snažnih dotoka iz Gorskog kotara, koji su u danim hidrološkim uvjetima, mogli znatno usporiti i dodatno razrijediti dotok iz Markovog ponora.

Provedenim trasiranjem konstatirane su općenito manje i ujednačenije prividne brzine toka, a posebno u odnosu na iznimno brze vodne veze prema izvorima Jurjevska Žrnovnica (32,1 cm/s), Jurjevo-Bakovac (16,25 cm/s), Donja Klada (14,22 cm/s) i Stinica (13,44 cm/s), utvrđene pri trasiranju 1975. godine. Nadalje, u ekstremnim hidrološkim uvjetima nije potvrđena izrazito velika razlika prividnih brzina toka između Jurjevske Žrnovnice i obližnje uvale Duboka, koja je pri prethodnom trasiranju iznosila 32,1 : 1,73 cm/s. Sada je konstatirani odnos prividnih brzina bio svega 3,95 : 2,02 cm/s. Manje prividne brzine toka mogu se tumačiti kao posljedica obilnih dotoka svježe infiltriranih voda iz područja samog velebitskog masiva, koje su usporile dreniranje koncentriranih dotoka iz ličkih ponora, a time i pronos trasera prema mjestima istjecanja.

Rezultati provedenog trasiranja pokazuju da u krškom vodonosniku razvijenom u dubini velebitskog masiva vla-

Tablica 1. Osnovni rezultati ponovljenog trasiranja Markovog ponora u usporedbi s prethodnim testovima.
Table 1. Basic results of the Markov ponor repeated tracing test in comparison with previous tests.

Naziv izvora	VP 1960.	VP 1975.	Max. k.	VP 2005.	Max. k.
	(cm/s)	(cm/s)	(mg/L)	(cm/s)	(mg/L)
Novljanska Žrnovnica	—	4,35	0,05	0	
Klenovica	—	5,76	0,1	3,72	0,0075
Smokvica	—	3,77	0,005	—	
Sv. Juraj – Bakovac / Žaga	10,95	16,25	0,05	2,68	0,0211
Jurjevska Žrnovnica	Tragovi	32,10	0,05	3,95	0,0541
Uvala Duboka	Tragovi	1,73	0,005	2,02	0,0149
Ždralovo	—	2,15	0,005	—	
Uvala Bilućа	2,41	—		—	
Donja Klada	3,19	14,22	0,6	0	
Starigrad kod Senja	2,92	4,60	0,05	12,80	0,0347
Stinica	—	13,44	0,05	0	
Jablanac	6,84	1,70	0,05	0	
Bačvice – kaptaža	—	2,34	0,05	5,24	0,0315
Bačvice – uvala Vrulja (ugljen)	—	—		2,3–4,5	Akt. ugljen
Cesarica	—	3,15	0,01	0	
Uvala Kralić	—	4,31	0,5	0	

(—) – Izvor nije opažan – not observed spring
(0) – Opažani izvor bez pojave trasera – observed spring without tracer

daju složeni hidrogeološki uvjeti, a dinamika podzemnih voda vrlo je osjetljiva na promjene hidroloških prilika. U uvjetima razvoja iznimno visokog vodnog vala tečenje podzemnih voda pokazalo se bitno drugačijim od onog registriranog prethodnim trasiranjem. S obzirom na to da su glavni ciljevi ovog istraživanja bili prikupljanje dodatnih informacija za novelaciju zaštitnih zona Novljanske Žrnovnice, treba konstatirati da ta veza nije potvrđena, ali da je u povoljnijim hidrološkim prilikama vrlo izgledna. Usprkos dosad najvećoj količini ubačenog trasera njegova koncentracija na izvorima bila je uglavnom niža nego u prethodnim trasiranjima, a na znatnom broju izvora i ispod granice detekcije. To je svakako posljedica njegove velike disperzije i razrjeđenja. Sukladno tomu, može se očekivati da pri opisanim hidrološkim uvjetima dolazi i do značajnog razrjeđenja onečišćenja, odnosno do svojevrsnog ispiranja podzemlja.

LITERATURA

BIONDIĆ, B. & GOATTI, V. (1976): Regionalna hidrogeološka istraživanja Like i Hrvatskog Primorja.– Fond stru. dok. HGI, Zagreb.

DUKARIĆ, F., KUHTA, M. & STROJ, A. (2005): Trasiranje tokova podzemne vode iz Markovog ponora u Lipovom polju u porječju rijeke Like.– Fond stru. dok. HGI, Zagreb

TURNER, S. (1960): Bojenje Markovog ponora u Lipovom polju.– Arhiv DHMZ, Zagreb.

Značajke krškog vodonosnika izvora Veličanke na Papuku
Characteristics of the Veličanka spring karst aquifer on the Papuk Mt.

Mladen Kuhta, Andrej Stroj, Željka Brkić & Domagoj Jamičić

Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, HR-10 000 Zagreb, Hrvatska
(mladen.kuhta@hgi-cgs.hr)

Ključne riječi: krš, hidrogeologija, izvor Veličanka, Papuk
Key words: karst, hydrogeology, Veličanka spring, Papuk

Uvod

Vodoopskrbni sustav Požeštine temelji se na vodozahvatima podzemne vode iz aluvija rijeke Orljave i prirodnih izvora po obodu gorskih vodonosnika Papuka. Na području Papuka za vodoopskrbu su zahvaćeni izvori Božji zdenac, Veličanka, Mala Veličanka i Stražemanka. Zbog svog prostornog i hipsometrijskog položaja, kao i činjenice da u minimumu daju oko 40 L/s vrlo kvalitetne podzemne vode, ovi izvori imaju velik značaj, a posebno u sušnim ljetnim razdobljima. U posljednjih pet godina Hrvatske vode su inicirale i financirale niz hidrogeoloških istraživanja na pojedinim dijelovima masiva Papuka, koja su imala za cilj zahvaćanje dodatnih količina podzemne vode. Dio tih istraživanja izveden je i na priljevnom području već zahvaćenih izvora Veličanke i Male Veličanke. Premda istraživanja još nisu završena, ovdje su prikazane nove spoznaje vezane uz geološku građu i hidrogeološke odnose u njihovom zaleđu.

Geološka građa

Područje Papuka vrlo je složene geološke građe. Najznačajniji vodonosnik predstavljaju vapnenci i dolomiti srednjeg trijasa koji izgrađuju središnje dijelove masiva. Ove su naslage okružene trijaskim kvarcitima i različitim paleozojskim klastičnim, metamorfnim i magmatskim stijenama. Potencijalno priljevno područje izvora Veličanke nedvojbeno se nalazi unutar karbonatnih stijena koje izgrađuju glavni greben masiva Papuka. Budući da je sam vodozahvat izveden na kontaktu vodonepropusnih slejtova i filita karbon-permske starosti i slabo propusnih kvarcnih pješčenjaka permotrijasa, smatrano je da se napajanje izvora odvija posredno, kroz kvarcne pješčenjake, koji formiraju slabije propusnu barijeru između izvora i glavnog karbonatnog vodonosnika. Istražna bušotina PV-1 dubine 150 m izvedena uz cestu Velika-Jankovac neposredno iznad izvora pokazala je bitno drugačiju situaciju (KUHTA & STROJ, 2006). Ispod 31 m kvarcnih pješčenjaka bušotina je ušla u srednjetrijaske vapnence. Prema litološkim karakteristikama stijena u intervalima 31–64 i 119–150 bušeno je kroz anizičke vapnence (T_2^1), a u intervalu 64–119 m bušotina je prošla kroz vapnence ladinika (T_2^2). Ovim je nedvojbeno dokazano da se izvor Veličanke napaja izravno iz karbonatnih naslaga središnjih dijelova masiva Papuka.

Hidrogeološke značajke izvora

Izvor Veličanka nalazi se na približno 512 m n.m., u boku doline istoimenog potoka. Vodozahvat izgrađen 1972. godine, danas je zatrpan obrušenim blokovima i u njega nije moguće ući, pa su hidrološka mjerenja uspostavljena u mjerno regulacijskoj komori nekoliko kilometara nizvodno. Na osnovi podataka prethodnih istraživanja i novijih mjerenja može se konstatirati da u ekstremno sušnim godinama minimalna izdašnost izvora Veličanke opada do 10 L/s. Tijekom prosječnih hidroloških godina mogu se očekivati minimalne izdašnosti u rasponu od 20 do 25 L/s, a u razdobljima velikih voda najveća zabilježena izdašnost dosegnula je 260 L/s. Dinamika istjecanja iskazuje znatne oscilacije (odnos zabilježenih ekstremnih izdašnosti izvora je 1:26), te brzu reakciju na oborine, posebno u uvjetima dobre saturacije podzemlja. Analiza hidrograma pokazuje tipične krške karakteristike izvora uz koeficijent recesije u rasponu 0,012–0,013 (STROJ & KUHTA, 2007).

U sklopu hidrogeoloških istraživanja 2006. godine nad izvorom Veličanke izveden je istražno-eksploatacijski bušeni bunar BV-1 dubine 100 m. Pokusno crpljenje izvedeno je u razdoblju od 20. do 22. prosinca 2006. godine, u uvjetima izrazito niskih voda. Zbog poteškoća u vodoopskrbi program crpljenja znatno je skraćen. Prema nalazima tako izvedenog testa, transmisivnost stijenske mase u okolici bušotine kreće se u rasponu od $5{,}66 \times 10^{-3}$ do $5{,}04 \times 10^{-3}$ m^2/s, a hidraulička vodljivost u rasponu od $9{,}96 \times 10^{-5}$ do $8{,}95 \times 10^{-5}$ m/s. Tijekom konstantnog crpljenja s količinom od 16,5 L/s u trajanju od svega 6:30 sati, protok izvora Veličanke pao je na 2 L/s. Dakle, sam izvor i ispitivani zdenac davali su ukupno 18,5 L/s uz sniženje u zdencu od 3,8 m. Budući je na početku ove faze testiranja izdašnost izvora Veličanke iznosila oko 14,4 L/s može se konstatirati da je crpljenjem ostvareno povećanje dotoka od 4,1 L/s. Zbog kratkog trajanja testa, rezultate ovog testa treba uzeti s rezervom.

Zanimljivo je da tijekom pokusnog crpljenja nisu zabilježene nikakve promjene izdašnosti na izvoru Male Veličanke

koji je davao konstantnih 2,1 L/s. Ovaj podatak kao i prethodno utvrđene razlike kemijskog sastave vode, razlike u aktivnosti tricija, te značajne razlike u temperaturi vode (Veličanka 9,5 °C, Mala Veličanka 10,8 °C; KUHTA et al., 2004), pokazuju da se unatoč blizini, izvor Male Veličanke napaja iz zasebnog sliva.

Kako je već konstatirano priljevno područje Veličanke smješteno je na karbonatnim naslagama središnjeg dijela masiva Papuka. Budući se iz tog vodonosnika napajaju i drugi značajni izvori poput Dubočanke i Tisovca, a vjerojatno i Stražemanke, na južnoj, te Jankovca na sjevernoj strani masiva, granice sliva Veličanke zasad nisu poznate (KUHTA & BRKIĆ, 2003; KUHTA, 2006). Prvi korak u tom smjeru je trasiranje ponora Uviraljke (800 m n.m.), koji se nalazi na sjevernim padinama vršnog dijela grebena, između vrha Papuka i Ivačke glave, na kontaktu karbonata i vodonepropusnih paleozojskih migmatita. Trasiranje je izvedeno 22.3.2007. godine pomoću 3,5 kg Na-floresceina (uranin) i prvo je takvo istraživanje na području Papuka.

Zbog geološke situacije i činjenice da se Uviraljka nalazi na sjevernoj strani Papuka, pojava trasera očekivana je prvenstveno na izvoru Kovačica. Naime, ovaj se izvor nalazi 3,17 km istočno od ponora na nadmorskoj visini od 540 m, a javlja se na liniji istog kontakta karbonata i vodonepropusnih sijena (u ovom slučaju donjotrijaskih klastita) na kojoj je i sam ponor. Premda se otjecanje u tom smjeru činilo vrlo logičnim, traser se pojavio samo na izvoru Veličanke. Prva pojava trasera u koncentraciji od 0,0014 mg/L zabilježena je na uzorku uzetom 36 sati nakon ubacivanja. S obzirom da je Veličanka od ponora udaljena 3,11 km proizlazi prividna brzina toka od 2,27 cm/s. Maksimalna koncentracija trasera od 0,3103 mg/L zabilježena je na uzorku od 26.03. u 6 sati, dakle 86 sati nakon ubacivanja. Prividna brzina toka do pojave maksimalne koncentracije iznosila je 1 cm/s. Prema izvedenom proračunu na Veličanki je isteklo oko 3,008 kg boje, odnosno pronos trasera bio je 86 %. Na izvoru Mala Veličanka traser se nije pojavio, što potvrđuje pretpostavke o njenom napajanju iz zasebnog sliva.

Zaključak

Provedena hidrogeološka istraživanja pokazala su da se izvor Veličanke napaja izravno iz karbonatnog vodonosnika središnjih dijelova masiva Papuka. Analiza hidrograma pokazuje tipične krške karakteristike izvora uz koeficijent recesije u rasponu 0,012–0,013. Krške karakteristike vodonosnika potvrđuju i prividne brzine toka utvrđene tijekom trasiranja (2,27 cm/s), a koje su na razini najčešćih vrijednosti zabilježenih u našem kršu. Priljevno područje Veličanke seže do kontakta s vodonepropusnim naslagama na sjevernim padinama Papuka, ali mu bočne granice nisu poznate.

LITERATURA

KUHTA, M. & BRKIĆ, Ž. (2003): Hidrogeološka istraživanja na području Park šume Jankovac u Parku prirode "Papuk".– Fond stru. dok. PP "Papuk", Velika.

KUHTA, M., MARKOVIĆ, T., LARVA, O. & STROJ, A. (2004): Istraživanja karbonatnih vodonosnika Papuka na širem prostoru izvorišta Veličanka radi zahvaćanja pitke vode za javnu vodoopskrbu – hidrogeološka istraživanja. Izvješće I. faze istraživanja.– Fond str. dok. IGI, br. 80/04, Zagreb.

KUHTA, M. (2006): Hidrogeološka građa PP "Papuk".– Fond stru. dok. PP "Papuk", Velika.

KUHTA, M. & STROJ, A. (2006): Izvješće o vodoistražnim radovima na Papuku u 2006. godini.– Fond str. dok. IGI, br. 123/06, Zagreb.

STROJ, A. & KUHTA, M. (2007): Hydrogeological explorations of Mt. Papuk karst aquifer, NE Croatia.– 15th International Karstological School "Classical Karst", Management of transboundary karst aquifers. Karst Research Institute SRC SAZU, Postojna.

Hidrogeološke i hidrokemijske značajke otoka Paga

Hydrogeological and hydrochemical features of the island of Pag

Jasmina Lukač Reberski, Josip Terzić & Stipe Dolić

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

Ključne riječi: krš, hidrogeologija, otok, hidrokemija, odnos slatke i slane vode, Hrvatska
Key words: karst, hydrogeology, island, hydrochemistry, salt/fresh water relations, Croatia

Pag je otok na dodiru Dalmacije, Kvarnera i Like. Smještaj ispod Velebita izložio je otok jednoj od najjačih bura na istočnoj obali Jadrana, pa mu je sjeveroistočna strana ogoljela od vegetacije. Morfološki, Pag je nastavak Ravnih Kotara, obilježen blagim reljefom. Ipak, najčešće se pridružuje Kvarnerskim otocima jer im pripada po klimatološkom kriteriju, što je važnije od ostalih okolnosti obzirom na predmet izučavanja. S površinom od 284,18 km^2, peti je po veličini i najrazvedeniji među jadranskim otocima s dužinom obale od 302,47 km (DUPLANČIĆ LEDER et al., 2004) i indeksom razvedenosti I=5,06. Izduženog je oblika koji prati dinaridski smjer pružanja. Dužina mu je oko 60 km, a širina mu varira od 1,5 km u sjevernom do 7,5 km u južnom dijelu. Zbog oblika i razvedenosti sljevovi otoka Paga su relativno mali i raštrkani, te međusobno slabo ili nikako povezani.

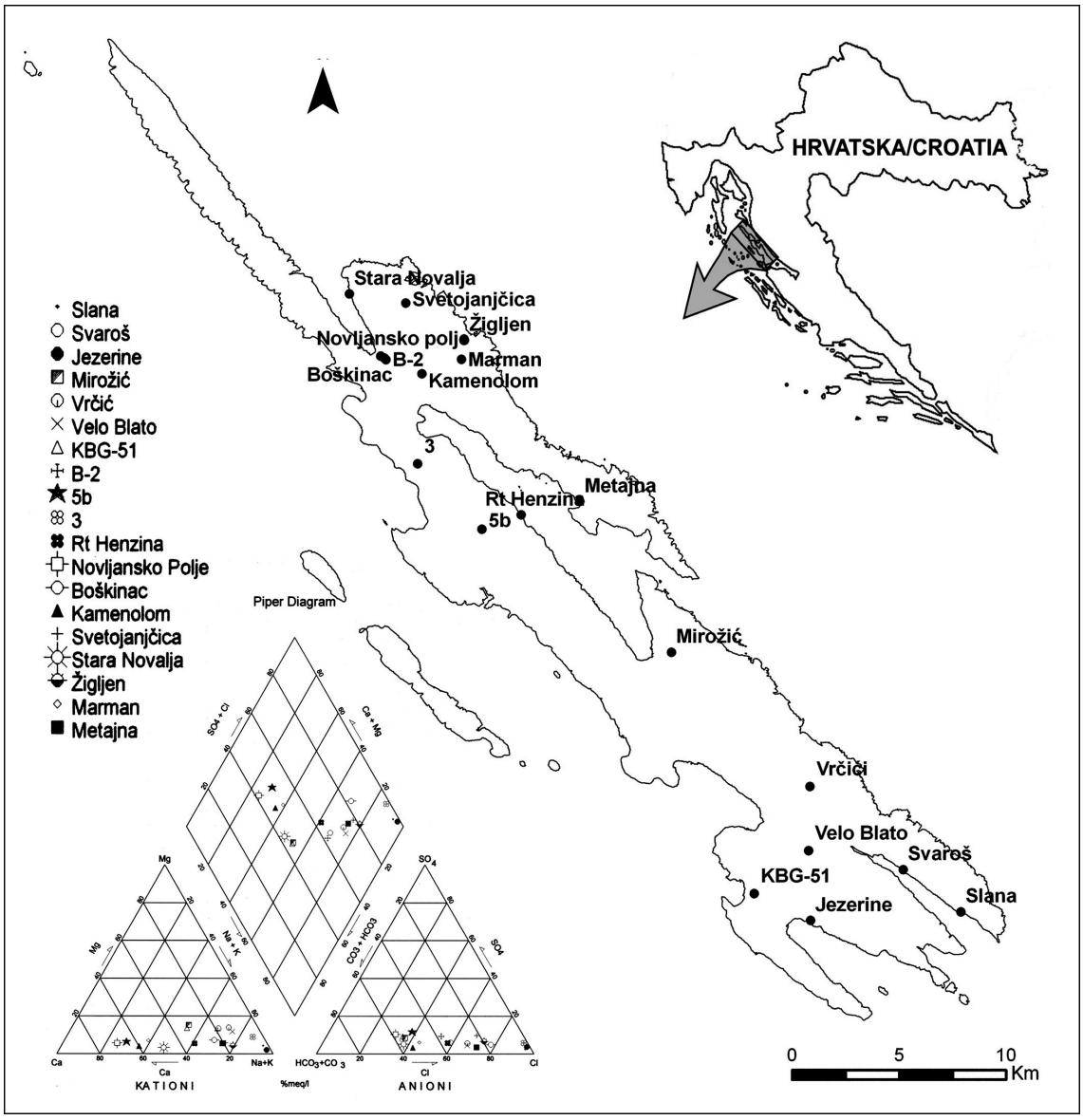
Geološka građa opisana je na više listova Osnovne geološke karte RH, a najvećim dijelom na listu Gospić (SOKAČ et al., 1974). Otok je pretežito izgrađen od izrazito okršenih karbonatnih naslaga, dok lapori i pješčenjaci eocenskog fliša, koji su dobrim dijelom prekriveni kvartarnim naslagama, zauzimaju manje površine. Osnovne strukturne geološke forme otoka su dvije kredne antiklinale između kojih je eocenska sinklinala, te uz njih nekoliko manjih pravilnih bora. Te geološke strukture se poklapaju s reljefom otoka pa antiklinale predstavljaju najviše dijelove otoka, a sinklinale doline i polja. Morfologija otoka ima značajnu ulogu za nakupljanje i strujanje podzemne vode. Polja u eocenskoj sinklinali su vrlo povoljna za nakupljanje vode. Jezgra antiklinala najvjerojatnije djeluje kao podzemna razvodnica, te se dio voda u vapnencima drenira prema poljima, a dio prema moru. Stoga postoji veliki broj malih priobalnih izvora i vrulja. Navedene značajke (geološke i morfološke) razlog su zbog kojeg unatoč relativno velikoj površini otoka, nema mogućnosti za formiranje znatnih količina pitke podzemne vode. U hidrogeološkom smislu otok je u više navrata istraživao MAGDALENIĆ (1963), a njegovi su (uglavnom) neobjavljeni radovi korišteni i pri nedavnim istraživanjima u sklopu izrade Osnovne hidrogeološke karte.

Na temelju hidrokemijskih analiza uzoraka s 19 vodnih objekata na otoku (Sl. 1), određeni su hidrokemijski facijesi koji se kreću od kalcijsko-karbonatnih (Ca-HCO_3) u središnjem dijelu otoka do natrijsko-kloridnih (Na-Cl) koji su sve izraženiji bliže obali. Kalcijsko-karbonatni facijes odraz je litološkog sastava vodonosnih naslaga, dok je natrijsko-kloridni facijes posljedica velike izloženosti utjecaju mora zbog spomenute male širine otoka i velike okršenosti stijena. Dolazi do podzemnog miješanja infiltrirane vode s morskom vodom koje se poput klina pruža u unutrašnjost ispod slatke i bočate vode zbog razlike u gustoćama. Osim toga, povišene koncentracije klorida djelomično su uzrokovane i ispiranjem posolice s površine tijekom infiltracije oborina. Na pojedinim izvorima koncentracije nitrata su povišene, no to nije neobično jer su se uzorci uzimali netom nakon perioda prvih jačih oborina poslije sušnog ljetnog perioda, te su nitrati ispirani iz tla u poljodjelski aktivnim područjima. Temperature na većini opažanih lokacija u skladu su sa srednjom godišnjom temperaturom zraka istraživanog područja. Općenito, kemizam istraživanog područja je u skladu s onim na području cijele istočne obale Jadranskog mora u zoni utjecaja miješanja slatke i slane vode (TERZIĆ et al., 2010). Tijekom 2010. uzeti će se još jedna serija uzoraka na otoku Pagu, u drugačijim hidrološkim uvjetima (bliže minimumu), a paralelna analiza dviju serija hidrokemijskih uzoraka različitim matematičko-statističkim metodama (prvenstveno multivarijatnim analizama) znatno će doprinijeti upoznavanju hidrogeoloških i hidrokemijskih odnosa na otoku Pagu.

Iako geološki i morfološki odnosi ne dopuštaju stvaranje većih krških vodonosnika na Pagu, podzemna se voda ipak koristi za javnu vodoopskrbu. To se prvenstveno odnosi na kaptažu uz jezero Velo Blato u južnom dijelu otoka, te nekoliko manjih zdenaca. Općina Povljane se nedavno odvojila od paškog vodovoda te se oskrbljuje vodom iz četiri bušotine u Povljanskom polju. Problem većine vodoopskbnih objekata je zaslanjenje, koje se rješava miješanjem sa slatkom vodom dovedenom s kopna, a u planu je desalinacija. Međutim, navedeni objekti nisu dostatni za vodoopskrbu cijelog otoka pa se glavni dio vode dovodi s kopna, iz vodocrpilišta Hrmotine (dio HE sustava Senj).

REFERENCE

DUPLANČIĆ LEDER, T., UJEVIĆ, T. & ČALA, M. (2004): Coastline lengths and areas of island sin the Croatian part of Adriatic Sea determined from the topographic maps at the scale of 1:25000.– Geoadria, 9/1, 5–32.



Slika 1. Mjesta uzorkovanja na otoku Pagu i prikaz hidrokemijskih podataka Piperovim dijagramom (položajna skica u detalju).
Figure 1. Sampling locations on the island of Pag and display of the hydrochemical data in Piper diagram (position sketch in the detail).

MAGDALENIĆ, A. (1963): Hidrogeologija otoka Paga.– Arhiv HGI-CGS, 66/63, Zagreb.

SOKAČ, B., NIKLER, L., VELIĆ, I. & MAMUŽIĆ, P. (1974): Osnovna geološka karta SFRJ, list Gospić.– HGI-CGS, Zagreb. Izdanje i redakcija Saveznog geološkog zavoda, Beograd.

TERZIĆ, J., PEH, Z. & MARKOVIĆ, T. (2010): Hydrochemical properties of transition zone between fresh groundwater and seawater in karst environment of the Adriatic islands, Croatia.– Env. Earth Sc. 59/8, 1629–1642. ISSN 1866–6280 (Print), 1866–6299. doi 10.1007/s12665-009-0146-x

Hidrogeološke i hidrološke značajke Duvanjskog polja – promatrano u kontekstu poplavnog vala iz siječnja 2010. godine

Hydrogeological and hydrological characteristics of Duvno field – observed in the context of wave flooding, january 2010

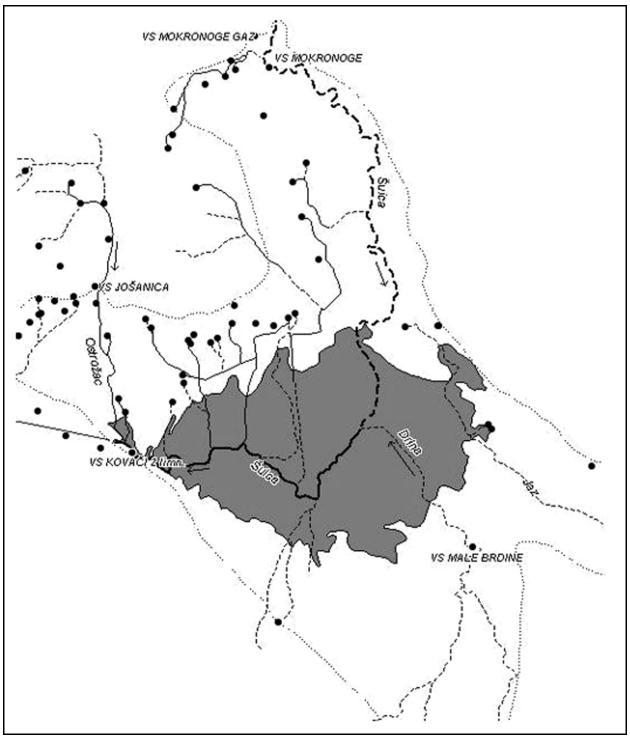
Josip Marinčić[1], Amira Galić[2], Maja Prskalo[2] & Enes Šerifović[3]

[1]JP.ELEKTROPRIVREDA HZ-HB, Mile Budaka 106 a, 88 000 Mostar, BiH
[2]GRAĐEVINSKI FAKULTET-Sveučilište u Mostaru, Matice hrvatske bb, 88 000 Mostar, BiH
[3]CERBERUS, Armije BiH 15/2, 75 000 Tuzla, BiH

Ključne riječi: Duvanjsko polje, ponor Kovači, retenzija, poplavni val, neogenski bazen
Key words: Duvno field, Kovači sinkhole, flooded wave, retention, Neogene basin

Duvanjsko polje (860–900 m n.m.) se prostire na površini od cca 128 km^2 i predstavlja dio hidrogeološkog sustava koji povezuje vode Kupreškog polja (1100–1200 m n.m.) s Buškim blatom (700–720 m n.m.).

Duvanjsko polje, za razliku od drugih polja Hercegovine i jugozapadne Bosne funkcionira kao zasebna hidrološka cjelina, a sve vode vrlo razgranate mreže većih i manjih dotoka drenira tok rijeke Šuice, kojim se sve vode usmjeravaju prema ponoru Kovači (856 m n.m.). Većina ovih voda izvire na vrelima Ričine (700 m n.m.) odnosno dotječu u akumulaciju Buško Blato. Manji dio voda izvire u nižim razinama sliva Cetine.

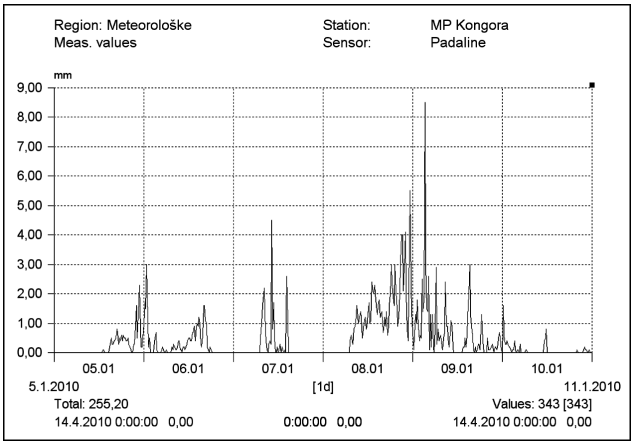


Slika 1. Izgled plavne površine.
Figure 1. The appearance of flooded areas.

Najveći dio ravni polja izgrađuju neogenske naslage, od kojih su u promatranom dijelu polja izdvojeni miocenski žutosivi lapori i laporoviti vapnenci u kojima su uloženi konglomerati, pješčenjaci i tufovi, te miocensko-pliocenski polifacijalni kompleks izgrađen uglavnom od glinovito-laporovitih sedimenata s ugljenim slojevima. U središnjem i nižim dijelovima polja, iznad neogenskih lapora, nataloženi su aluvijalni nanosi pijeska i mulja, koje donose tokovi, a raznose poplave. Debljina neogenskog kompleksa u Duvanjskom polju je vrlo velika, a po nekim istraživanjima (gravimetrija) i do 2000 m. Izdvojene neogenske naslage imaju malu intergranularnu vodopropusnost i u funkciji terena predstavljaju hidrogeološki podinski i bočni izolator. To se prvenstveno odnosi na područje izgrađeno od debelih glinovitih sedimenata koji su utvrđeni u promatranom dijelu gdje su izvršena istraživanja. Rezultat ovakvih odnosa je kontinuiran tok rijeke Šuice i neznatni gubitci vode iz korita i u uvjetima malih dotoka.

Ostali dijelovi sliva, prvenstveno rubovi polja i planinski masivi su izgrađeni uglavnom od vapnenaca, rjeđe dolomita pretežno kredne starosti, tektonski oštećeni i okršeni bez površinske hidrografske mreže, a sve vode teku kroz podzemne povezane šupljine na velikoj dubini prema erozijskoj bazi.

Specifičnost odnosa dubokog neogenskog bazena s izolatorskim osobinama i okršenih vapnenaca okruženja s kolektorskim svojstvima, se ogleda u izostanku stalnih ili značajnijih povremenih vrela u uzvodnim kontaktima ovih cjelina. Za razliku od drugih polja u kojima se gotovo u pravilu duž ovakvih kontakata javljaju kako stalna tako i značajnija povremena vrela. U slučaju Duvanjskog polja promatrano od Šuice na sjeveru do južnih dijelova, takvih pojava nemamo, a izuzetkom se djelomično može smatrati povremeni vodotok Drina koji drenira vode s južnih dijelova područja.



Slika 2. Dijagram intenziteta oborina.
Figure 2. The diagram of the intensity of rainfall.

Ovakvi odnosi su rezultirali, od strane nekih autora, definiranjem hidrogeološke razvodnice duž ruba polja.

U prosječnoj godini rijeka Šuica na lokalitetu Kovači (vodomjerna postaja cca 300 m uzvodno od ponora) ne presušuje. U ekstremno sušnoj godini Šuica presušuje cca 150 dana.

Pri vodostajima većim od cca H = 200 cm (853,15 m n.m.) dotok u ponor je veći od 60 m^3/s i dolazi do pojave uspora uslijed nedovoljnog kapaciteta ponora, a iznad vodostaja cca H = 700 cm (858,15 m n.m.) dolazi do formiranja retencije.

Pojava retencije, odnosno akumuliranja vode u Duvanjskom polju, u prosječnoj godini traje 1–2 dana; u sušnoj godini ne dolazi do plavljenja (što se dešavalo historijski i nekoliko godina uzastopno), a u kišnoj godini akumulacija u polju traje 23–24 dana.

Drugim riječima za razdoblje obrade za koje postoje podaci (1954–1990. godina) pojava vodostaja iznad 700 cm, kada dolazi do akumuliranja vode u polju, se registrirala 48 puta, dok je pojava ekstremne razine vode iznad H = 1200 cm (863,15 m n.m.) registrirana u periodu 18,19 i 20 11.1968 godine.

Pojava poplave ovakve i veće razmjere dogodila se u periodu od 09–21.01.2010. godine kada se formirala retencija s vodostajem od 864.40 m n.m. (Slika 1-Izgled plavne površine).

Pri ovom vodostaju retencija je zauzimala jedinstvenu površinu veću od 24 km^2, i volumen oko 48 $mil.m^3$. Poplavni val je uslijedio nakon obilnih kiša koje su u periodu od 05–10.01.2010 god. zbirno iznosile 255 mm (podaci sa MP Kongora-Slika 2). Ovim kišama je prethodio iznad prosječno kišni i snježni prosinac 2009. god. Dodatni i ključni efekt razvoju pojave ove poplave jest izniman rast razine podzemne vode i promjena u podzemnoj raspodijeli voda, odnosno pomicanju hidrogeološke razvodnice dalje u masive Ljubuše i Vrana. Upravo iz ovih smjerova (istočni i jugoistočni rubovi polja) su bilježene ekstremne pojave izviranja velikih količina vode iz vapnenačkih masiva na razinama i po 20 i više metara od razine polja.

Kakvoća podzemne vode na području Dravskog bazena
Groundwater quality in the Drava Basin

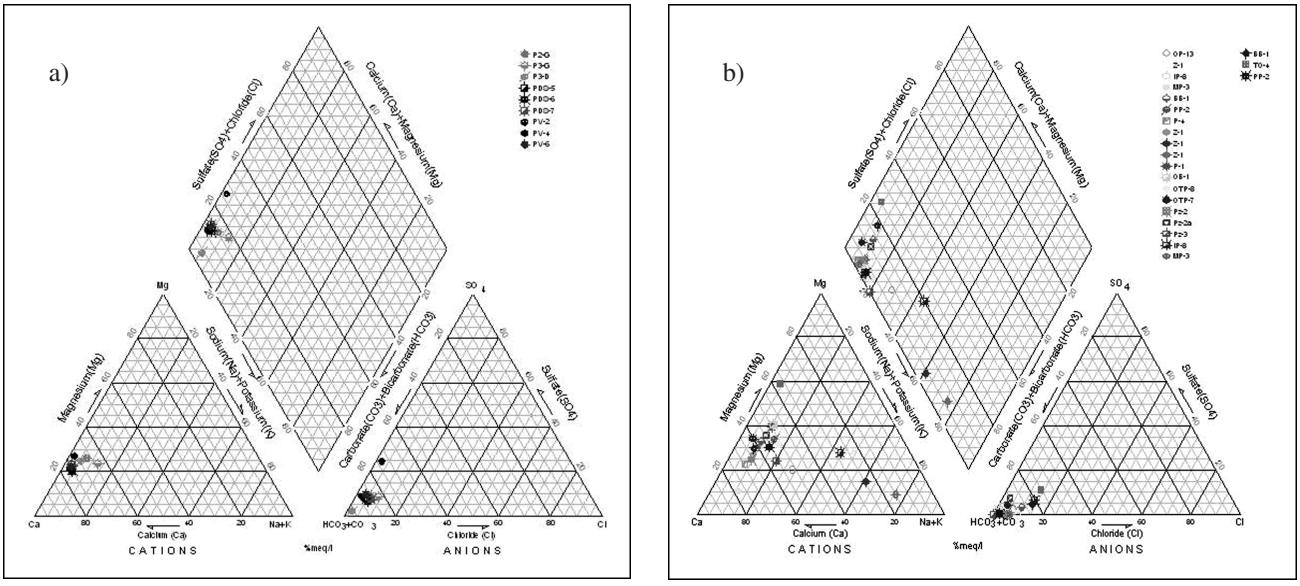
Tamara Marković[1], Željka Brkić[1], Ozren Larva[1], Željko Pekaš[2], Kosta Urumović[1] & Maja Briški[1]

[1]Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Hrvatska
[2]Hrvatske vode, Ulica grada Vukovara 220, 10 000 Zagreb, Hrvatska

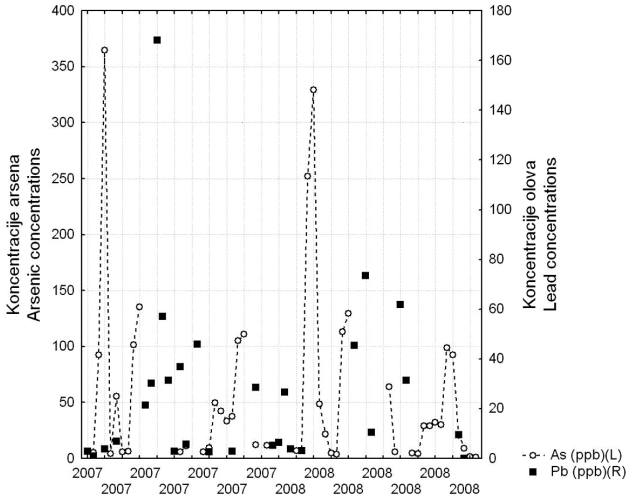
Ključne riječi: kakvoća podzemne vode, aluvijalan vodonosnik, rijeka Drava
Key words: groundwater quality, alluvial aquifer, Drava River

Prema geotektonskoj klasifikaciji Dravski bazen pripada južnom rubnom dijelu Panonskog bazena. Karakterizira ga razmjerno velika debljina istaloženih kvartarnih naslaga unutar kojih je formiran vodonosnik intergranularne poroznosti sa znatnim količinama akumulirane podzemne vode. Sedimentacijski je materijal iz izvorišnog područja prenošen prvenstveno rijekom Dravom, premda se ne može zanemariti i donos iz južnih i sjevernih predjela. Debljina vodonosnika se povećava u smjeru istoka, a u istom se smjeru postupno smanjuje i prosječna veličina zrna zbog pada energije vodenog toka. U zapadnim predjelima prevladava u litološkom sastavu vodonosnika šljunak s različitim udjelima pješčane komponente (BABIĆ et al., 1978; MILETIĆ et al. 1973; URUMOVIĆ et al., 1990; LARVA, 2008). U središnjim se predjelima lateralno i vertikalno smjenjuju šljunak i pijesak, a od Suhopolja nizvodno dominira srednjozrnati do sitnozrnati jednolični pijesak (BABIĆ et al., 1978; MILETIĆ, 1969; MILETIĆ et al. 1973; PRELOGOVIĆ & VELIĆ, 1988). Mjestimice se i u zapadnim predjelima unutar šljunčanih naslaga nalaze pješčani slojevi kao posljedica povremenog pada energije vodenog toka. U krovini vodonosnika većinom se nalaze slabopropusne glinovito-prašinaste naslage. Na krajnjem zapadnom dijelu njihova debljina često ne prelaze 1 m a mjestimično u cijelosti izostaju ili se sastoje isključivo od humusnog materijala (URUMOVIĆ et al., 1990; MARKOVIĆ, 2007; LARVA, 2008). Idući prema istoku debljina im se povećava i mjestimično iznosi više od 30 m (BABIĆ et al., 1978; MILETIĆ et al., 1973).

Geološki i hidrogeološki uvjeti su utjecali na kemizam podzemnih voda na području Dravskog bazena. Promatrajući osnovni ionski sastav podzemne vode motrenog područja pripadaju od Ca-HCO_3, do CaMg-HCO_3 hidrokemijskom facijesu u zapadnom i središnjem dijelu bazena što je posljedica dominatnog otapanja karbonatnih minerala (kalcit i dolomit). U istočnom dijelu bazena podzemna voda pripada CaMg-HCO_3, MgCa-HCO_3, CaMgNa-HCO_3 i NaCa-HCO_3 hidrokemijskim facijesima. Hidrokemijski facijes upućuje na dominantan utjecaj otapanja karbonatnih minerala u vo-



Slika 1. Piperov dijagram podzemnih voda a) zapadnog dijela bazena b)istočnog dijela bazena.
Figure 1. Piper diagram of groundwaters a) western and middle part of basin b) eastern part of the basin.



Slika 2. Raspodjela As i Pb u podzemnim vodama istočnog dijela bazena.
Figure 2. Distribution of As and Pb in the groundwater eastern part of the basin.

donosnicima, međutim ukazuje i na ionsku zamjenu Ca^{2+} (iz vode) i Na^{+} (iz minerala glina) u vodonosniku.

Koncentracije sulfata i klorida na cijelom području su ispod MDK vrijednosti, koje za navedene ione iznosi 250 mg/l. U zapadnom dijelu bazena (šira okolica grada Varaždina i Čakovca), u prvom vodonosniku, koncentracije nitrata prelaze MDK vrijednost 50 mg/l, te prosječna vrijednost iznosi 75 mg/l. U drugom vodonosniku, koncentracije nitrata su daleko ispod MDK vrijednosti i prosječna vrijednost iznosi 19,8 mg/l. Visoke koncentracije nitrata su posljedica uporabe prirodnih i umjetnih gnojiva (MARKOVIĆ, 2007). Povremeno u tom području zamjećuju se i visoke koncentracije amonijaka, ortofosfta i nitrita (MARKOVIĆ, 2007). Visoke koncentracije nitrata zabilježene su i u plitkim vodonosnicima središnjeg dijela bazena. U smjeru istoka koncentracije nitrata znatno opadaju i prosječne vrijednosti iznose 2,8 mg/l. Međutim u ovom području u pojedinim vodonosnim horizontima su povišene koncentracije Fe, Mn, As, Zn, Pb i NH_4^{+}. Njihovo podrijetlo je prirodno i nije inducirano antropogenom aktivnošću.

LITERATURA

BABIĆ, Ž., ČAKARUN, V., SOKAČ, A. & MRAZ, V. (1978): O geologiji kvartarnih naslaga porječja rijeke Drave.– Geol. vjesnik, 30/1, 43–61.

LARVA, O. (2008): Ranjivost vodonosnika na priljevnom području varaždinskih crpilišta.– Doktorska disertacija. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilišta u Zagrebu, 198. str.

MARKOVIĆ, T. (2007): Određivanje osjetljivosti nesaturirane zone geokemijskim modeliranjem.– Doktorska disertacija. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilišta u Zagrebu, 155. str.

MILETIĆ, P. (1969): Hidrogeološke karakteristike sjeverne Hrvatske. Geol. vjesnik, 22, 511–524.

MILETIĆ, P., URUMOVIĆ, K. & CAPAR, A. (1971): Hidrogeologija prvog vodonosnog horizonta porječja Drave na području Hrvatske.– Geol. vjesnik, 24, 149–154.

MILETIĆ, P., URUMOVIĆ, K., TURIĆ, G. & MAYER, D. (1973): Prilog poznavanju koncentracije željeza u podzemnim vodama porječja Drave.– Geol. vjesnik, 25, 267–277.

URUMOVIĆ, K., HLEVNJAK, B., PRELOGOVIĆ, E. & MAYER, D. (1990): Hidrogeološki uvjeti varaždinskog vodonosnika.– Geol. vjesnik, 43, 149–158.

Primjena hidrokemijskih pokazatelja i stabilnih izotopa kisika i vodika u hidrogeološkim istraživanjima krških sustava: pokusno područje – izvori rijeke Gacke

Application of hydrochemical parameters and stable isotopes of oxygen and hydrogen in hydrogeological investigations of karst system: testing site – springs of Gacka River

Tamara Marković[1], Zvjezdana Roller-Lutz[2], Jasmina Lukač-Reberski[1], Ante Pavičić[1], Andrej Stroj[1], Tihomir Frangen[1], Željka Brkić[1], Tamara Hunjak[2], Diana Mance[2] & Hans Lutz[2]

[1]Hrvatski geološki institut, Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Hrvatska
[2]Medicinski fakultet u Rijeci, Zavod za fiziku, Braće Branchetta 20, 51 000 Rijeka, Hrvatska

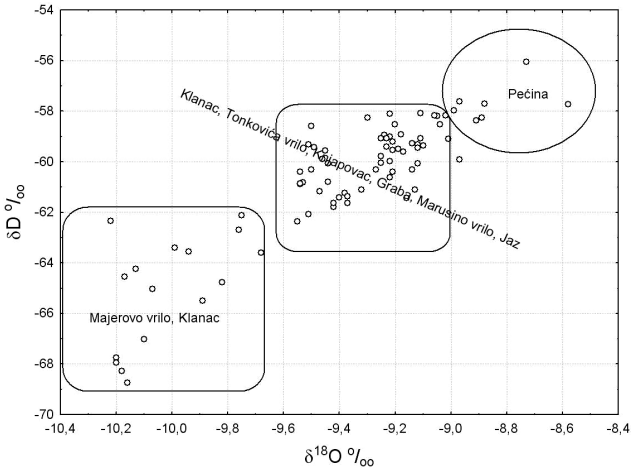
Ključne riječi: krš, hidrokemija, stabilni izotopi, hidrogeologija
Key words: karst, hydrochemistry, stable isotopes, hydrogeology

U svijetu je tijekom hidrogeoloških istraživanja nekog područja praksa, uz klasične hidrogeološke metode istraživanja prostora, koristiti hidrokemijske metode, odnosno mjerenja fizikalnih, fizikalno-kemijskih, kemijskih i izotopnih pokazatelja u podzemnim vodama.

Slijev izvorišta rijeke Gacke nalazi se na području dinaridskog krša koji je u svjetskim razmjerima poznat kao *locus typicus*, odnosno klasični krš. Gacka je tipična krška rijeka, ponornica. Ističe se vrlo povoljnim hidrološkim uvjetima. Tijekom godine ne dolazi do znatnih kolebanja količina protoka kroz korito te joj je, za kršku ponornicu, režim ujednačen. S obzirom na to da se u Hrvatskoj 90% vode za potrebe vodoopskrbe dobiva iz zahvata podzemne vode na crpilištima i kaptiranim izvorištima, podzemna voda u kršu je od posebnog značenja jer se gotovo 50% teritorija države nalazi upravo na takvim terenima. Sustav izvora rijeke Gacke po količini i kakvoći može zadovoljiti potrebe vodoopskrbe regije i osigurati značajan ekonomski i socijalni razvoj tog prostora. Zbog očuvanja ovako značajnog prirodnog resursa tijekom 2008. godine, u sklopu međunarodnog projekta, načinjena su hidrokemijska i izotopna istraživanja na sljedećim izvorima rijeke Gacke: Majerovom vrilu, Klancu, Tonkovića vrilu, Knjapovcu, Pećini, Marusinom vrilu, Grabi i Jazu.

Na terenu prilikom uzimanja uzoraka izvorskih voda mjereni su "in situ" sljedeći fizikalni, fizikalno-kemijski parametri: elektrolitička vodljivost (EC), ukupno otopljene krute tvari (TDS), temperatura vode (T), zasićenost kisikom vode (O_2), pH-vrijednost vode i mutnoća vode. Koncentracije fluorida, klorida, nitrata, bromida i sulfata su mjerene metodom ionske kromatografije. Prilikom mjerenja aniona korišten je ionski kromatograf tvrtke LabAlliance, a mjerenja su učinjena u Hidrokemijskom laboratoriju Zavoda za hidrogeologiju i inženjersku geologiju, Hrvatskog geološkog instituta. U istom laboratoriju su izmjerene koncentracije natrija, kalija, magnezija i kalcija metodom atomske adsorbcije pomoću adsorbera tvrtke Perkin Elmer. Sadržaj hidrogenkarbonatnih iona mjeren je titrimetrijskom metodom. Korišteni postupci pripreme i mjerenja uzoraka uobičajeni su u hidrokemiji, a kemikalije korištene za pripremu uzoraka i standardne otopine proizvodi su tvrtke HACH i AccuStandard. Omjeri stabilnih izotopa kisika ($d^{18}O$) i vodika (dD) mjereni su u Laboratoriju Zavoda za fiziku, Medicinskog fakulteta u Rijeci. dD mjeren je metodom Cr u kontinuiranom toku He u GasBench II koji je spojen s DELTA ^{plus} XP masenim spektrometrom tvrtke Finnigan. $d^{18}O$ mjeren je metodom ravnoteže u modu dualnog inleta na masenom spektrometru DELTA ^{plus} XP tvrtke Finnigan.

Omjeri stabilnih izotopa kisika ($d^{18}O$) i vodika (dD) u istraživanju podzemnih voda koriste se za određivanje podrijetla podzemnih voda, područja prihranjivanja, hidrodinamičkih uvjeta, odnosno brzine izmjene voda u pojedinim dijelovima vodonosnika i hidrauličke povezanosti među pojedinim slojevima/vodonosnicima. U prirodi se razlike u omjerima javljaju u vodenom mediju pri faznim prijelazima. Odjeljivanje (frakcioniranje) kod stabilnih izotopa kisika i vodika najviše ovisi o temperaturi faznog prijelaza, tlaku i izotopnom sastavu vode (IAEA/UNESCO, 2001). Tako se, na primjer, prilikom isparavanja iz vodene otopine više izdvajaju lakši izotopi, a sama voda ostaje obogaćena težim izotopima. Također, što je temperatura faznog prijelaza niža, veći je efekt frakcionacije između tekuće i plinovite faze. Rezultat ovisnosti stupnja frakcionacije o temperaturi i tlaku razlika je u omjerima tih izotopa u oborinama (IAEA, 1981). Tako utvrđene varijacije omjera izotopa u podzemnoj vodi odraz su promjene godišnjih doba, nadmorskih visina područja prihranjivanja, blizine mora, jakih kišnih pljuskova i izotopnih izmjena sa stijenskom masom. Linearnu zavisnost između sadržaja stabilnih izotopa kisika i vodika u većini



Slika 1. Raspodjela stabilnog izotopa kisika i vodika u motrenim izvorskim vodama.
Figure 1. Distribution of oxygen and hydrogen stable isotopes of springs water.

oborina utvrdio je FRIEDMAN (1953), a CRAIG (1961) je definirao tu zavisnost formulom:

$$\delta D = 8\,\delta^{18}O + 10$$

i nazvao je GMWL (global meteoric water line). GMWL je izračunata za srednje omjere izotopa vodika i kisika u oborinama cijelog svijeta. Međutim, omjeri stabilnih izotopa vodika i kisika neke regije mogu biti drugačiji od globalnih zbog različitih meteoroloških uvjeta u regiji pa se tada može izračunati LMWL (local meteoric water line).

Rezultati mjerenja fizikalnih, fizikalno-kemijskih i kemijskih pokazatelja upućuju da su izvorske vode rijeke Gacke izvrsne kakvoće. Prema svom osnovnom ionskom sastavu pripadaju CaMg-HCO_3 tipu voda, što je posljedica otapanja karbonatnih minerala u području prihranjivanja izvora. Izmjereni omjeri stabilnih izotopa kisika ($\delta^{18}O$) i vodika (δD) ukazuju na prihranjivanje izvora padalinama. Isto tako, svi izmjereni hidrokemijski pokazatelji upućuju na grupiranje pojedinih izvorišta (Sl. 1).

REFERENCE

IAEA (1981): Deuterium and Oxygen-18 in the Water Cycle.– In: GAT, JR. & Gonfiantini R. (eds.): Stable Isotope Hydrology. IAEA Technical Reports Series No. 210, 337 p.

IAEA/UNESCO (2001): Environmental Isotopes in Hydrological Cycle: Principles and Applications.– W.G. MOOK (ed.): IAEA/UNESCO Series.

FRIEDMAN, I. (1953): Deuterium content of natural waters and other substances.– Geochim. et. Cosmochim. Acta 4, 89–103

CRAIG, H. (1961): Isotope variations in meteoric waters.– Science, 133, 1702–1703.

Utjecaj promjene klime na hidrokemijske pokazatelje podzemne vode: pokusno područje projekta CCWaterS – Bokanjačko blato

Impact of the climate change on hydrochemical parameters of groundwater: testing site of CCWaterS project – Bokanjačko blato

Tamara Marković[1], Josip Terzić[1], Nicoletta Berović[2], Slobodan Miko[1], Ozren Hasan[1], Nikolina Ilijanić[1], Jasmina Lukač-Reberski[1] & Stjepan Dolić[1]

[1]Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Hrvatska
[2]Vodovod d.o.o. Zadar, Špire Brusine 17, 23 000 Zadar, Hrvatska

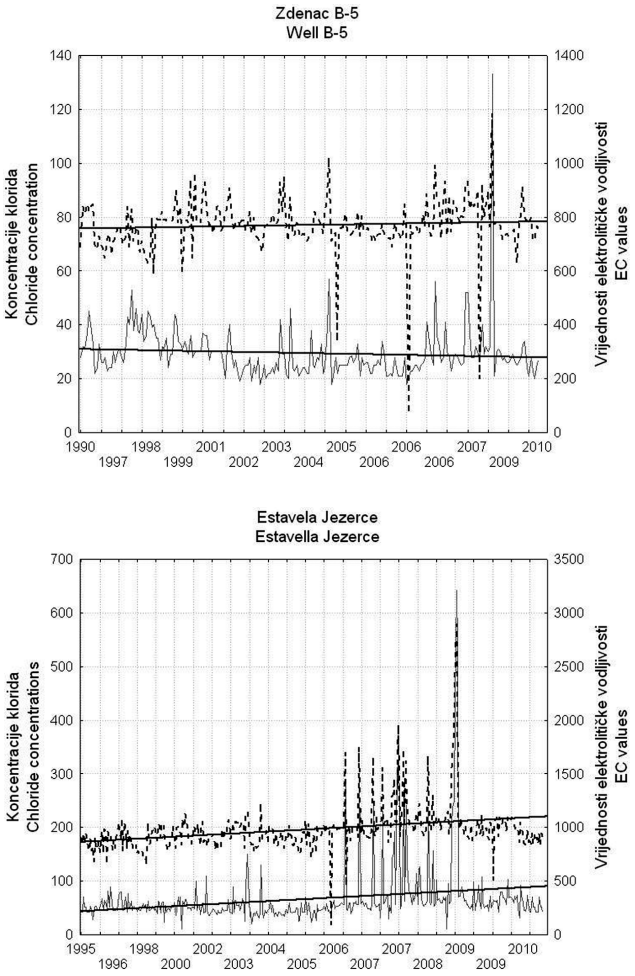
Ključne riječi: klimatske promjene, hidrokemijski parametric, podzemna voda, Bokanjačko blato
Key words: climate change, hydrcehmical parameters, groundwater, Bokanjačko blato

Bokanjačko blato je krško polje koje je depresija pokrivena jezerskim sedimentom i crvenicom. Područje slijeva Bokanjačkog blata najvećim je dijelom izgrađeno od okršenih karbonatnih naslaga kredne i eocenske starosti, čije je prostiranje isprekidano eocenskim fliškim sinklinalama. Geološka građa je prikazana na temelju Osnovne geološke karte (list Zadar; MAJCEN & KOROLIJA, 1973). Detaljna geološka kartiranja izvedena su u širem području Bokanjca za izradu hidrogeološke studije "Ravni Kotari i Bukovica" (FRITZ, 1976).

Slijev Bokanjačkog blata zauzima 182,57 km^2. Krške podzemne vode najvećim se dijelom kreću paralelno i subparalelno geološkim strukturama zbog izmjene barijera različitog tipa: od dubinskih relativnih barijera u dolomitnim antiklinalama, do fliških potpunih i visećih barijera. U zoni izvora Oko minimalne razine podzemne vode kreću se oko 58 m n.m., u Bokanjcu oko 10–11 m n.m. Ipak, dio podzemnih voda struji i dijagonalno, pa čak i okomito na geološku strukturu, od Poličnika prema području Bokanjačkog Blata. Time se iz cijele zone od Oka pa sve do Biljana Donjih, može očekivati podzemni doprinos količinama vode u užem sustavu Bokanjačkog Blata, a pojava tih voda prvenstveno se očekuje u zoni estavele Jezerce. Naime, barijera između ovih dvaju sustava isklinjava i dobrim dijelom gubi svoju funkciju na samom zapadnom rubu, te se podzemne vode oko (ili ispod) nje mogu kretati prema jugu. Prije izvedbe umjetnih intervencija oko Bokanjačkog Blata (tunel i injekcijska zavjesa), ono je povremeno poplavljivalo, a praznilo se kroz ponornu zonu u krajnjem nizvodnom dijelu polja (FRITZ, 1976). Istjecanje podzemnih voda iz ovoga sustava najvećim se dijelom događa paralelno borama, no po istome pravcu u obratnom smjeru događa se prodor morske vode u unutrašnjost. Morska se voda zbog veće gustoće proteže poput klina ispod slatke vode duboko u unutrašnjost, a dinamika i miješanje uzrokuju vrlo široku prijelaznu zonu. Što je manji gradijent, odnosno razina slatke vode u zaleđu, to je dublji prodor mora u unutrašnjost. Kako je riječ o vodoopskrbnim objektima, zaslanjenje nije samo rezultat prirodnog "klina" prodora mora u unutrašnjost, nego i konusnog uzdizanja (tzv. "upconing" u engl. literaturi) vode uzrokovanog crpljenjem. Estavela Jezerce najviše funkcionira kao povremeni izvor, a tek je rijetko u vrijeme prije drenaže polja tunelom funkcionirala i kao ponor.

Danas se za vodoopskrbu koristi Jezerce s prosječnim crpljenjem (2004.–2007.) od oko 140 L/s. U istom razdoblju iz dvaju Bokanjačkih zdenaca crpljeno je: oko 50 L/s iz B-4 i 40 L/s iz B-5.

Prema izvješću DHMZ-a godina 2009. rangirana je među deset najtoplijih od početka instrumentalnih motrenja, od 1850., prema izvorima podataka koje je prikupila Svjetska meteorološka organizacija (WMO). Globalna kombinirana temperatura zraka iznad površine mora i kopna za 2009. (siječanj-listopad) jest 0,44°C (± 0,11°C (0,70°F ± 0,20°F) iznad prosjeka za 1961–1990, koji iznosi 14,00°C/57,2°F. Prema tim podacima 2009. smještena je kao peta najtoplija godina. Dekada od 2000. (2000–2009) bila je toplija od dekade 1990. (1990–1999), koja je bila toplija od dekade 1980. (1980–1989) (KATUŠIN, 2010). Isto tako, prema BRANKOVIĆ et al., 2009., trend godišnjih količina oborine pokazuje njihovo smanjenje tijekom 20. stoljeća na cijelom području Hrvatske, čime se ono pridružuje tendenciji osušenja na Mediteranu. Jače je izraženo na Jadranu (Crikvenica: –1,8% na 10 god, statistički signifikantno i Hvar: –1,2% na 10 god), nego u unutrašnjosti (brdsko zaleđe – Gospić: –0,8% na 10 god, istočna Slavonija, Osijek: –1,3% na 10 god, sjeverozapadna Hrvatska, Zagreb-Grič: –0,3% na 10 god). To je rezultat sezonskih trendova oborine, koji su regionalno vrlo različiti. Na području sjevernog Jadrana (Crikvenica) uočeno je smanjenje svih sezonskih količina oborine, najviše izraženo ljeti (–2,7% na 10 god), a zatim u proljeće (–2,2% na 10god) i zimi (–1,8% na 10god). Na dalmatinskim otocima (Hvar) smanjenje godišnje količine oborine posljedica je smanjenja zimskih (–2,9% na 10god) i proljetnih (–2,0% na 10god) količina oborine. U gorskom zaleđu



Slika 1. Koncentracije klorida i vrijednosti EC u vodi zdenca B-5 i estavele Jezerce od 1995. do 2009. godine.
Figure 1. Chloride concentrations and EC values in well B-5 and estavelle Jezerce from 1995 to 2009.

(Gospić na ličkoj visoravni) također je najizraženije smanjenje zimskih (–2,7% na 10 god) i proljetnih (–2,0% na 10 god) količina oborine. Smanjenje godišnje količine oborine na području sjeverno od Save rezultat je smanjenja proljetnih (Osijek: –4,1% na 10 god i Zagreb-Grič: –1,1% na 10 god) i jesenjih (Osijek: –3,0% na 10 god i Zagreb-Grič: –1,4% na 10 god) količina oborine.

Hidrokemijski pokazatelji kao što su elektrolitička vodljivost (EC), temperatura podzemne vode (T), pH-vrijednost podzemne vode, koncentracije klorida, sulfata, natrija, kalija, bromida u priobalnim područjima mogu ukazati na utjecaj klimatskih promjena na kakvoću podzemne vode odnosno na utjecaj mora zbog slabljenja tlaka slatke vode u zaleđu zbog manjka oborina.

Vrijednosti klorida i EC u motrenom razdoblju od 1995. do 2009. godine pokazuju blagi pozitivni trend rasta na estaveli Jezerce, a na zdencu B-5 i B-4 ovaj trend se ne zamjećuje (Sl. 1). Isto tako se zapaža u vodi estavele Jezerca blagi pozitivni trend rasta temperature podzemne vode, dok na zdencima B-4 i B-5 ovaj trend se ne zamjećuje. Više koncentracije klorida počinju se opažati tijekom 2006. godine u vodi Jezerca.

Općenito se može zaključiti na temelju samo nekoliko hidrokemijskih pokazatelja da se utjecaj promjene u količini oborina i temperaturi zraka može vidjeti u kemijskom sastavu podzemne vode.

REFERENCE

BRANKOVIĆ, Č., CINDRIĆ, K., GAJIĆ-ČAPKA, M., GÜTTLER, I., PATARČIĆ, M., SRNEC, L., VUČETIĆ, V. & ZANINOVIĆ, K. (2009): Peto nacionalno izvješće Republike Hrvatske prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih naroda o promjeni klime (UNFCCC): Izabrana poglavlja: Opažene klimatske promjene u Hrvatskoj; Scenarij klimatskih promjena; Utjecaj klimatskih varijacija i promjena na biljke i na opasnost od šumskih požara, DHMZ, Zagreb.

FRITZ, F. (1976): Ravni Kotari – Bukovica.– Hidrogeološka studija. Institut za geološka istraživanja, Zagreb.

KATUŠIN, Z. (2010): Praćenje i ocjena klime u 2009. godini.– DHMZ, Zagreb.

MAJCEN, Ž. & KOROLIJA, B. (1973): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. Tumač za list Zadar.– HGI, Zagreb.

Project GENESIS: groundwater and dependent ecosystems – new scientific and technical basis for assessing climate change and land-use impacts on groundwater systems

Projekt GENESIS: podzemna voda i zavisni ekosustavi – nova znanstvena i tehnička osnova za procjenu klimatskih promjena i utjecaja korištenja zemljišta na sustave podzemnih voda

Zoran Nakić

Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo, Pierottijeva 6, 10 000, Zagreb, Hrvatska

Key words: integrated modelling, climate change, land-use impact, Zagreb aquifer system
Ključne riječi: integrirano modeliranje, klimatske promjene, utjecaj korištenja zemljišta, zagrebački vodonosni sustav

Groundwater resources are facing increasing pressure from water uses and contamination by diffuse (e.g. agriculture) and point pollution sources (e.g. industry). These pressures cause major threat and risk to the consumptive use of groundwater, e.g. for water supply or industry. Furthermore, groundwater pollution and lowering of groundwater levels in some areas resulted in negative impacts on quality and quantity status of groundwater dependent ecosystems (GDE). Land-use and particularly climate change are the key variables that determine the groundwater pollution potential. The future climate change scenarios suggest that global average temperature will increase by 1,8–4 °C from 2000-2100 (IPCC, 2007). This will result in increases in temperature, shifts in precipitation patterns and snow cover, an increase in the frequency of flooding and droughts, and the possible large impact of future sea-level rises (EEA, 2007). These impacts

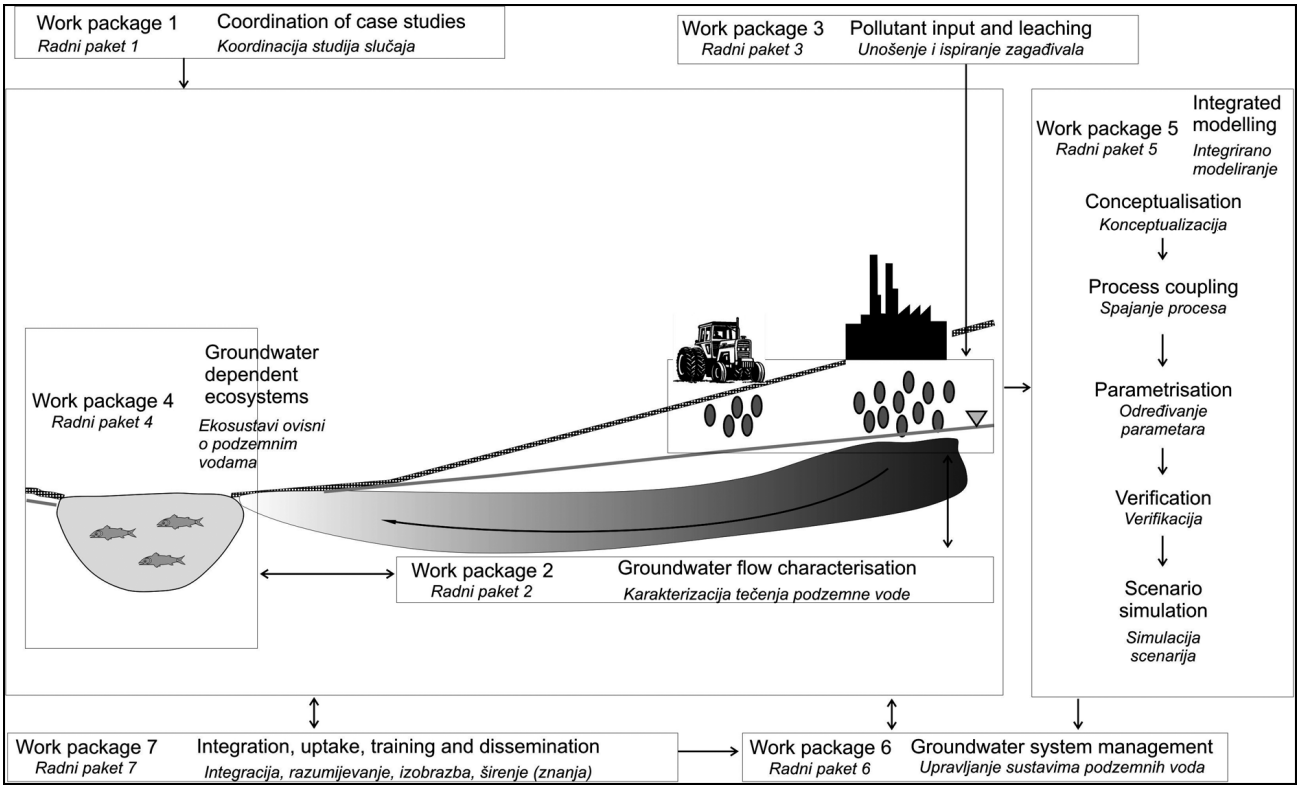


Figure 1. Linkages between work packages in the GENESIS project.
Slika 1. Veze između radnih paketa u projektu GENESIS.

will result in water quality and quantity changes as well as key economic activities such as tourism or agriculture.

The EU Groundwater Directive, GWD (2006/118/EC) and the Water Framework Directive, WFD (2000/60/EC) provide means to protect aquifers from pollution and deterioration. However, the new scientific basis for the revision of the GWD has been required in the articles and annexes of this directive, with the aim to solve specific issues related to the protection of groundwater and GDE. These needs will be addressed by EU GENESIS project, funded under the Seventh Framework Programme, with the aim to integrate pre-existing and new scientific knowledge into new methods, concepts and tools for the revision of the GWD and better management of groundwater resources. The work in this 5-years project, which started in 2009, has been divided into seven work packages, as shown in the Figure 1.

The Zagreb aquifer system has been selected as one of the test sites for the GENESIS project work purposes. Faculty of mining, geology and petroleum engineering, partner institution in the project consortium, is responsible for providing this case study for hypotheses testing and model developments and to study impacts and threats to groundwater and GDE from land-use (WP1).

Groundwater flow characteristics are studied using statistical modelling of groundwater level fluctuations, numerical modelling of ground water flow and also tracer methods, e.g. non-reactive environmental tracers ^{18}O, ^{2}H and ^{3}H, in order to verify and to improve the existing conceptual model of the Zagreb aquifer system (WP2). Development of conceptual model is also provided by detailed field and laboratory research, including detail sampling of bulk samples and undisturbed samples, field measurement of hydraulic conductivity in unsaturated zone, laboratory measurements of physical and chemical properties and column leaching experiment on undisturbed samples. Characterisation of the spatial-temporal nature of groundwater flow and transport of pollutants is supported by the modelling of groundwater flow and transport through the unsaturated zone at local scales in Zagreb area, using Hydrus software package (WP3) and by integration of the available data on GDE in Zagreb area in the conceptual model of the aquifer system in order to estimate recharge-discharge pattern between groundwater and GDE, particularly Sava river, which has great influence on recharging the groundwater in this area (WP4).

To couple various physical and geochemical processes in the Zagreb aquifer system, integrated modeling of unsaturated and saturated zone is required by applying 1 D column model (soil-unsaturated zone) to estimate recharge rates and concentrations of solutes (heavy metals) for use in MODFLOW in local scale. To apply the results in regional scale, statistical modeling is needed in order to interpolate the results of local coupled models and to create spatial distribution of parameters throughout the whole regional model domain. To achieve understanding of transport regime of heavy metals in heterogeneous alluvial aquifers and to reconstruct the evolution of an existing plume(s) (using heavy metals as indicators of contamination) from its origin to the present state it is necessary to gain the knowledge on initial concentrations of selected heavy metals in the model domain by calculating its geochemical background concentrations (WP5).

One of the key objectives of the GENESIS project is development of an integrated socio-hydro-economic modelling framework for selecting sustainable cost-efficient measures and management strategies to achieve the good quantitative and chemical groundwater status in an uncertain environment. Coupling of groundwater models and socio-economic data analysis is required in order to simulate the economic impacts of different policies and management strategies in the context of diverse land-use and climate change (WP6).

Acknowledgments: The study was supported by the European Community 7th Framework Project GENESIS (226536) on groundwater systems.

REFERENCES

Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy.– Off. J. Eur. Communities L 327, 22. 12.2000.

Directive 2006/118/EC of the European Parliament and of the Council of 12 December 2006 on the protection of groundwater against pollution and deterioration.– Off. J. Eur. Communities L 372, 27. 12.2006.

EEA (2007): Climate change and water adaptation issues.– EEA Technical report No 2/2007, 110 p.

IPCC (2007): Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change ŠSolomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M.Tignor and H.L. Miller (eds.)Ć. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 18 p.

Problematika numeričkoga modeliranja toka podzemne vode u kršu

Issues in numerical modeling of groundwater flow in karst

Jelena Parlov

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

Ključne riječi: numerički model, krš, podzemna voda
Key words: numerical model, karst, groundwater

Numerički model, bez obzira koliko bio složen, nikad ne može opisati vodonosni sustav bez odstupanja od stvarnih fizičkih procesa koji se u njemu odvijaju. Stoga, korisnik modela mora uvijek razumjeti posljedice pojednostavljenja i pretpostavki, koje su posebno izražene u izrazito heterogenim i anizotropnim sredinama kao što su to krški vodonosnici. Numerički modeli su alat za rješavanje problema, no ne i samo rješenje, niti pak točni odgovori za nedovoljno definirane probleme, jer pouzdanost modela prvenstveno ovisi o pouzdanosti ulaznih parametara.

Svako numeričko modeliranje počinje prikupljanjem ulaznih podataka potrebnih za opis promatranoga vodonosnog sustava. Faza prikupljanja podataka je ujedno i prva poteškoća modeliranja toka podzemne vode u krškom vodonosniku. Naime, osnovni ulazni podaci potrebni za izradu numeričkoga modela su geometrija prirodnoga sustava, podaci o izvorima, zdencima i piezometrima, hidrogeološki parametri vodonosnoga sustava i uvjeti na njegovim granicama. Upravo je ograničeni broj podataka o prostornom smještaju pukotina i kanala, kao i o njihovoj hidrauličkoj vodljivosti i međusobnoj povezanosti, glavni problem. Hidrogeološki parametri, čak i ako su određivani laboratorijski ili na temelju pokusnoga crpljenja, predstavljaju tek parametar lokalnoga značenja za kojega je mala vjerojatnost da predstavlja značajke cijeloga sustava.

Druga, i to vrlo značajna faza, je analiza pouzdanosti ulaznih podataka. Provjeri ulaznih podataka potrebno je posvetiti odgovarajuću pozornost, jer rezultati kasnijih obrada: matematičkog modeliranja, simulacija i optimizacija, ne mogu biti bolji nego što to dopušta kakvoća ulaznih podataka.

Treća faza u procesu numeričkog modeliranja je razvoj konceptualnoga modela. Dobar konceptualni model ključ je uspješnoga modeliranja i malo je vjerojatno da u procesu razvoja prvi konceptualni model bude i posljednji. Konceptualnim modelom se na pojednostavljen način opisuju svojstva prirodnoga sustava, te ih se prilagođava zahtjevima numeričkoga modela. Model treba biti pojednostavljena slika stvarnoga sustava, pri čemu treba težiti što većem približenju stvarnom sustavu ili kako bi to Albert Einstein rekao: "*Sve treba pojednostaviti koliko je god to moguće, ali ne više od toga!*".

Tri glavna koraka u razvoju konceptualnoga modela su: određivanje ključnih mehanizama toka podzemne vode; razvoj pojednostavljenja i pretpostavki koje omogućavaju analizu stvarnoga problema; i uspostavljanje radnih okvira modela (veličinu i tip modela). Ova faza modeliranja vrlo je zahtjevna, jer uključuje tumačenje i spajanje velikoga broja različitih informacija s prethodnim iskustvom u sliku koju je moguće numerički analizirati. Problem određivanja mehanizama toka podzemne vode u krškim vodonosnicima leži u složenom režimu toka kod kojega dolazi u pitanje tradicionalni Darcyev zakon, jer s obzirom na raznolikost sredina kroz koje se odvija tok (matriks, pukotine i kanali) može se pretpostaviti i pojava turbulentnoga toka u određenim uvjetima.

Priprema numeričkoga modela i njegova kalibracija često predstavljaju 50 do 70 posto ukupnoga vremena modeliranja. Priprema numeričkoga modela zahtijeva odabir domene modela, diskretizaciju prostora i vremena, određivanje početnih i graničnih uvjeta, te pripremu ostalih ulaznih podataka. Točnost rezultata uvelike ovisi o diskretizaciji prostora i vremena. Generalno, točnost rezultata raste smanjenjem veličine mreže (grida) odnosno smanjenjem vremenskoga koraka, ali se s time paralelno povećava vrijeme izvođenja računalnih operacija, kao i veličina prostora potrebnoga za pohranu podataka. Prostorna i vremenska diskretizacija može se odabrati optimaliziranjem sljedećih ciljeva: povećanje rezolucije mreže na područjima od većeg interesa (u blizini izvora i glavnih pukotina ili kanala); stabilnost rješenja s optimalnim vremenskim korakom; minimaliziranje numeričke disperzije; minimaliziranje računalnih zahtjeva za memorijom i vremenom potrebnim za izvođenje računalnih operacija.

Početni uvjeti opisuju raspodjelu razina podzemne vode. Oni u velikoj mjeri utječu na krajnje rezultate nestacionarnih simulacija dok kod stacionarnih simulacija nemaju značajniju ulogu. Početna raspodjela razina podzemne vode kreira se na osnovi podataka o izmjerenim razinama podzemne vode u piezometrima za određeni dan (početni dan u simulaciji). Kada se istjecanje iz krškoga vodonosnika odvija kroz izvor zapaženo je stvaranje "valovitoga" vodnog lica, bilo poprečno, bilo uzdužno ili oboje. Valovitost se javlja kao posljedica privilegiranoga toka kroz pukotine i kanale, koju

je posebno teško odrediti zbog, u većini slučajeva, nedostatka dovoljnoga broja opažačkih mjesta razine podzemne vode.

Kalibriranje modela predstavlja proces variranja nesigurnih ulaznih podataka modela u opravdanim rasponima tako dugo dok se ne postigne zadovoljavajuće poklapanje mjerenih podataka i izračunatih vrijednosti. Pod pojmom variranje u opravdanim rasponima podrazumijeva se variranje parametara unutar mjerenih ili vjerojatnih vrijednosti. Ulazni podaci modela mogu se podijeliti na pouzdane i nepouzdane parametre pri čemu je variranje nepouzdanih parametara prvi korak u procesu kalibracije. Sustavno mijenjanje svih parametara najčešće je gubitak vremena. Testiranje jednoga parametra često je brži i bolji put. Za kalibraciju treba koristiti sve dostupne informacije, ne samo mjerene vrijednosti razina podzemnih voda, već i podatke o ukupnoj bilanci mase, kao što su primjerice dotjecanje/otjecanje iz cijeloga sustava. U osnovi, najbolje je kad je pogreška bilance mase manja od 2 posto, inače se ne može sa sigurnošću reći, jesu li pogreške u kalibraciji posljedica pogreške u bilanci mase ili pogrešnih parametara korištenih u modelu.

Najosnovnija analiza na temelju koje se određuju pogreške u modelu je analiza mjerenih i simuliranih razina podzemnih voda. Svrha modela najčešće određuje razinu prihvatljive pogreške koja najčešće ovisi o heterogenosti sustava, složenosti granica, broju i točnosti mjerenih vrijednosti i slično. Općenito postoji pet osnovnih tipova pogrešaka. Matematičke ili greške računalnoga koda, konceptualne koje uključuju pogreške nedovoljno definiranih mehanizama sustava, te pogrešno definiranih granica. Pogreške ulaznih podataka, odnose se na pogrešno unesene podatke, greške mjerenja, te na heterogenost sustava koja nije poznata ili koju nije moguće odrediti u numeričkom modelu. Numeričke greške obično su zaokruživanje vrijednosti na određeni broj decimala i greške uzrokovane numeričkim rasipavanjem. I na kraju, pogreške u tumačenju do kojih dolazi zbog nerazumijevanja rezultata, najčešće u slučajevima kad računalni program ne raspolaže mogućnostima grafičkih i statističkih prikaza rezultata ili lošega poimanja očekivanih rezultata.

Verifikacija modela je proces u kojem se ispituje predstavlja li kalibrirani model stvarni sustav. Uspješno kalibriran model nije u svim slučajevima i pouzdan za precizna predviđanja, stoga je neophodna njegova provjera. Provjera modela u najvećoj mjeri odnosi se na nesigurne ulazne podatke. Nesigurnim podacima smatraju se oni za koje ne postoje dovoljno detaljna mjerenja (hidraulička vodljivost, uskladištenje, količina dotjecanja i otjecanja, efektivna poroznost) dok se mjereni parametri (vodostaji, količine crpljenja podzemne vode) smatraju sigurnim podacima.

Cilj analize modela variranjem vrijednosti nesigurnih ulaznih parametara je da se prikaže odgovor modela za različite vrijednosti tih parametara. Analiza odgovora modela daje razinu nesigurnosti predviđanja modela i raspon neujednačenosti kalibriranih ulaznih podataka. Osim analize variranjem parametara može se provesti i analiza variranjem diskretizacije prostora (grid). Rezultati takvih analiza mogu ukazati da ponekad kalibrirani podaci nisu jednoznačni. U tom slučaju neophodne su ponovne analize ili pak dodatni terenski podaci.

Predviđanja numeričkim modelom često se smatraju glavnim ciljem modeliranja, iako modeliranje može imati i druge svrhe osim predviđanja ponašanja sustava. Interpretacija predviđanja modelom treba uključiti znanja stečena modeliranjem koja će odrediti gdje je model manje, a gdje više točan, kao i stupanj nesigurnosti u predviđanju. Ne postoje nekorisni modeli. Postoje samo oni koji su pouzdani za predviđanje i oni koji to nisu. Modeli koji nisu pouzdani, odnosno oni koji nisu zadovoljili kalibracijske kriterije služe kao smjernice za prikupljanje novih podataka, omogućuju poboljšanje konceptualizacije stvarnoga sustava, bolje shvaćanje uvjeta u stvarnom sustavu, te bolje shvaćanje mehanizama koji upravljaju tokom podzemne vode. Numeričko modeliranje zahtijeva veliku količinu podataka i informacija o sustavu, pa stoga i potiče prikupljanje, organiziranje i analiziranje tih podataka. Već samo prikupljanje, obrada i analiza tih podataka daje nova saznanja o sustavu. Ako se pak, iz tih saznanja numeričkim modelom uspije opisati sustav koji je blizak stvarnosti, onda ti podaci omogućuju da se shvati dinamika sustava, te da se predvidi reakcija tih sustava u slučaju promjene uvjeta u njima.

Modeliranje transporta zagađivala u zagrebačkom vodonosniku u svrhu procjene ugroženosti rezerviranog prostora vodocrpilišta "Črnkovec"

Modeling of contaminant transport in Zagreb aquifer in order to assess pollution risks to reserved area of wellfield "Črnkovec"

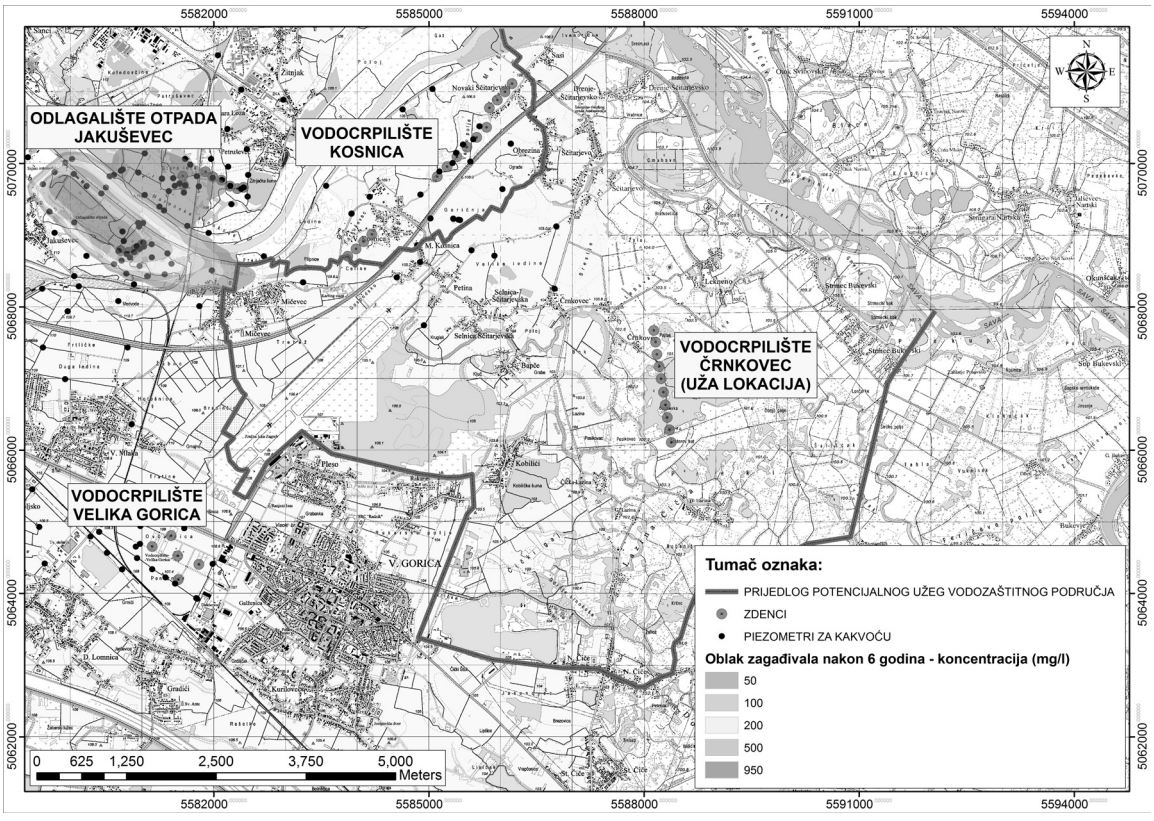
Kristijan Posavec[1], Andrea Bačani[1] & Renata Kolačević[2]

[1]Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo, Pierottijeva 6, 10 000, Zagreb, Hrvatska
[2]Hrvatske vode, VGO Grad Zagreb, Ulica Grada Vukovara 220, 10000, Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: odlagalište otpada Jakuševec, model transporta zagađivala, vodocrpilište "Črnkovec"
Key words: waste repository Jakuševec, contaminant transport model, wellfield "Črnkovec"

Model transporta zagađivala kreiran je za potrebe procjene recentnog prevladavajućeg smjera gibanja zagađivala s područja odlagališta otpada Jakuševec (RGN fakultet, 2009), a s ciljem procjene potencijalne ugroženosti rezerviranog prostora vodocrpilišta "Črnkovec" koji obuhvaća vodocrpilište Kosnica i Črnkovec (uža lokacija). Taj prostor definiran je Odlukom o donošenju Prostornog plana Zagrebačke županije (Glasnik Zagrebačke županije br. 3/2002 i 6/2002 (ispravak)) kao potencijalno uže vodozaštitno područje "Črnkovec" koje treba tretirati kao II. zonu zaštite.

U modelu su simulirani mehanizmi advekcije i mehaničke disperzije. S obzirom na izrazito visoke vrijednosti hidrauličke vodljivosti zagrebačkog vodonosnika, advekcijski transport zagađivala predstavlja dominantan mehanizam,



Slika 1. Prijedlog vodozaštitnog područja "Črnkovec".
Figure 1. Proposition of water protection area "Črnkovec".

dok značajnu ulogu ima i mehanička disperzija zbog izražene heterogenosti vodonosnika. Mehanizam difuzije ne dolazi u značajnijoj mjeri do izražaja zbog velikih brzina toka podzemne vode koje su posljedica kako visokih vrijednosti hidrauličke vodljivosti tako i visokih hidrauličkih gradijenata u blizini rijeke Save. Reaktivni transport koji uključuje geokemijske i biološke reakcije nije simuliran jer ti mehanizmi ne utječu značajnije na sam smjer gibanja oblaka zagađivala. Ključan element u identifikaciji prevladavajućeg smjera gibanja s obzirom na dominantno prisutan advekcijski mehanizam transporta zagađivala, čine trajanja visokih, srednjih i niskih vodostaja Save, a koji dominantno utječu na razine podzemne vode zagrebačkog vodonosnika. Iz rezultata dosadašnjih analiza smjerova gibanja podzemne vode temeljenih na kartama ekvipotencijala za niske, srednje i visoke vode, evidentno je da se podzemna voda, a s njome i oblak zagađivala, giba u smjeru juga za vrijeme visokih vodostaja Save, u smjeru istoka i jugoistoka za vrijeme srednjih te u smjeru istoka i sjeveroistoka za vrijeme niskih vodostaja Save. No te karte daju sliku jednog trenutka u vremenu pa nije moguće utvrditi veličinu pomaka oblaka zagađivala u pojedinom smjeru, a koji ovisi o trajanju niskog, srednjeg i visokog vodostaja Save. U tu svrhu je provedena simulacija transporta u razdoblju od 2003. do 2008. godine, a kojom se simulirao i ključan element trajanja visokih, srednjih i niskih vodostaja Save.

Analizom rezultata šestogodišnje simulacije zaključuje se da je transport oblaka zagađivala dominantno u smjeru jugoistoka i istoka. Hidraulička situacija je na ovom području takva da se za vrijeme niskih voda odnosno niskih vodostaja Save podzemna voda giba u smjeru Save dok se za vrijeme visokih voda giba od Save prema zaobalju. Ovakvu tendenciju gibanja prema Savi i od Save ima i oblak zagađivala pa možemo reći da se na samom području odlagališta Jakuševec oblak zagađivala "ziba" u smjerovima sjeveroistoka i jugoistoka, a dominantno odnosno prevladavajuće rezultanto gibanje je u smjeru jugoistoka i istoka. Značajna je činjenica da se koncentracija zagađivala u podzemnoj vodi s početnih 1000 mg/l zadanih na području odlagališta otpada Jakuševec već kod naselja Mičevec smanjila na oko 50 mg/l. To ukazuje da već i samo simulacija mehanizma mehaničke disperzije, koji teži disperzirati ili raširiti zagađivalo u svim smjerovima duž advektivnog puta i smanjiti koncentraciju zagađivala, dovodi do značajnog smanjenja koncentracije već na malim udaljenostima (oko 1,5 do 2 km) od odlagališta otpada Jakuševec, a što potvrđuju i rezultati provedene analize podataka o kakvoći podzemne vode. Naime, ekstremne koncentracije indikatora zagađenja, u prvom redu mangana i željeza, zatim olova, kadmija, arsena i amonijaka prisutne su samo u piezometrima neposredno nizvodno od odlagališta Jakuševec, dok se s udaljavanjem od odlagališta bilo prema istoku ili prema jugu koncentracije značajno smanjuju.

Rezervirani prostor vodocrpilišta "Črnkovec" prethodno je analiziran u studiji međuutjecaja rezerviranog prostora vodocrpilišta "Črnkovec" i predviđenih sadržaja na prostoru Zračne luke Zagreb (EKONERG, 2004), gdje se ističe da zaštita izvorišne zone "Črnkovec" mora imati prioritet u odnosu na druge aspekte razvitka prostora te da se treba planski štititi od svih postojećih i potencijalnih objekata/zahvata izvora zagađenja. Nadalje je istraživan 2006. i 2007. godine u radovima Elektroprojekta d.d. Rješenja koja su predložena, a koja bi značajno promijenila postojeću sliku rezerviranog prostora vodocrpilišta "Črnkovec", odnose se na isključivanje vodocrpilišta Črnkovec (uža lokacija) iz daljnjih razmatranja proširenja vodocrpilišta te usmjeravanje razvoja cjelokupnog vodocrpilišta na vodocrpilište Kosnica na području između rijeke Save i "Zagrebačke obilaznice". U nastavku radova (Institut IGH d.d., 2009) izvedeno je 7 novih piezometara u priljevnom području vodocrpilišta Velika Gorica, a analize kakvoće podzemne vode 16 fizikalno-kemijskih i 4 mikrobiološka parametra pokazale su povećane koncentracije mangana na 5 i amonija na jednom piezometru, dok su svi ostali pokazatelji određeni u koncentracijama ispod MDK.

Uzimajući u obzir rezultate svih analiza koje su provedene u sklopu istraživanja u ovom radu kao i rezultate prethodnih istraživanja, zaključuje se da ne postoje dovoljno čvrsti modelski, a pogotovo ne mjereni terenski dokazi, koji bi opravdali napuštanje zaštite bilo kojeg dijela rezerviranog prostora vodocrpilišta "Črnkovec". U prilog tome također ide i činjenica da zagrebački vodonosni sustav spada u strateške zalihe podzemnih voda Hrvatske prema Strategiji upravljanja vodama ("Narodne novine broj" 91/08). Iznimno je važno istaknuti i da je rezervirani prostor vodocrpilišta "Črnkovec" područje s najdebljim naslagama na području cijelog zagrebačkog vodonosnika. Stoga bi napuštanje zaštite bilo kojeg dijela rezerviranog prostora vodocrpilišta "Črnkovec" prije terenskih istraživanja i ispitivanja te kontinuiranog praćenja kakvoće podzemne vode koja se do danas nisu sprovela na 75% površine postojećeg rezerviranog prostora vodocrpilišta "Črnkovec", bilo suprotno Strategiji upravljanja vodama Republike Hrvatske i neodgovorno s aspekta strateške vrijednosti podzemne vode. Stoga se novelacija rezerviranog prostora vodocrpilišta "Črnkovec" predlaže isključivo na prostoru na kojem se postojeća granica potencijalnog užeg vodozaštitnog područja "Črnkovec" preklapa s III. zonom zaštite vodocrpilišta Kosnice (Službeni glasnik Grada Velike Gorice 15/04) i Velike Gorice (zone zaštite prihvaćene su od strane stručnog povjerenstva i kao takve idu na usvajanje na Županijsku skupštinu), dok se na preostalom prostoru predlaže preuzimanje granice potencijalnog užeg vodozaštitnog područja crpilišta "Črnkovec", a koja je određena u okviru važeće prostorno planske dokumentacije (Sl. 1).

LITERATURA

EKONERG (2004): Studija međuutjecaja Prostornim planom Zagrebačke županije predviđenih sadržaja na prostoru Zračne luke Zagreb i vodocrpilišta Črnkovec, Zagreb.

Elektroprojekt d.d. (2006): Ispitivanja u svrhu novelacije položaja vodozahvata crpilišta Črnkovec.

Elektroprojekt d.d. (2007): Studijski i vodoistražni radovi na utvrđivanju optimalnog rješenja razvoja crpilišta Črnkovec, Zagreb.

Institut IGH d.d. (2009): Izvedba piezometara na području crpilišta "Črnkovec", Zagreb.

RGN fakultet (2009): Razvoj modela simulacije toka podzemnih voda i modela pronosa onečišćenja podzemnim vodama za rezervirani prostor crpilišta "Črnkovec", Zagreb.

Mehanizmi zaslanjenja priobalnih krških izvorišta – primjer Bubić jame

The mechanism of seawater intrusion into coastal karst springs – example of Bubić jama

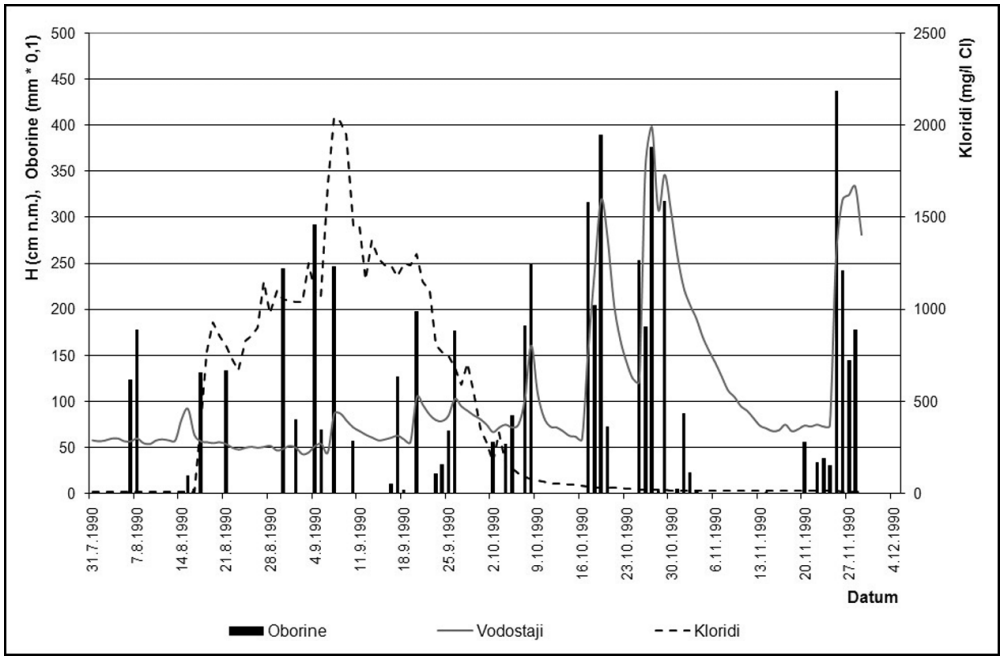
Josip Rubinić[1] & Ivana Gabrić[2]

[1]Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, V.C. Emina 5, 51 000 Rijeka, Hrvatska (jrubinic@gradri.hr)
[2]Hrvatske vode, VGO Dalmatinskih slivova, Vukovarska 35, 21 000 Split, Hrvatska

Ključne riječi: krški izvor, priobalje, zaslanjenje, korištenje voda
Key words: karst spring, cosastal area, seawater intrusion, water use

U kršu je priobalna zona definirana zonom utjecaja kolebanja plime i oseke (FORD & WILLIAMS, 2007). To je prostor najintenzivnijih komunikacija krških vodonosnika s morem, pa i prostor na kome se podzemne vode često javljaju na površini – u vidu istjecanja krških izvora. S jedne strane zbog osjetljive ravnoteže slane i slatke vode u takvim priobalnim krškim vodonosnicima, a s druge strane zbog izraženih hidrauličkih promjena upravo na tom prostoru, velik broj priobalnih krških izvora povremeno ili stalno zaslanjuje. Intenzitet takvih zaslanjenja u ovisnosti je o otvorenosti komunikacija njihova vodonosnika s morem, a često je potaknut i precrpljivanjem vodonosnika. Intenzivni procesi litoralizacije, sa sve više potrošača i onečišćivača na uskom priobalnom području, uz zapažene negativne opće trendove vezane uz prirodne procese (opadanja količina oborina, protoka i razina podzemnih voda, porast razine mora), usložnjavaju okvir gospodarenja priobalnim krškim vodnim resursima. Stoga je sigurno da će se rješenja osiguranja vode za različite vidove korištenja u skoroj budućnosti tražiti i u većem korištenju uvjetno rečeno "problematičnijih" vodnih resursa u kršu, priobalnih izvorišta i vodonosnike koji povremeno ili stalno zaslanjuju.

Bubić jama je jedno od takvih izvorišta koje povremeno zaslanjuju. Nalazi se u Plominskom zaljevu, udaljena 200 m od korita Boljunčice, s kojim u situacijama manjih dotoka komunicira more. Jama je lijevkastog oblika, dimenzija na



Slika 1. Zaslanjenje Bubić jame krajem ljeta 1990.
Figure 1. Seawater intrusion into Bubic jama at the end of the year 1990.

površini cca 60 x 40 m i ukupne dubine oko 25 m. Dno je na koti od 15,3 m ispod razine mora, a razine vode u normalnim uvjetima eksploatacije osciliraju u rasponu 0,37 i 7,98 m n.m., s prosjekom od 1,16 m n.m. Od 1969. g. koristi se kao zahvat vode za TE Plomin 1, od 2000. g. i za TE Plomin 2 s prosječnim godišnjim crpljenjem od oko 23 l/s, te najvećim srednjim mjesečnim crpljenjima od 31,3 l/s. Planira se i povećanje njezinog korištenja – s jedne strane za osiguranje vode za planirani objekt TE Plomin 3, a s druge strane i za osiguranje vodoopskrbnih potreba Vodovoda Labin, čime se približava podatku od oko 100 l/s na koliko je procijenjen njen minimalni kapacitet. No, problem su povremene pojave zaslanjenja kada sadržaj klorida, koji se u uobičajenim hidrološkim prilikama kreće u rasponu između 6 i 20 mg/l, naraste i do preko 2000 mg/l, a pri precrpljivanju za potrebe izgradnje novog dimnjaka 1988. g. čak i 8.800 mg/l. Prva postupna povećanja sadržaja klorida zapažena već pri probnim crpljenjima, kao posljedica precrpljivanja jame. U eksploataciji su zaslanjenja registrirana u dvama ciklusima – tijekom 1971.–76. te 1988.–1992. Tijekom spomenutih razdoblja prekomjerno zaslanjivanje registrirano je svake godine (RUBINIĆ, 2007a). Provedenim analizama utvrđeno je da u do sada uobičajenim eksploatacijskim uvjetima najčešći uzrok zaslanjenja nije sniženje razine vode u Bubić jami, već pojava intenzivnih oborina nakon dugotrajnijih sušnih razdoblja (Slika 1). Tom prilikom dolazi do naglih promjena hidrauličkih prilika u podzemlju, te potiskivanja zaslanjene vode iz rubnih dijelova vodonosnika u smjeru najmanjih hidrauličkih otpora, a to je kroz samu jamu. Nakon 15-tak godina bez pojave zaslanjenja, ono je ponovno zabilježeno početkom listopada 2007. g., u uvjetima izazvanim pregrađivanjem korita bujice Boljunčica, podizanjem razine vode u kanalu a time i u vodonosniku i samoj Bubić jami za oko 60 cm, a kojom prilikom je došlo i do prodora mora u samo pregrađeno korito (RUBINIĆ, 2007b). U takvim induciranim uvjetima kloridi su porasli s prethodno stabiliziranih oko 12 mg/l na 1080 mg/l (Slika 2). Respektirajući uzroke pojave zaslanjenja (nagla promjena hidrauličkih uvjeta), dobro primijenjenom strategijom odslanjivanja (crpljenje zaslanjene vode iz jame umjesto nekada uobičajenog pa i višemjesečnog čekanja da se jama sama odslani), kloridi su se vratili u normalu nakon 4–5 dana od njihove pojave.

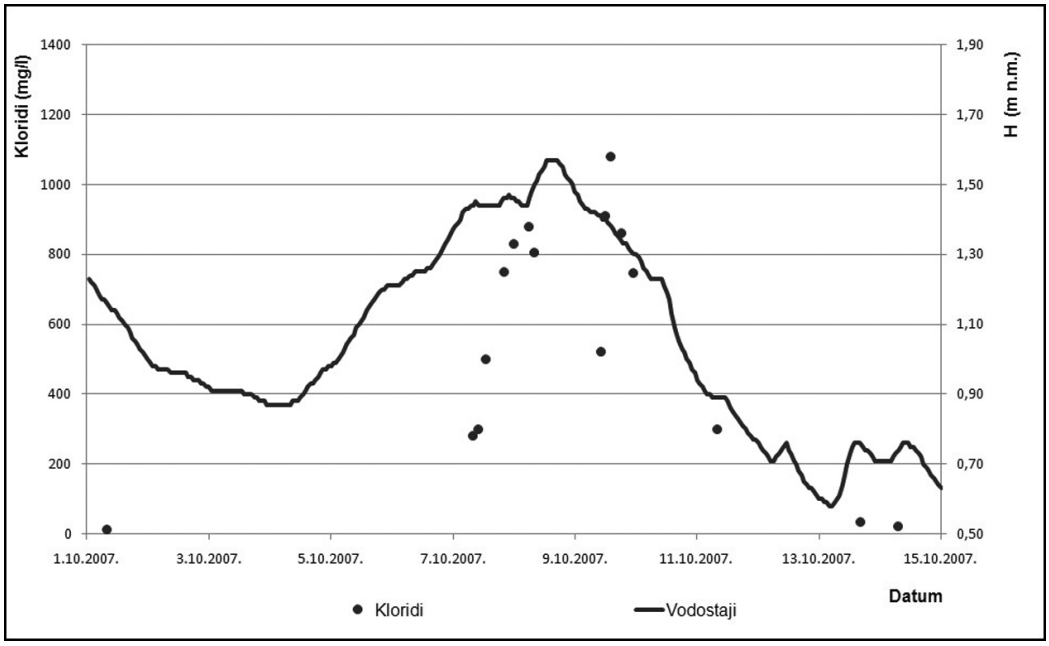
Zabilježene pojave zaslanjivanja voda Bubić jame, s praktički laboratorijskim opitom prilikom situacije u 2007. g. pokazale su da se pri upravljanjima resursima s povremenim zaslanjenjima mora voditi računa o mehanizmu zaslanjivanja – da li do njega dolazi zbog precrpljivanja na vodozahvatu ili kao posljedica sloma ravnoteže slane i slatke vode u uvjetima naglog nailaska većih voda nakon dugotrajno sušnih razdoblja. Ukoliko se radi o izvorima koji imaju naglašen ovaj drugi mehanizam zaslanjivanja, njihovo je korištenje moguće na način da se kritično razdoblje povećanih saliniteta prebrodi privremenim zahvatom iz nekog od zamjenskih izvorišta koje u uvjetima povećanja dotoka ne zaslanjuje, a njihovo odslanjivanje je moguće ubrzati povećanim crpljenjima. U samo radu su detaljnije analizirani mehanizmi zaslanjenja, kao i odslanjenja priobalnih krških izvora.

LITERATURA

FORD, D. & WILLIAMS, P. (2007): Karst Hydrogeology and Geomorphology.– Wiley, Chichester, 562 p.

RUBINIĆ, J. (2007a): Temeljna hidrologija, vodni resursi i sedimentacijski procesi na utjecajnom području TE Plomin.– Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, 267 str.

RUBINIĆ, J. (2007b): Izvorište Bubić jama – Hidrološka analiza pojave zaslanjenja u listopadu 2007.g. i prijedlog novelacije hidrološkog monitoringa.– Građevinski fakultet Sveučilišta u Rijeci, 20 str., Rijeka.



Slika 2. Situacija zaslanjenja u listopadu 2007.
Figure 2. Seawater intrusion event in October 2007.

Sulfatne krške podzemne vode Zapadne Hercegovine, Bosna i Hercegovina

Sulphate karstic groundwaters of Western Herzegovina, Bosnia and Herzegovina

Natalija Samardžić

Federalni zavod za geologiju, Ustanička 11, Ilidža, Sarajevo, BiH
(natalijasamardzic@yahoo.com)

Ključne riječi: krš Zapadne Hercegovine, mineralne sulfatne podzemne vode, povremeno mineralne sulfatne vode, vode s povišenim sadržajem sulfata, porijeklo sulfata
Key wards: karst of Western Herzegovina, mineral sulphate graundwaters, periodical mineral sulphate graundwaters, waters with high content of sulphates, genesis of sulphates

Izvori s povišenim sadržajem sulfata su rijetkost u holokrškim terenima Vanjskih Dinarida. Ovakvi izvori se pojavljuju u Zapadnoj Hercegovini od Neretve preko Ljubuškog do Gruda i Širokog Brijega. U ovom području postoje 4 vrste podzemnih krških voda: 1) mineralne sulfatne vode, 2) povremeno mineralne sulfatne vode, 3) vode s povišenim sadržajem sulfata i 4) hidrokarbonatne vode.

Ustanovljeno da je izvor Klokun-Klobuk jedini, čija je voda uvijek mineralna, tj. ima mineralizaciju veću od 1 g/l tokom cijele hidrološke godine sa sadržajem sulfata >400 mg/l (maksimum 634 mg/l). Ovo je jedan od najvećih mineralnih izvora u Europi s minimalnom izdašnosti Q_{min}=3,6 m^3/s (SLIŠKOVIĆ et al., 1983). Vrelo Nenač je samo jednom analizirano i prema ovoj analizi voda je mineralna.

Neki od izvora ovog područja, kao što su Krupa-Kordići, Jeovo-Kordići, Bućalo-Kordići, Nezdravica, Modro Oko u određenim periodima godine imaju sadržaj sulfata veći od 500 mg/l, što je razlog da i njihova mineralizacija tada bude veća od 1 g/l, tako da prema uobičajenim hidrogeološkim klasifikacijama pripadaju povremeno mineralnim vodama te su isti u ovom radu tako tretirani. Sva ova vrela se nalaze s lijeve strane Tihaljine, uzvodno od izvora Klokun i sva su uzlaznog tipa, što znači da im je prihranjivanje, akumuliranje, pražnjenje i hidraulički mehanizam sličan izvoru Klokun.

Izvori Nečista – Kordići, Jakšenica, Grabovo vrelo, Vrioštica – Vitina, Studenci – Vrilo, Studenci – Vakuf i Studenci – Kajtazovina, Arape Mlin, Crno Oko-Žitomislići i Lištica nemaju nikada u toku godine mineralizaciju veću od 1 g/l, ali povremeno ili stalno imaju povišen sadržaj SO_4^{2-} iona (>100 mg/l), dok većina krških izvora to nema.

Osim navedenih izvora, podzemne vode s povišenim sadržajem sulfata su prisutne i u susjednim terenima Hrvatske kao što su izvori Norin, Klokun, Modro Oko i Butina.

Za razliku od prethodnih, najveći je broj stalnih i povremenih vrela, koja nemaju povišen sadržaj sulfata, već su to hidrokarbonatne vode. Takva su npr. vrela: Veliki i Mali Praporac, Crno vrelo-Grabovica, Studenac-Mostar, Grudsko vrelo i izvor Peć Mlini – vrelo Tihaljine.

Mineralne sulfatne podzemne vode u kršu Zapadne Hercegovine su nedovoljno istražene. Istraživanja ovih voda su najčešće vršena u svrhu regionalnih hidrogeoloških istraživanja, kao što je izrada OHGK, 1:100.000 i izrada Elaborata o hidrogeološkoj rejonizaciji i bilansu podzemnih voda BiH te je u određenoj mjeri poznat njihov kemijski sastav, kvantitet (izdašnost) i pravci cirkulacije podzemnih voda. Podzemne vode s povišenim sadržajem sulfata su bolje istražene od mineralnih, jer se pojedina vrela koriste u svrhu vodosnabdijevanja (Vrioštica-Vitina, Studenačka vrela-Vrilo, Vakuf, Kajtazovina). Razlog niskog stupnja istraženosti jest ograničena primjena ovih voda, jer vode kod kojih je sadržaj sulfata veći od 200 mg/l, prema Pravilniku o higijenskoj ispravnosti vode za piće (Sl. list SFRJ, br. 33/87 i 13/91), a koji se prema Zakonu o primjenjivanju i preuzimanju saveznih propisa (Sl. list RBiH, br. 2/92) primjenjuje kao republički propis, ne mogu se koristiti za javno vodosnabdijevanje.

Akviferi mineralnih i povremeno mineralnih sulfatnih voda i voda s povišenim sadržajem sulfata su vapnenci i dolomiti trijaske, jurske i kredne starosti. Sulfati u ovim vodama vode porijeklo od klastita permo – trijasa u kojima su prisutni gips i anhidrit, kroz koje vode cirkuliraju na svom putu do pojavljivanja na površini terena. Ovi izvori se najčešće pojavljuju na navlačnom (tektonskom) kontaktu vapnenaca i dolomita mezozoika na eocenski fliš.

Veći sadržaj sulfata pokazuju oni izvori koji imaju manje oscilacije izdašnosti u toku hidrološke godine (izuzetak predstavlja vrelo Vakuf-Studenci). Izvori s najvećim sadržajem sulfata i mineralizacijom su koncentrirani s lijeve strane Tihaljine od izvorišta do Klobuka, dok je sami izvor rijeke Tihaljine niskomineralni, tipični krški izvor (HCO_3-Ca tip vode), s niskim sadržajem sulfata. Razlog za ovo jesu niskomineralne vode Vrlike, koja ponire u Drinovcima i pojav-

ljuje se na izvoru Tihaljine, kao i druge niskomineralne vode Imotskog i Bekijskog polja (Grudskog polja), koje poniru na ponorima u ovim poljima i pojavljuju se na navedenom vrelu.

Izvori u Studencima – Vrilo, Vakuf i Kajtazovina, po sadržaju sulfata, u svim hidrološkim uvjetima, u korelaciji su s vrelom Vrioštica-Vitina, tj. ova vrela odlikuje vrlo sličan sadržaj sulfata te se može pretpostaviti da ista imaju slične uvjete prihranjivanja, cirkulacije, akumuliranja i formiranja fizičko-kemijskih karakteristika voda. Ostaje otvoreno pitanje zašto vrelo Vakuf-Studenci ima znatno ujednačeniju izdašnost u odnosu na druga vrela Vitine i Studenaca. Slična po sadržaju i oscilacijama sulfata su i vrela Arape Mlin i Crno Oko-Žitomislić, dok vrelo Lištice karakterizira nešto manji sadržaj sulfata u odnosu na prethodno spomenuta dva vrela.

Porijeklo sulfata na vrelima u neposrednom slivu Neretve – Crno Oko i Arape Mlin se djelimično može vezati za poniruće vode rijeke Lištice koja sadrži sulfate, a čije vode se gube na ponorima u jugoistočnom dijelu Mostarskog blata i pojavljuju na ovim izvorima. Poniruće vode Lištice nisu jedini izvor sulfata na Crnom Oku i Arape Mlinu, jer je njihov sadržaj manji na vrelu Lištice nego na druga dva vrela, osim ako se rijeka Lištica ne obogaćuje sulfatima duž toka.

Pretpostavljeno je da sulfati na izvorima u Hrvatskoj – Norin, Klokun i Modro Oko potiču od poniručih voda Tihaljine, Mlade i Trebižata, što bi trebalo utvrditi bojenjem ponora u koritu ovih vodotoka, kao i istodobnim uzorkovanjem, odnosno analiziranjem fizičko-kemijskog sastava površinskih voda Tihaljine, Mlade i Trebižata i navedenih izvora.

LITERATURA

SLIŠKOVIĆ, I., TAHIROVIĆ, F. & PETRINA, M. (1983): Elaborat o hidrogeološkoj rejonizaciji i bilansu podzemnih voda u pukotinskim i karstno – pukotinskim stijenskim masama BiH-e.– Geoinženjering, Sarajevo.

Prilog poznavanju geneze mineralnih voda u Kiseljaku kod Sarajeva

Contribution to knowledge the genesis of mineral water in Kiseljak near Sarajevo

Ferid Skopljak

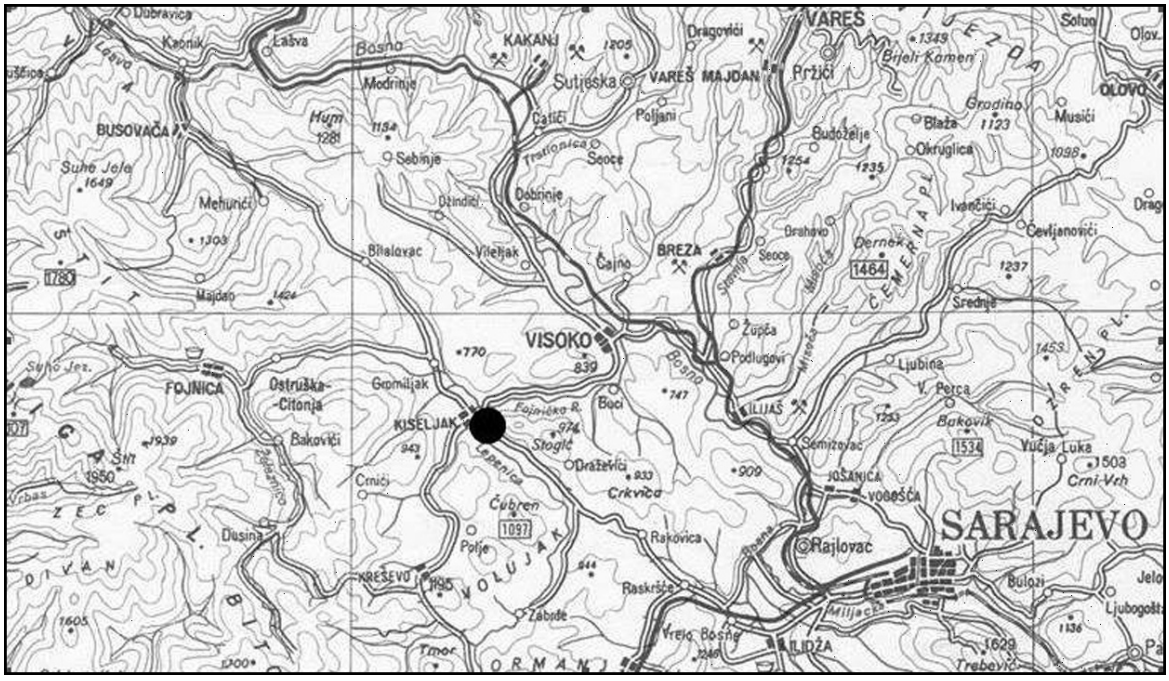
Federalni zavod za geologiju, Sarajevo, Ustanička br. 11, Ilidža, BiH
(fskopljak@yahoo.com)

Ključne riječi: perm, trijas, mineralna voda, CO_2
Key words: Permian, Triassic, mineral water, CO_2

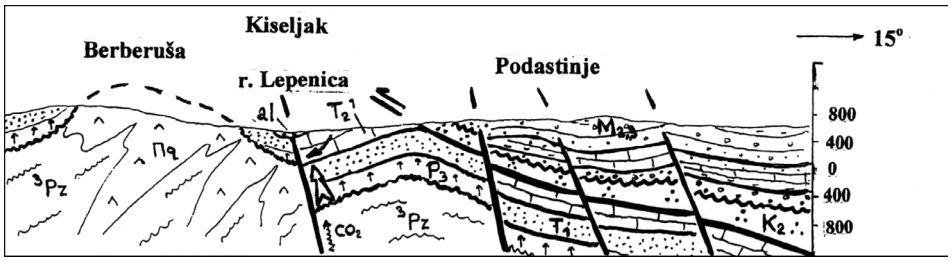
Ležište mineralne vode u Kiseljaku je formirano u središnjim Dinaridima Bosne i Hercegovine; na kontaktu dvije, geološki u mnogo čemu različite, strukturno tektonske jedinice; srednjobosanskog škriljavog gorja na jugozapadu i sarajevsko-zeničkog limničkog bazena na sjeveroistoku (Sl.1). Pojave izvora mineralne vode su linijski raspoređene duž busovačkog razloma koji se pruža od Ilidže na jugoistoku do Busovače na sjeverozapadu (KATZER, 1919).

U građi ležišta su kloritsko-sericitsko-kvarcni škriljci, filiti, pješčenjaci (^{3}Pz), te izljevi i proboji kvarcporfirita (?q) silur-devona preko kojih su diskordantno taložene naslage gornjeg perma (P_3) u čijem sastavu su brečasti vapnenci, konglomerati sa uloščima pješčenjaka i glinaca, te laporoviti vapnenci sa slojevima i lećama gipsa. Preko permskih naslaga kontinuirano se talože pješčenjaci, glinci i lapori donjeg trijasa (T_1) koji naviše prelaze u dolomite i vapnence srednjeg trijasa anizika (T_2^1). Preko karbonata srednjeg trijasa su u Kiseljaku taložene aluvijalne naslage (al), a na sjeverozapadu su na njih navučene naslage fliša gornje krede (K_2), preko kojih su diskordantno taložene limničke naslage srednje-gornjeg miocena ($M_{2,3}$).

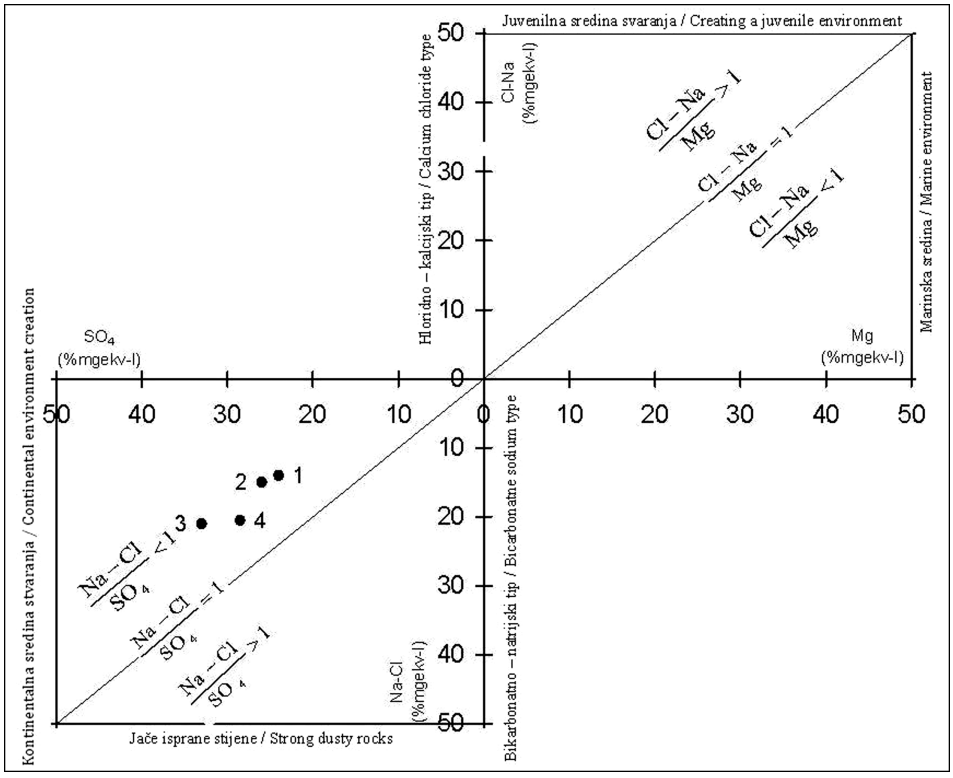
Ležište mineralne vode u Kiseljaku pripada hidrogeokemijskoj oblasti mineralnih i termomineralnih voda jugozapadnog oboda sarajevsko-zeničkog basena. Primarni akvifer mineralnih voda su klastiti i evaporiti perma, a sekundarni karbonati anizika (SKOPLJAK & BAŠAGIĆ, 2007). Paleozojski metamorfiti i vulkaniti, kao i naslage donjeg trijasa i gornje krede, su pretežno nepropusne stijene čija se propusnost povećava u zoni busovačkog rasjeda. Propusnost stijena sekundarnog akvifera, prema podacima crpljenja zde-



Slika 1. Situacioni položaj ležišta mineralne vode u Kiseljaku, M 1: 500.000
Figure 1. Situational position of deposits of mineral water in Kiseljak, M 1: 500.000



Slika 2. Hidrogeološki profil terena u ležištu mineralnih voda u Kiseljaku.
Figure 2. Hydrogeological profile terrain in the deposits of mineral water in Kiseljak.



Slika 3. Genetski grafikon Sulina za mineralne vode u Kiseljaku.
Figure 3. Genetic chart Sulin for mineral water in Kiseljak.

Legenda/Legend: 1. B-4 (01.04.1983.); 2. B-4 (04.02.2003.); 3. B-2 (june 1983.); 4. P-2 Podgaj (11.05.1967.)

naca u Kiseljaku, ima srednje vrijednosti hidrauličke vodljivosti $K_{sr} = 5{,}1\times10^{-5}$ m/s, transmisivnosti $T_{sr} = 6{,}08\times10^{-3}$ m^2/s i $a_{sr} = 5{,}04\times10^{-3}$ m^2/dan. Bilansne rezerve mineralne vode u ležištu Kiseljak iznose Q = 46,9 l/s. Mineralna voda je HCO_3-SO_4-Ca-Na tipa; temperature oko 11,0 °C; mineralizacije oko 3250 mg/l i sadržaja CO_2 oko 3500 mg/l.

Mineralna voda i ugljični dioksid u njima imaju različito porijeklo (sl.3). Voda je atmosferskog porijekla; usporenom cirkulacijom descendira u primarni akvifer gdje se obogaćuje sa CO_2 i mineralnim tvarima. Usljed visokog tlaka u primarnom akviferu mineralna voda ascendentno, duž busovačkog rasjeda, dotiče u sekundarni akvifer i ističe na izvorima.

Voda je, najvjerovatnije, mješavina dvije ili više voda različite mineralizacije. Miješanje voda je u zoni sekundarnog akvifera i na većim dubinama bez uticaja suvremenih klimatskih faktora. Na intenzivno miješanje voda ukazuju visok odnos Ca/Sr=821, Na/Cl=4,77 i Ca/SO_4=1,79, dijagrami miješanja, te sadržaj tricija ^3H=6,0 TU (ZERBE, 2007). Miješanje mineralnih voda sa običnim vodama u aluvionu nije registrirano.

Ugljični dioksid je, najvjerovatnije, termometamorfan; nastao u katalizi djelovanjem SiO_2 na karbonate u dubljim dijelovima zemljine kore, gdje su kvarcporfiri probili paleozojske tvorevine.

LITERATURA

KATZER, F. (1919): K poznavanju mineralnih vrela Bosne.– Glasnik zemalj. Muzeja BiH, 191–264, Zemaljska štamparija, Sarajevo.

SKOPLJAK, F. & BAŠAGIĆ, M. (2007): Zaštita izvorišta mineralne vode "Sarajevski kiseljak" u Kiseljaku.– Institut za geologiju Građ. fakulteta Sarajevo.

ZERBE, H. (2007): Analiza mineralne vode bunara B-4 u Kiseljaku.– Institut Fresenius, Taunusstein-Njemačka.

Usporedba rezultata trasiranja ponorne zone sjevernog kraka Gacke kod Otočca

Comparison of the Gacka river northern branch sinking area tracing tests results

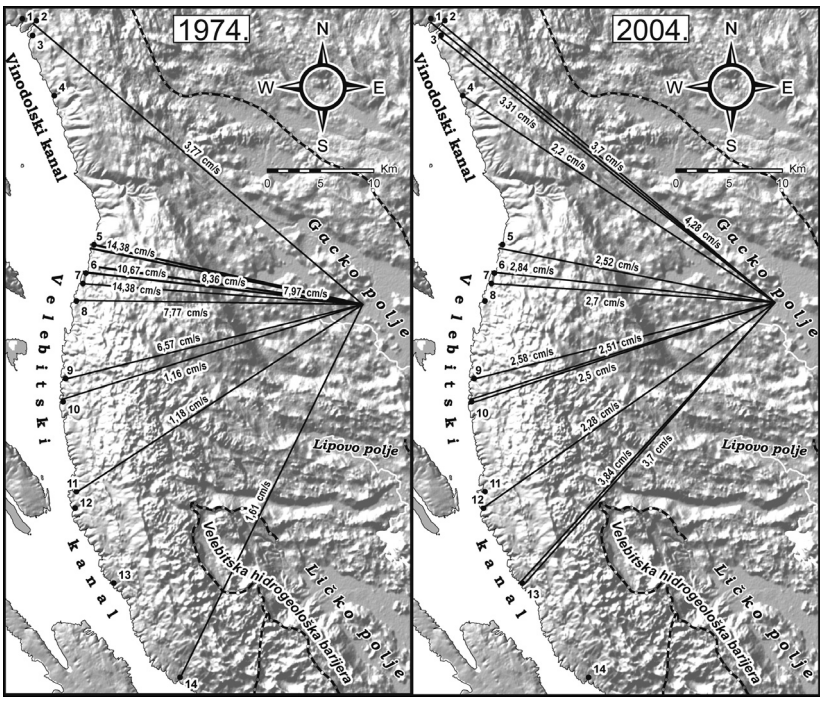
Andrej Stroj, Mladen Kuhta & Franjo Dukarić

Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Hrvatska
(andrej.stroj@hgi-cgs.hr)

Ključne riječi: trasiranje, podzemna vodna veza, krš, Lika
Key words: tracing test, underground flow path, Lika karst region

1974. godine izvedeno je prvo trasiranje ponora Bikina jama uz sjeverni krak Gacke kod Otočca (BIONDIĆ & GOATTI, 1975). Pojava trasera utvrđena je na vrlo širokom području od Novljanske Žrnovnice na sjeveru do Cesarice na jugu (Sl. 1). Širina područja istjecanja trasera predstavljala je iznenađenje (BIONDIĆ & GOATTI, 1976), pogotovo u pogledu utvrđene veze prema izvoru Cesarica, koja je presječena Velebitskom hidrogeološkom barijerom (PAVIČIĆ, 1997). Trasiranjem je također utvrđen smjer djela ponorne vode sjevernog kraka Gacke prema kaptiranom izvoru Novljanska Žrnovnica, koji se koristi za javnu vodoopskrbu područja Novog Vinodolskog i Crikvenice. Prethodno novelaciji zaštitnih zona Novljanske Žrnovnice u skladu s novim Pravilnikom (NN 55/02), 2004. godine obavljeno je novo trasiranje iste ponorne zone. Traser je prilikom ovog trasiranja, zbog nepovoljnih uvjeta na prethodnoj lokaciji, upušten u aktivni ponor oko 200 m nizvodno od Bikine jame (DUKARIĆ & STROJ, 2004).

Pojava trasera utvrđena je na većini izvora kao u prethodnom trasiranju, uz izuzetak izvora Cesarica, što je u konačnici rezultiralo i nešto užom zonom istjecanja (Tablica 1, Sl. 1). Rezultati novijeg trasiranja značajno se razlikuju od rezultata prethodnog prema vrijednostima prividnih brzina podzemnih tokova, pogotovo u smjeru izvora šireg područja Jurjevske Žrnovnice. Prilikom ranijeg trasiranja prema Jurjevskoj Žrnovnici utvrđena je vrlo velika brzina od 14,38



Slika 1. Utvrđene podzemne vodne veze trasiranjima 1974. i 2004. godine.
Figure 1. Underground connections from year 1974. and 2004. dye tracing tests.

Tablica 1. Usporedni prikaz rezultata trasiranja 1974. i 2004. godine.
Table 1. Comparison of dye tracing results obtained in year 1974. and 2004.

Izvor	Udaljenost (km)		20. 11. 1974.		18. 11. 2004.	
	1974.	2004.	v_p (cm/s)	K_{max}(mg/l)	v_p (cm/s)	K_{max} (mg/l)
Tepla (1)	41,4	41,6	0		3,5–4,0	akt. ugljen
Novljanska Ž. (2)	40,6	40,8	3,77	0,005	4,28	0,0219
Klenovica (3)	40,1	40,1	–		3,31	0,0156
Kozica (4)	35,3	35,3	–		2,0–2,5	akt. ugljen
Jurjevo (5)	26,1	26,4	14,38	0,5	2,52	0,0254
Jurjevska Ž. (6)	26.4	26,7	14,38	0,005	2,84	0,0414
Duboka (7)	26,3	26,6	7,97	0,005	2,5–3,0	akt. ugljen
Ždralova (8)	26,9	26,9	7,77	0,001	–	
Donja Klada (9)	29,0	29,3	6,57	0,004	2,58	0,0284
Starigrad (10)	29,6	30,0	1,16	0,0006	2,51	0,0082
Stinica (11)	31,8	32,1	1,18	0,001	0	
Jablanac (12)	33,7	33,7	–		2,28	0,0125
Bačvica (13)	35,4	35,6	0		3,84	0,0204
Cesarica (14)	39,0	39,2	1,61	0,0006	0	

cm/s, dok je tijekom novog trasiranja iznosila 2,84 cm/s. I prema ostalim izvorima postoje znatne razlike u prividnim brzinama, uz izuzetak brzina u smjeru Novljanske Žrnovnice koje su relativno su slične. Hidrološke prilike tijekom oba trasiranja imala su značajke vodnijeg razdoblja, uz razliku da je u danima nakon upuštanja trasera 1974. vodostaj Gacke bio u opadanju, dok je 2004. slijedio izraženiji vodni val. Razlike u hidrološkim prilikama nakon upuštanja trasera, tj. uspor izazvan infiltracijom oborina na području između ponora i priobalja vjerojatno je bio glavni uzrok navedenih razlika u prividnim brzinama.

LITERATURA

BIONDIĆ, B. & GOATTI, V. (1975): Bojenje ponora Gacke kod Otočca.– Fond str. dok. HGI, 5782, Zagreb.

BIONDIĆ, B. & GOATTI, V. (1976): Hidrogeološke prilike ponornih zona rijeka Like i Gacke i njihove podzemne veze s izvorima u Hrvatskom Primorju.– 4. Jugoslavenski simpozij o hidrogeologiji i inženjerskoj geologiji, knj. 1, 1–14, Skopje.

DUKARIĆ, F. & STROJ, A. (2004): Trasiranje tokova podzemne vode u svrhu definiranja granice sliva izvorišta Novljanske Žrnovnice.– Fond. str. dok. HGI, Zagreb.

PAVIČIĆ, A. (1997): Hydrogeological Evaluation of Water Retaining Properties of the Kosinj Reservoir (Lika, Croatia).– Geol. Croat. 50/2, 289–298, Zagreb.

Karbonatne i klastične naslage paleogena u Istri (geološki i hidrogeološki prikaz)

Paleogene clastic and carbonate rocks of Istria Peninsula (Croatia): geological and hydrogeological account

Marko Šparica[1], Andrea Bačani[2] & Vibor Novak[1]

[1]Croatian Geological Survey, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Croatia
(marko.sparica@hgi-cgs.hr)
[2]Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Hrvatska
(andrea.bacani@rgn.hr)

Ključne riječi: regionalna geologija, hidrogeologija, Istra, Hrvatska
Key words: regional geology, hidrogeology, Istria, Croatia

Litostratigrafski sastav eocenske sukcesije u Istri, sastoji se od slijeda karbonatnih i siliciklastičnih naslaga koje su taložene nakon prekida u sedimentaciji između senona do donjeg eocena. Trajanje emerzijske faze je promjenjivo od područja do područja, što je razlogom, da su neki dijelovi eocenskih naslaga transgresivno taloženi na različite dijelove kredne podloge. Pojednostavljeno, sastoje se od slijeda od pet litostratigrafskih cjelina u rangu formacije:

1. Formacija "Liburnijske naslage". Sedimenti ove jedinice lokalno su prisutni i taloženi tijekom donjeg eocena (ipres) u najnižim dijelovima paleoreljefa. Karakterizira ih oscilirajuća ingresija. Sastoje se od slatkovodnih do brakičnih i lagunarnih sedimenata s ugljenom.

2. Formacija "Foraminiferski vapnenci" izgrađena je od karbonatnih litostratigrafskih tipova: miliolidni, alveolinski, numulitni i diskociklinski vapnenci koji su u normalnom superpozicijskom slijedu. Taloženi su od "ipres/luteta do srednjeg i gornjeg luteta (ŠPARICA et al., 2000).

3. Formacija "Prelazni slojevi" odlagana je u okolišu plitkog i dubokog mora. Donji dio stupa naslaga izgrađuju glinoviti vapnenci člana zvanog raznim nazivima: "gomoljasti vapnenci", "naslage s rakovicama", "vapnenci s glaukonitom", "prelazne naslage" i gornji dio formacije kojeg izgrađuju masivni hemipelagički bioturbirani lapori (član "Globigerinski lapori"). Vrijeme taloženja je srednji-gornji lutet. Ovi lapori su posljednji litofacijes koji je taložen dosadašnjim mehanizmom sedimentacije "sloja na sloj" jer se na ovoj vremenskoj razini počinju mijenjati mehanizmi sedimentacije i započinje taloženje fliša turbiditskim tokovima. Velike promjene u režimu sedimentacije na prostoru karbonatne platforme počinju u srednjem eocenu, djelovanjem tzv. pirinejskih tangencijalnih tektonskih pokreta. U karbonatnoj platformi ugiba se koritasta depresija "dinarskog" pružanja (okomito na globalni tangencijalni stres). Na veličinu ovih tektonskih destrukcija kao i geometriju novog prostora sedimentacije upućuju duboke strukturne promjene koje su zahvatile i Moho-diskontinutet.

4. Formacija "Fliš" je sastavni dio velikoga taložnog prostora koji se protezao istočno- jadranskim priobaljem i nekim otocima: od okolice Trsta u Italiji, Istre, jugozapadne Slovenije, Hrvatskog Primorja i Dalmacije sve do Boke Kotorske u Crnoj Gori. Sedimentacija fliša je posljedica značajnih geotektonskih promjena u područjima platformskih karbonata, što je u svezi s vremenom aktivnosti pirinejske tangencijalne tektonske faze (eocen-oligocen), tako se fliš može shvatiti kao sintektonski sediment. Geometrija i fiziografija sedimentacijskog prostora i do danas je u osnovi sačuvala primarno obilježje pirinejske tektonike. Fliš se pojavljuje na istovjetnom stratigrafskom nivou podloge. Može se reći da je ukupan taložni prostor fliša imao oblik korita (grabe) poput epikontientalnog ožiljka povezanog na jugoistoku s oceanom Thetys. Budući da je prinos detritusa pristizao u novostvoreni bazen iz sjeveroistočnih okopnjenih područja do šelfa, pa niz kontinetsku padinu do bazenskog dna, fliški su litofacijesi i flišu lateralni faciesi raspoređeni zonarno u kontinuiranom taloženju paralelno s dužom osi bazena. Na području Istre i istarskog zaleđa, fliške naslage se pojavljuju u tri temeljna odnosa prema naslagama podine: a) u kontinuiranom taloženju na platformskim karbonatima podloge, b) s gravity flows sedimentima u bazi c) u erozijskoj diskordanciji na naslagama platformskih karbonata (MARINČIĆ et al., 1996). Taloženje fliša počinje kad su stečeni uvjeti za njegovu sedimentaciju. To su razvijena fiziografija bazena s formiranim šelfom, kontinetskom padinom i bazenskim dnom. Talože se bazenski turbiditi, koje najčešće izgrađuju sekvencije Bouma tipa. Sedimentacija fliša u Istri obuhvaća relativno kraće geološko razdoblje od gornjeg luteta do gornjeg eocena (možda donjeg oligocena?). U tom razdoblju je sedimentirano 300–350 m naslaga.

5. Formacija "Flišoidni sedimenti" ("Semifliš"). U vršnim dijelovima fliške sukcesije u području Pićanj, Pedrovica i

Gračišće, počinje progradacijski proces koji se manifestira taloženjem sve debljih Tb i Tc intervala, koji završavaju s izmjenom slojeva breča, konglomerata, pješčenjaka i lapora bez izraženih sedimentnih struktura i tekstura koje su inače karakteristične za fliš. Po svemu sudeći pojava ovog "semifliškog" litofacijesa označava vertikalnu granicu fliša, odnosno regresivni facijes fliša, koji postupno prelazi u "molasoidnu" sedimentaciju.

U hidrogeološkom smislu je od svih navedenih formacija fliš svakako najznačajniji, jer svojim prostornim položajem određuje hidrogeološke odnose na području Istre. On predstavlja barijeru kretanju podzemne vode kroz karbonatne stijene i svojom nepropusnošću omogućava pojavu izvora, površinskih tokova i ponora na kontaktu s karbonatnim naslagama. Prema tome u regionalnim odnosima fliš je nepropusna stijena u odnosu na karbonatne naslage. Međutim, fliš kao cjelina za sebe je vrlo heterogen i sastoji se od učestale izmjene litoloških članova različitih geoloških osobitosti. Na području sjeverne i središnje Istre dobro propusne stijene unutar fliških naslaga su karbonatne sekvencije čije se debljine kreću od 0,2 do 10 m. Prostiranje karbontnih sekvencija može biti više desetaka km². Registrirani su brojni izvori čija je pojava vezana za kontakt dobro propusne karbonatne sekvencije i siliciklastične nepropusne podloge. Najčešće su to vrela silaznog tipa različitog kapaciteta od 0,1 do 1 l/s, na kojima voda gravitacijski istječe preko nepropusne podloge. Od izvora većeg kapaciteta u flišu Istre svakako treba spomenuti vrelo Momjan, koje je vezano za kontakt nepropusnih lapora siliciklastične sekvencije i dobro propusnih krupnozrnatih konglomerata kabonatne sekvencije. Voda izbija kroz nekoliko pukotina, što otežava mjerenje izdašnosti. Procijenjena izdašnost ovog vrela je između 5 i 10 l/s u sušnom razdoblju. Prema usmenim informacijama mještana iz naselja Momjan, vrelo nikada nije presušilo i uvijek je istog kapaciteta. Ova, za flišku sredinu velika izdašnost može se protumačiti blizinom tektonske zone "Bujske antiklinale" tj. tektonski predisponiranim putevima podzemne vode iz okršene karbonatne podloge kroz relativno tanke, neotekonskom aktivnošću poremećene fliške naslage (BAČANI & ŠPARICA, 1999).

Vodne pojave vezane za fliš Istre zaslužuju pažnju s hidrogeološkog aspekta, jer iako se nalaze u specifičnom klastično-karbonatnom stijenskom kompleksu, koji se u izučavanju regionalnih hidrogeoloških odnosa krških područja smatra nepropusnom sredinom, oni su od značaja za lokalnu vodoopskrbu manjih mjesta.

LITERATURA

ŠPARICA, M., DROBNE, K., TUNIS G, BERGANT, S., HAJEK-TADESSE, V. & BAČANI, A. (2000): Il flysc eocenico dell' Istria. 80°Riunione Estiva, Guida alle escursioni, escursione B 3, 281–283, Trieste, Italia.

MARINČIĆ, S., ŠPARICA, M., TUNIS, G. & UHMAN, A. (1996): The Eeocene flysc of the Istria Peninsula in Croatia and Slovenija: regional, stratigraphic, sedimentological and ichnological analyses.– Anals for Istrian and Mediterranean Studies, 9/96 139–156, Koper.

BAČANI, A. & ŠPARICA, M. (1999): Hidrogeološke značajke fliša Istre na primjeru izvora Momjan.– 2. Hrvatska konferencija o vodama, 253–258, 19–22 svibnja 1999, Dubrovnik.

Pokusno crpljenje i kretanje razina podzemne vode u eksploatacijskim zdencima na krškom izvoru rijeke Čikole

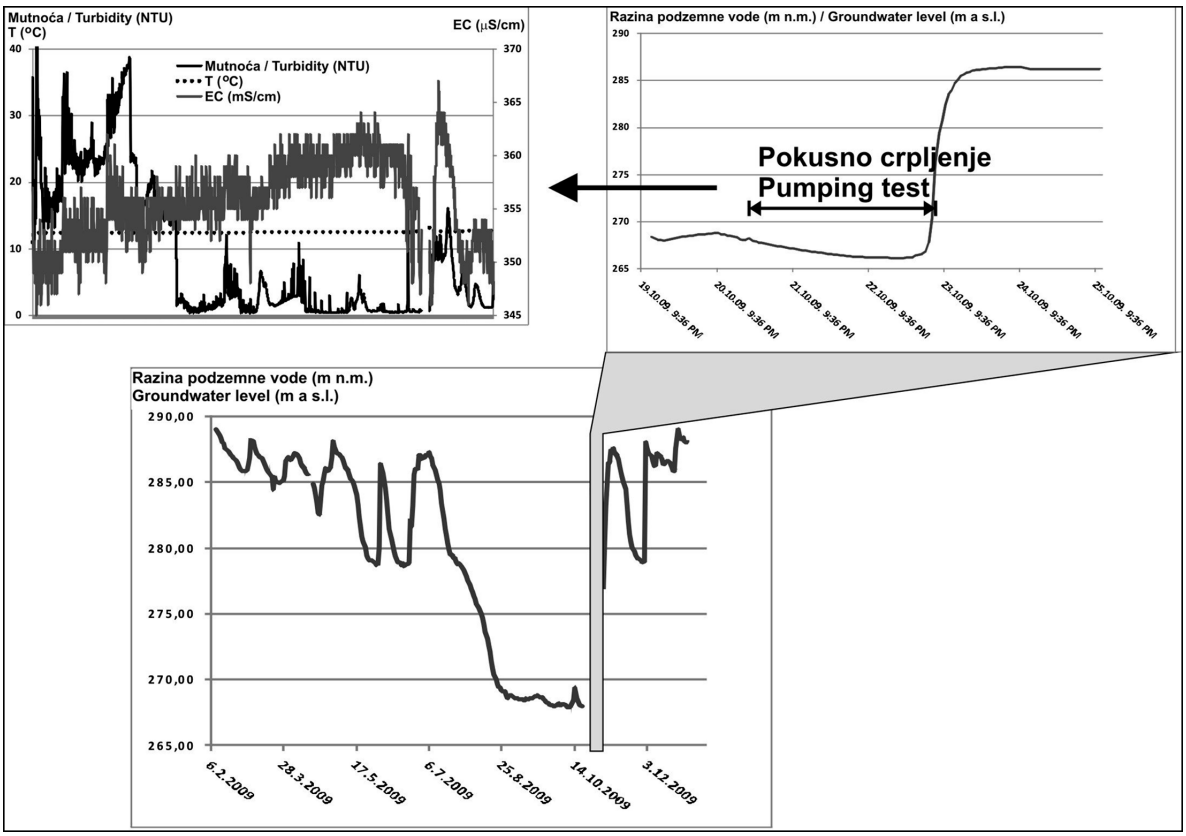
Pumping test and groundwater level fluctuations of the extraction wells on the karst spring of the Čikola River

Josip Terzić[1], Tihomir Frangen[1], Zdravko Brajković[2] & Kosta Urumović[1]

[1]Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Hrvatska
[2]Hrvatske vode, Vukovarska 35, 21 000 Split, Hrvatska

Ključne riječi: krš, hidrogeologija, špilja, pokusno crpljenje, Hrvatska
Key words: karst, hydrogeology, cave, pumping test, Croatia

Izvor krške rijeke Čikole nalazi se u sjevernoj Dalmaciji, blizu Drniša. Smješten je uz sjeveroistočni rub krškog Petrovog polja. Kako morfološki, tako i prema režimu istjecanja, ovaj je izvor izrazito krških značajki. Glavno je mjesto izviranja smješteno u špilji, a cijelo izvorište sastoji se od oko 100 m široke zone (depresije) u kojoj se nalazi veći broj pukotina i sufozijskih udubljenja. Izvor u vrijeme niskih razina podzemnih voda (RPV) presušuje, dok pri višima iz njega izvire cijela rijeka Čikola (na samom izvoru ponekad istječe više m^3/s). Slijev ovog izvora smješten je u planini Svilaji, tipičnom terenu krških Dinarida koji je u najvećoj mjeri izgrađen od okršenih vapnenaca i breča s proslojcima dolomita donjo i gornjokredne starosti, a manjim dijelom od litološki heterogenih naslaga gornje jure (IVANOVIĆ et al., 1977).



Slika 1. Kretanje razine podzemne vode tijekom 2009. (minimalne dnevne razine), pokusno crpljenje sa satnim razinama podzemne vode i minutne promjene mutnoće, temperature i EC vrijednosti.

Figure 1. Trends in groundwater level during 2009 (minimum daily levels); and pumping test with hourly groundwater levels; and minute based turbidity, temperature and EC values.

U neposrednom zaleđu špilje/izvora Čikole smješteno je javno vodocrpilište. U crpnoj stanici nalaze se četiri bušena zdenca promjera 750 mm. Zdenci su izbušeni nakon podrobnih speleoloških istraživanja (BEŠENIĆ et al., 1986). Špilja je tada geodetski snimljena kako bi se zdencima zahvatila podzemna voda u samoj špilji, što je obavljeno uspješno. Kao najvažnija kota u ovim mjerenjima određena je kota 278 m n.m. na kojoj se voda pojavljuje na ulazu u špilju.

Prethodni pokušaji pokusnog crpljenja izvora Čikole nisu izvedeni u potpunosti u skladu s planom (ŠARIN, 1983 i 1988) i određivanje stvarnog kapaciteta ostalo je više ili manje u području procjene. Instalirani kapaciteti crpki u vodocrpilištu su ukupno oko 240 L/s. Ipak, niti s ovom količinom nije se crpilo dugo bez prekida, pa je odlučeno da se upravo takav pokus obavi u vrijeme niskih RPV na kraju sušnog razdoblja. Stoga je u listopadu 2009., nakon što se RPV u zdencima gotovo dva mjeseca nije dizala iznad 270 m n.m., započelo pokusno crpljenje maksimalnim kapacitetom triju vodovodnih crpki (četvrta trenutno ne radi). Dio iscrpljene vode korišten je za vodoopskrbu, a višak ispuštan oko 1200 m daleko od izvora Čikole (u blizini povremenog izvora Mala Kanjevača) kako bi se izbjegla recirkulacija vode – poteškoća primijećena u prethodnim istraživanjima (ŠARIN, 1983). U jedan od zdenaca postavljen je automatski mjerač razine tvrtke Eijkelkamp (Diver CTD), koji mjeri razinu, temperaturu i elektrolitičku vodljivost (EC). Postavljen je i automatski mjerač mutnoće (Fluorometar GGUN-FL). Povremeno su uzimani uzorci vode za hidrokemijske analize. Međutim, niti ovo pokusno crpljenje nije obavljeno kako je planirano. Dva dana nakon početka crpljenja u slijevu je počela padati jaka kiša na koju je izvor brzo reagirao i usprkos intenzivnom crpljenju RPV se počela intenzivno podizati. Nastavak crpljenja ubrzo je postao besmislen i pokus je prekinut. Postavljeni Diver CTD je ostao zaglavljen u zdencu, pa se neće moći koristiti minutna rezolucija kretanja RPV. Ipak, to je manji problem jer se razine mjere i automatskim sustavom vodovoda (Sl. 1). Analiza ovih rezultata i praćenje promjena RPV tijekom 2009. i 2010. biti će od velike važnosti pri planiranju crpljenja u bliskoj budućnosti. Naime, odlučeno je da se već 2010. ovaj pokus odradi do kraja u sušnom razdoblju, najvjerojatnije tijekom rujna, kada bi se trebalo obaviti desetdnevno pokusno crpljenje maksimalnom crpnom količinom.

Pokusno crpljenje (Sl. 1) je započelo nakon dugotrajno niskih RPV u gotovo idealnim uvjetima 21.10.2009. u 8:00. Nakon dva dana započela je jaka kiša u slijevu. Do trenutka kada je postignuta najniža razina – 23.10. u 9:00 (49 sati crpljenja s Q=180 L/s) sniženje je iznosilo 2,07 m (razina se s 268,22 m n.m. spustila na 266,15). U sljedećih 7-8 sati utjecaj kiše blago je podizao razinu (u 16:00 RPV je bila 266,82 m n.m.) da bi u sljedećim satima došlo do naglog skoka. U jutro 24.10., točno tri dana nakon početka crpljenja, RPV se podigla za čak 20,03 m iznad minimalne razine na 286,18 m n.m. (oko 18 m iznad početne razine). Kad je nagli rast razine započeo, oko 18:20 (23.10.) pokusno je crpljenje prekinuto. Nisu zamijećene bitnije promjene kemijskog sastava vode. Moguće je tek obratiti pažnju na neznatan – ali jasan porast EC tijekom crpljenja s oko 350 na 360 mS/cm prije doprinosa novo-infiltrirane kiše. Temperatura je blago rasla s 12,4 na 12,7°C. Mutnoća je znatnije varirala u početku crpljenja, ponajviše zbog vidljivog zraka u iscrpljenoj vodi (miješanje sa zrakom u crpnom sustavu) zbog kojega su mjehuri plina prekrivali aparat. Kada se taj utjecaj stabilizirao, mutnoća je bila niska (uglavnom 1-2 NTU).

REFERENCE

BEŠENIĆ, M., PLANČIĆ, A., BROZOVIĆ, T., JURIŠIĆ, G., PŠENICA, Ž., KOZARIĆ, N. & PŠENICA, M. (1986): Ronilački radovi na izvoru Čikole. Ronilački centar "Sava", Zagreb.– Arhiv Hrvatskih voda, Split. Tehničko izvješće, neobjavljeno.

IVANOVIĆ, A., SIKIRICA, V., MARKOVIĆ, S. & SAKAČ, K. (1977): Osnovna geološka karta SFRJ. List Drniš, M 1:100.000.– HGI-CGS, Zagreb. Izdanje Saveznog geološkog zavoda, Beograd.

ŠARIN, A. (1983): Tehnički izvještaj o pokusnom crpljenju izvora Čikole u 1983. godini.– Arhiv HGI-CGS 51/84. Tehničko izvješće, neobjavljeno.

ŠARIN, A. (1988): Tehnički izvještaj pokusnog crpljenja bunarskog zahvata izvora Čikole u 1988. godini.– Arhiv HGI-CGS 145/88. Tehničko izvješće, neobjavljeno.

Hidrogeološka istraživanja, GIS i kartografija za izradu "Osnovne hidrogeološke karte Republike Hrvatske" u krškim područjima. Primjer lista Zadar OHGK RH

Hydrogeological researches, GIS and chartography for the "Basic Hydrogeological map of Croatia" production in karst areas. The Zadar Sheet case study

Josip Terzić, Ante Pavičić, Tamara Marković & Mario Dolić

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

Ključne riječi: GIS, krš, hidrogeologija, hidrokemija, Hrvatska
Key words: GIS, karst, hydrogeology, hydrochemistry, Croatia

List Zadar Osnovne hidrogeološke karte (OHGK) Republike Hrvatske (M 1:100.000) najvećim dijelom obuhvaća teren u zaleđu Zadra (Ravni Kotari i Bukovica), manjim dijelom otoke (Ugljan, Vir, Iž, dijelovi Paga i Dugog otoka i neki manji otoci), a zahvaća i mali dio velebitskih padina u području Paklenice. Riječ je o krškom terenu, dijelu tzv. dinaridskog krša, koji je poznat po dubokoj i intenzivnoj tektonici, reverznim rasjedima, pružanju struktura u smjeru SZ-JI i vrlo zamršenim hidrogeološkim odnosima. U morfološkom smislu zaleđe Zadra je obilježeno blagim reljefom koji je "inverzan", tj. uzvišenja su u području sinklinala, a doline u području antiklinala. Izmjenjuju se mezozojske karbonatne okršene stijene i, u regionalnom smislu nepropusne, fliške naslage eocena.

Projekt OHGK obrađuje hidrogeološke odnose u regionalnom mjerilu, a područja su ograničena listovima koji prate Osnovnu geološku kartu (MAJCEN et al., 1970; MAJCEN & KOROLIJA, 1973). Rad na OHGK nastavlja se na velike studijske projekte koje su već izradili stručnjaci Hrvatskog geološkog instituta (HGI-CGS) (FRITZ, 1976; IVIČIĆ et al., 1997). Stručnjaci HGI-CGS, kao i brojni geolozi i hidrogeolozi iz drugih institucija su na ovome području radili na raznovrsnim projektima: od klasičnog kartiranja, preko vodoopskrbe i zaštite podzemnih voda, do odvodnje prometnica i trasiranja podzemnih tokova. Tako je u ovoj fazi izrade tumača obrađeno 69 referenci, od čega čak 38 neobjavljenih tehničkih izvješća. Od znanstvenih spoznaja na ovome terenu treba istaknuti doktorske i magistarske disertacije koje su u većem ili manjem opsegu zahvatile istraživano područje (kronološki): FRITZ, 1964 i 1978; PAVIČIĆ, 1995; J. KAPELJ, J., 2002; MARKOVIĆ, 2003 i TERZIĆ, 2006.



Slika 1. Kaptaža estavele Jezerce u Bokanjačkom blatu.
Figure 1. Extraction site on estavelle Jezerce in Bokanjačko blato.

Tijekom travnja i svibnja 2004. upotpunjen je katastar brojnih vodnih pojava hidrokemijskim podatcima. Uzorkovano je 28 lokacija, a uzorkovane vode prema osnovnom ionskom sastavu pripadaju Ca-HCO_3, CaMg-HCO_3, Na-ClHCO_3 i CaMgNa-ClHCO_3 tipu voda. Ovakvi raznoliki hidrokemijski facijesi su posljedica otapanja karbonatnih stijena u području napajanja i utjecaja podzemnog prodora mora na priobalne izvore.

Najviše je pažnje posvećeno slijevu Bokanjac-Poličnik, uključujući podslijev Golubinke, u kojem se nalazi nekoliko važnih vodoopskrbnih objekata: kopani zdenci Bokanjac, kaptirana estavela Jezerce (Sl. 1), priobalni izvor Golubinka i izvori/zdenci Boljkovac i Oko. Taj slijev prekriva najveći dio istraživanog područja. Istočno od njega nalazi se važan vodoopskrbni slijev Turanjskog jezera u Vranskom polju. Između tih sljevova nalazi se zonarna krška razvodnica. Nekoliko vodoopskrbnih izvora nalazi se u malom slijevu vezanom uz flišku sinklinalu između Ljubača i Islama Latinskog.

U modernoj hidrogeološkoj obradi sve hidrogeološke i morfološke spoznaje postavljene su u jedinstvenu bazu hidrogeoloških podataka (BHP). Upotrebom geo-informacijskih sustava (GIS) omogućena je puno veća dinamika, kako

u kartografskom pregledu tako i u analitičkoj obradi opažanih objekata. Tumač je usko povezan s bazama podataka i kartografijom, te će i on biti periodički upotpunjavan u skladu s novim spoznajama. Tumač je pisan prema "Uputama za izradu OHGK" (ŠARIN, 1988), postojeći tumač OHGK za listove Split i Primošten (FRITZ & KAPELJ, 1998) korišten je kao predložak. List Zadar OHGK trenutno je spreman za recenziju nakon koje će, ispravljen u skladu s recenzentskim naputcima, biti dostupan svim istraživačima. Kako je riječ o GIS sustavu, on je stalno otvoren, a ovisno o novim spoznajama povremeno će se izdavati nove verzije baza podataka, kartografskih priloga, pa i samog tumača.

REFERENCE

FRITZ, F. (1964): Hidrogeološki odnosi područja Nin – Poljica – Posedarje.– Magistarski rad. Tehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

FRITZ, F. (1976): Ravni Kotari – Bukovica. Hidrogeološka studija.– Arhiv HGI-CGS, Zagreb.

FRITZ, F. (1978): Hidrogeologija Ravnih Kotara i Bukovice. (članak prema doktorskoj disertaciji).– Krš Jugosl., JAZU, 10/1, 1–43, Zagreb.

FRITZ, F. & KAPELJ, J. (1998): Tumač za Osnovnu hidrogeološku kartu Republike Hrvatske – listovi Split i Primošten.– Arhiv HGI-CGS, Zagreb.

IVIČIĆ, D., BULJAN, R., SINGER, D., BIONDIĆ, R., BOŽIČEVIĆ, S. & KAPELJ, S. (1997): Hidrogeološka studija dalmatinskih otoka.– Arhiv HGI-CGS br. 93/97, Zagreb.

KAPELJ, J. (2002): Strukturni sklop šireg područja Promine u sjevernoj Dalmaciji i odraz na hidrogeološke odnose.– Doktorska disertacija. Prirodoslovno – matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 108 str.

MAJCEN, Ž. & KOROLIJA, B. (1973): Osnovna geološka karta SFRJ. Tumač za list Zadar L 33–139, M 1:100.000.– Institut za geol. istraživanja, Zagreb. Izdanje Saveznog geološkog zavoda, Beograd.

MAJCEN, Ž., KOROLIJA, B., SOKAČ, B. & NIKLER, L. (1970): Osnovna geološka karta SFRJ. List Zadar L 33–139, M 1:100.000.– HGI-CGS, Zagreb. Izdanje i redakcija Saveznog geološkog zavoda, Beograd.

MARKOVIĆ, T. (2003): Istraživanje pokretljivosti onečišćenja u pokrovnim naslagama krškog vodonosnika na području izvora Turanjsko jezero u Vranskom polju.– Magistarski rad. Rudarsko–geološko–naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 104 str.

PAVIČIĆ, A. (1995): Hidrogeološki uvjeti za ostvarenje akumulacija u kršu zaleđa Velebita.– Doktorska disertacija. Prirodoslovno matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 113 str.

ŠARIN, A. (1988): Upute za izradu Osnovne hidrogeološke karte Jugoslavije 1:100.000. Drugo, izmijenjeno i dopunjeno izdanje. Institut za geol. istraživanja, Zagreb. Savezni geološki zavod, Beograd.

TERZIĆ, J. (2006): Hidrogeologija jadranskih krških otoka.– Doktorska disertacija. Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 220 str.

Izvori u Parku prirode "Žumberak – Samoborsko gorje" – raspodjela po litostratigrafskim jedinicama, izdašnosti i režimu istjecanja, te nadmorskoj visini

Springs in the "Žumberak – Samoborsko gorje" Nature Park – distribution by lithostratigraphic units, discharge and its regime, and altitude

Tatjana Vujnović

Park prirode "Žumberak-Samoborsko gorje", Grdanjci 57, 10 432 Bregana, Hrvatska
(tvujnovic@yahoo.com)

Ključne riječi: izvori, raspodjela, litostratigrafske jedinice, režim istjecanja, izdašnost, nadmorska visina, Park prirode "Žumberak – Samoborsko gorje"
Key words: springs, distribution, lithostratigraphic units, discharge regime, altitude, "Žumberak – Samoborsko gorje" Nature Park

Hidrogeološka istraživanja područja Parka prirode "Žumberak-Samoborsko gorje" su se odvijala kroz nekoliko etapa od 2006. godine do 2009. godine. Na temelju postojećih podataka iz GIS sustava Parka je 2007. godine počelo terensko rekognosciranje izvora cijelog zaštićenog područja kako bi se prikupili što točniji podaci za izradu karte prirodne ranjivosti. Taj dio istraživanja je završen početkom 2008. godine s prikupljenim osnovnim podacima za 847 izvora. Svakom izvoru su GPS-om ubilježene geografske koordinate, lokalni naziv ukoliko postoji, da li je kaptiran, da li se koristi za vodoopskrbu, stratigrafska pripadnost, režim istjecanja, tip izvora, broj izvora. Izvorima kojima je bilo moguće izmjerena je izdašnost, temperatura, pH, elektrolitička vodljivost, ukupno otopljene krute tvari, zasićenost kisikom. Svi izvori su fotografirani. Većina od 847 iskartiranih izvora je izmjerena samo jednom, u različitim dijelovima godine i hidrološkim uvjetima pa se mjerenja fizikalno-kemijskih parametara ne mogu uspoređivati. No, mogu se prikazati raspodjele po litostratigrafskim jedinicama, režimu istjecanja, izdašnosti i nadmorskoj visini.

Raspodjela izvora po litostratigrafskim jedinicama (PLENIČAR et al., 1975; ŠIKIĆ et al., 1978) ukazuje na regionalne uvjete vodonosnika. Po brojnosti izvora (309) prednjači jedinica gornjokrednog fliša iako pokriva samo 22% istraživanog terena. Brojnošću slijede izvori iz gornjotrijaskih naslaga gdje ih je zabilježeno 287, što je u skladu s površinom litostratigrafske jedinice koja pokriva najveći dio istraživanog terena-46%. Sa 135 zabilježenih izvora slijede gornjokredne karbonatne naslage koje pokrivaju 13% istraživanog terena.

Prema zabilježenom režimu istjecanja najviše je stalnih izvora-648. Zabilježeno je 112 povremenih izvora, te 87 izvora nepoznatog režima istjecanja. Broj povremenih izvora je vjerojatno višestruko veći od zabilježenog s obzirom na geološku građu i strukturu istraživanog terena.

Raspodjela izvora prema izdašnosti je napravljena tek kao indikator mogućih količina istjecanja. Prema mjerenjima iz 2007. i dijela 2008. godine vidljivo je da se najveći broj izvora (35%) nalazi unutar klase izdašnosti od 0,01–0,1 l/s. Brojnošću od 30% slijede veći izvori u klasi izdašnosti od 0,1–1 l/s. Najmanji udio od 2% imaju izvori kojima je izmjerena izdašnost veća od 10 l/s što je u skladu s karbonatnim, izrazito tektoniziranim plitkim krškim vodonosnikom.

Raspodjela gornjotrijaskih i gornjokrednih izvora prema nadmorskoj visini može ukazivati na zone prihranjivanja i istjecanja iz vodonosnika. Raspodjela ostalih izvora nije rađena s obzirom na njihov nedovoljan broj za statističku obradu. Stijene gornjeg trijasa i gornje krede imaju najveću rasprostranjenost na području Parka pa se nalaze od najmanjih nadmorskih visina ispod 200 m n.m. do najviših dijelova iznad 1000 m n.m. Najveći dio gornjotrijaskih izvora (36%) istječe na nadmorskoj visini od 301 do 400 m n.m., te od 401 do 500 m n.m. (23%). Takva raspodjela je u skladu s očekivanjima prema kojima se podzemne vode dolomitnog vodonosnika prihranjuju na većim nadmorskim visinama, a istječu niže u erozijskim bazama. Vodonosnik ima značajno horizontalno i vertikalno rasprostiranje pa omogućava takvo protjecanje i istjecanje. Raspodjela gornjokrednih izvora je znatno drugačija i pokazuje najviše izvora (33%) na nadmorskim visinama od 601–700 m n.m. Sa 14% slijede izvori na visinama od 701–800 m n.m., te izvori od 501–600 m n.m. s udjelom od 13%. Takva raspodjela izvora ukazuje na dominantno lokalno dreniranje malih slivnih područja u uglavnom fliškom heterogenom vodonosniku.

LITERATURA

PLENIČAR, M., PREMRU, U. & HERAK, M. (1975): Osnovna geološka karta SFRJ,1:100.000, list Novo Mesto, L33-79.– Geološki zavod Ljubljana, Savezni geološki zavod Beograd.

ŠIKIĆ, K., BASCH, O. & ŠIMUNIĆ, A. (1978): Osnovna geološka karta SFRJ, 1:100.000, list Zagreb, L38-80.– Institut za geološka istraživanja Zagreb, Savezni geološki zavod Beograd.

Geofizička istraživanja u akumulaciji Hammam Grouz u Alžiru

Geophysical investigations in the Accumulation Hammam Grouz in Algeria

Miroslav Andrić & Božo Padovan

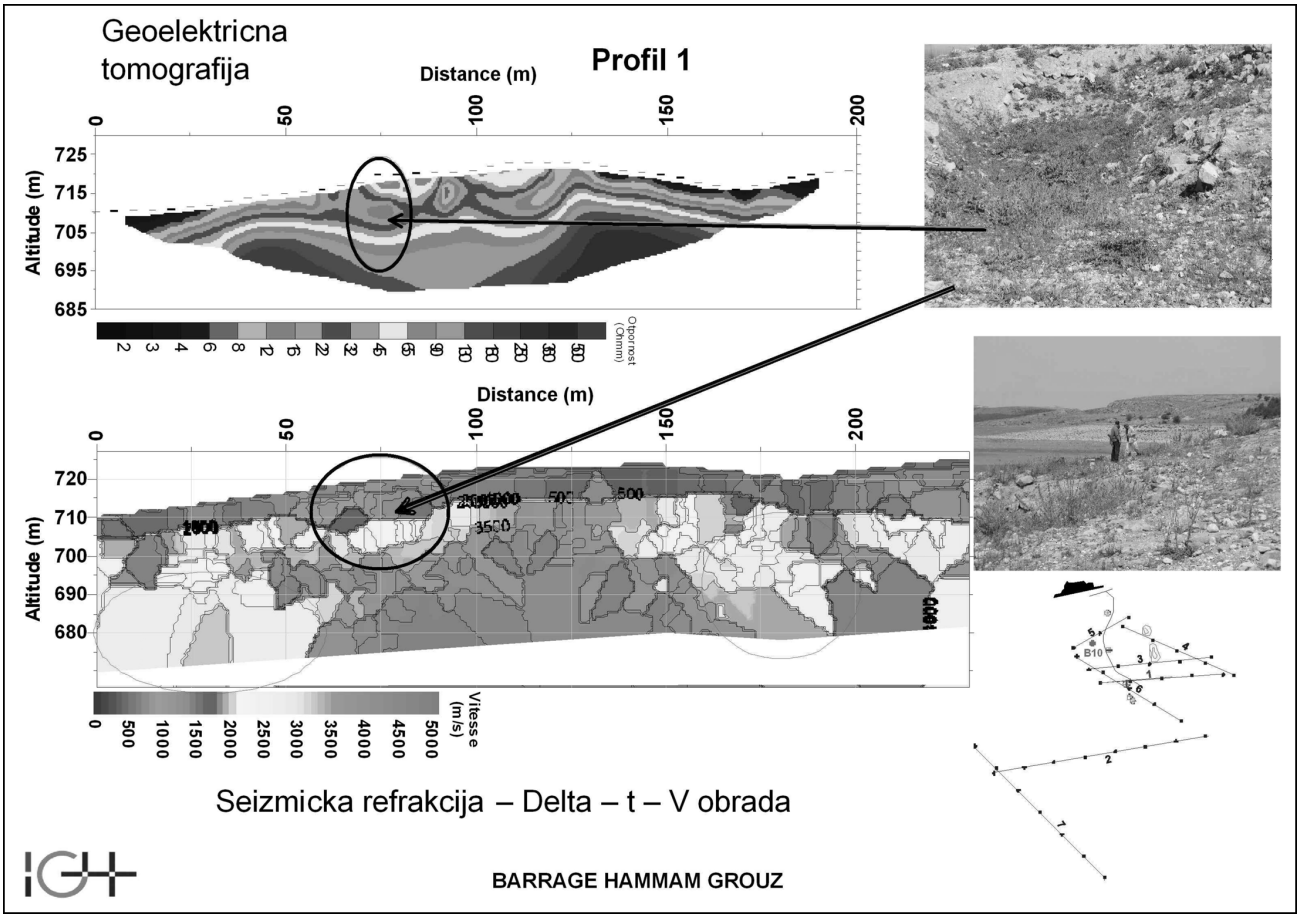
Institut IGH, Janka Rakuše 1, 10 000 Zagreb, Hrvatska
(miroslav.andric@igh.hr; bozo.padovan@igh.hr)

Ključne riječi: geofizička istraživanja, geofizičke metode
Key words: geophysical investigations, geophysical methods

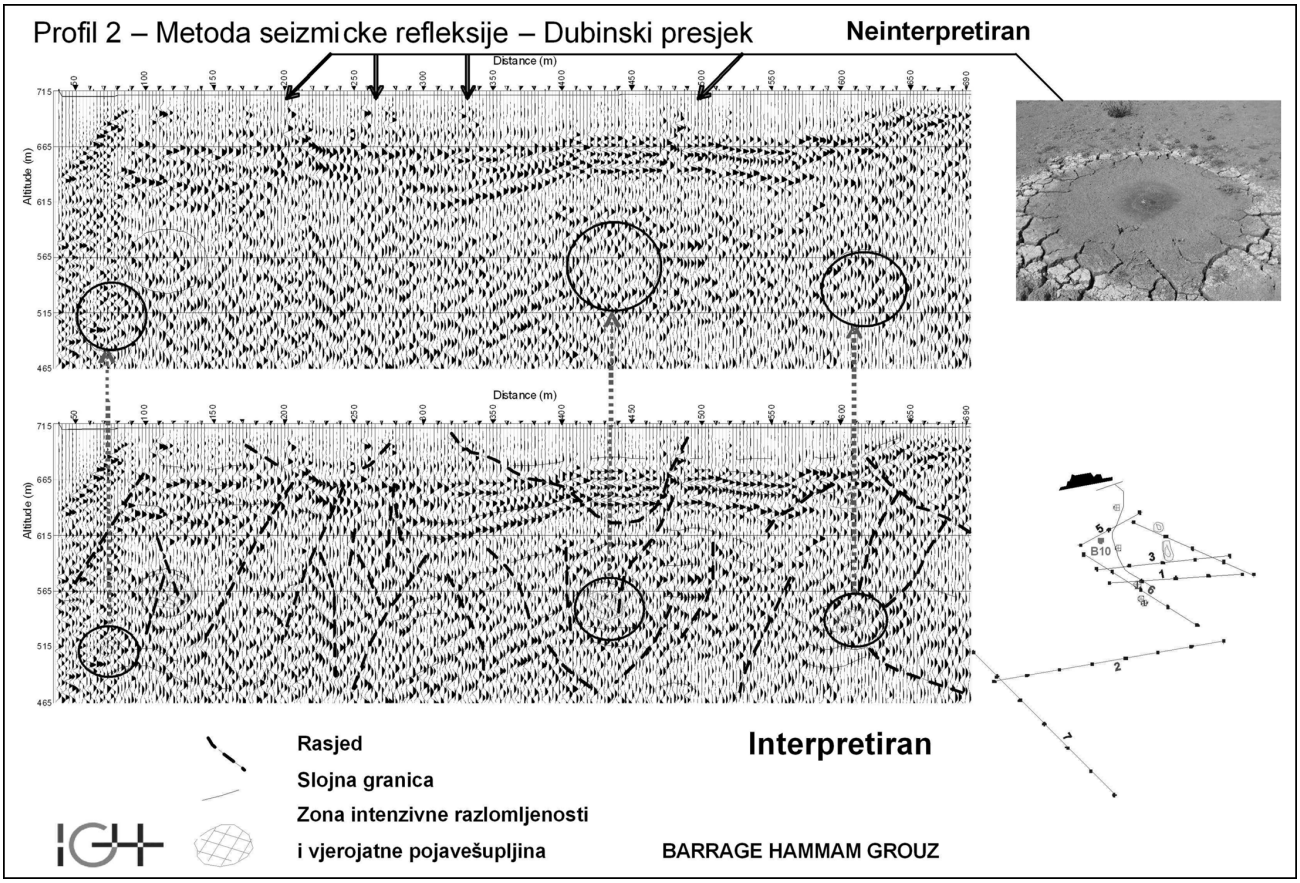
Na lokaciji Hammam Grouz prva geološka istraživanja i veliki broj bušotina izvedeni su prije 30 godina. Na temelju rezultata ovih istraživanja izrađen je projekt izgradnje brane i akumulacije. Brana i akumulacija su bile u eksploataciji 17 godina, sve do travnja 2003. godine.

Od kraja 2002. godine do travnja 2003. godine bio je period intenzivnih kiša i akumulacija se prvi puta napunila do nivoa predviđenog projektom. Tada su se pojavili veliki gubici vode kroz podzemlje i akumulacije se potpuno ispraznila.

Zbog povećanog hidrostatskog tlaka u akumulaciji došlo je do uspostavljanja kretanja vode u krškom podzemlju, što su utvrđeno u geološkoj ekspertizi (MILANOVIĆ at al., 2007). U dnu sadašnje akumulacije stvorili su se krateri na više nivoa. Površinska glinovita zaštita je najprije popustila



Slika 1. Konsolidiran ponor na koti 719 m. Geofizičke anomalije na profilu unjegovoj blizini.
Figure 1. Consolidated abysm. Geophysical anomalies on profile near abysm.



Slika 2. Dubinski seizmički refleksijski presjek. Vide se prodori vode iz dubokog podzemlja.
Figere 2. Depth reflection section. Raids of water from deep underground can be clearly seen.

na mjestu fosilnog ponora na koti 719 m (Sl. 1). Kasnije je taj ponor konsolidiran. Drugi ponor se otvorio na nivou 708 m. On se nalazi u zoni većeg termalnog izvora, vrlo blizu glavnog rasjeda koji ide kroz akumulaciju. Stvaranje ovakvog tipa ponora moguće je i na drugim mjestima.

Da bi se mogao izraditi projekt pouzdane sanacije akumulacije Hammam Grouz potrebno je istražiti njezino podzemlje do dubine oko 200 m dokle, po geološkim saznanjima, seže okršavanje. U tu svrhu izvedena su probna geofizička mjerenja s nekoliko metoda i to: seizmičkom refleksijom, seizmičkom refrakcijom, geoelektričnom tomografijom i georadarom.

Trasirano je 7 profila, od kojih 5 u desnom boku akumulacije gdje su se otvorili ponori, a 2 na udaljenosti oko 800 m južno od brane.

Slika 1 prikazuje rezultate geofizičkih mjerenja izvedenih na profilu blizu ponora na koti 719 m. I na refrakcijskom i na geoelektričnom tomografskom presjeku jasno se vide anomalije koje označavaju kanal kojim se voda iz ponora odvodi u podzemlje.

Na Sl. 2 je prikazan refleksijski dubinski presjek profila trasiranog oko 800 m južno od brane. Uočavaju se mjesta prodora termalne vode iz karbonatnih stijena u dubokom podzemlju (s dubine oko 150 m) kroz aluvijalni nanos do površine dna akumulacije.

Kao zaključak može se konstatirati da su preliminarna geofizička istraživanja u akumulaciji Hammam Grouz polučila rezultate koji omogućuju otkrivanje rasjeda, fosilnih ponora koji se mogu aktivirati i većih kanala. Oni vodu iz akumulacije dreniraju kroz podzemlje ispod brane.

LITERATURA

MILANOVIĆ, P., STEVANOVIĆ & Z. BELIČEVIĆ, V. (2007): Rapport d'Expertise, La partie I, Barrage Hammam Grouz, Ministere des Resources en Eau, Agence des Barrages et Transfert, Alger.

ANDRIĆ, M. (2008): Preliminarna geofizička istraživanja u akumulaciji Hammam Grouz u Alžiru.– Fond dokumenata IGH, Zagreb.

Ležište pijeska i šljunka Vukojevac
The deposit of sand and gravel Vukojevac

Željko Bortek & Igor Janjatović

Našicecement d.d., Tajnovac 1., 31 500 Našice, Nexe grupa d.d., B. Radića 200., 31500 Našice, Hrvatska

Ključne riječi: Geoelektrično sondiranje, razlika potencijala, litološko tumačenje tla, glina prah, pijesak, šljunak.
Key words: Geoelectrical sounding, potential difference, lithological interpretation of the soil, clay powder, sand and gravel.

Geoelektrično sondiranje

Geoelektrična mjerenja temelje se na mjerenju razlike potencijala među točkama na površini terena izazvane strujom poznate jakosti. Iz izmjerenih vrijednosti napona (razlike potencijala) i struje, uzimajući u obzir međusobni položaj elektroda, moguće je izračunati električnu otpornost prema:

$r = k \times U / I$, gdje su:

r – otpornost,
k – konstanta koja ovisi o rasporedu elektroda,
U – napon među elektrodama M i N,
I – struja koja teče preko elektroda A i B.

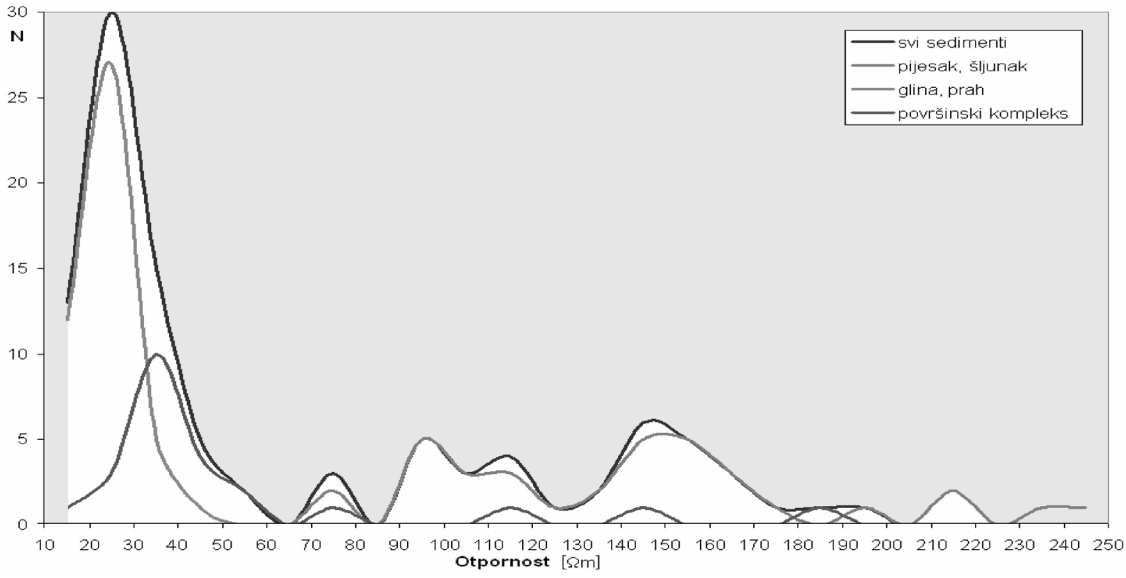
Kod ove metode koristi se kolinealni simetrični raspored elektroda. Mjerenje i proračun otpornosti se ponavlja za više razmaka elektroda A i B (prema potrebi se mijenja i položaj elektroda M i N). Kako je podzemlje električki nehomogeno, na spomenuti način dobivenu otpornost uobičajeno je nazivati prividnom. Stvarne vrijednosti otpornosti dobivaju se itereativnim postupkom modeliranja slojevitog tla tako da modelu pripadajuća teorijska krivulja najbolje odgovara mjerenim vrijednostima. Tako dobivenim modelima može se dati litološko tumačenje, te na taj način odrediti sastav i strukturu tla (SALKOVIĆ et al., 2008).

Prikaz i tumačenje rezultata istraživanja

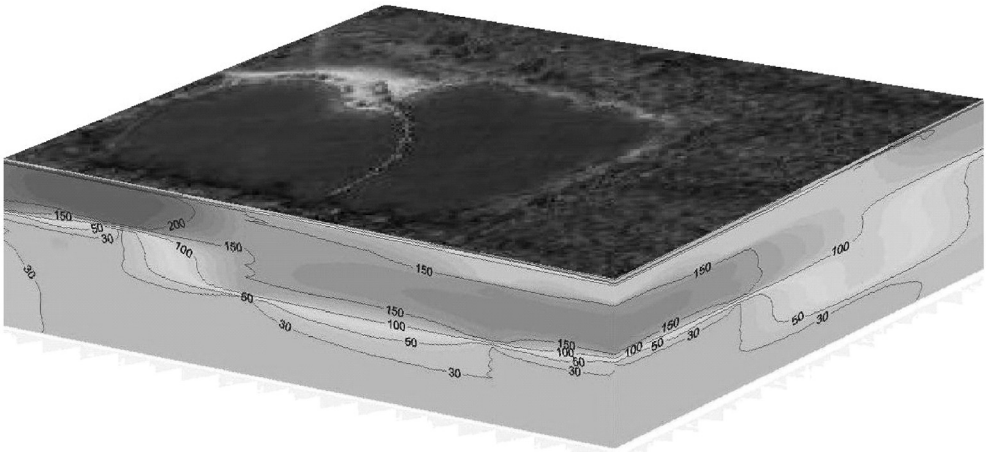
Geoelektrično sondirenje izvedeno je Schlumbergerovim rasporedom elektroda sa polurazmakom strujnih elektroda (AB/2) do 215m. Izmjerene su ukupno 24 sonde, a njihovi rasporedi prikazani su dijagramom sondiranja za pojedine sonde sa:

– proračunanim vrijednostima (višestrukim) prividnih otpornosti,
– modelima tla (atributi modela: debljine slojeva D(m) i otpornosti R(Ωmm)),
– teorijskim krivuljama za dobiveni model tla.

Obradom rezultata mjerenja uglavnom su dobiveni četveroslojni modeli (13 sondi), na 10 sondi kao peteroslojni, te iznimno na GS-1 troslojni. Otpornosti variraju u rasponu od 11 – 250 Ωm. Histogram otpornosti za sve sedimente, kao za pojedine tipove prikazan je na Sl. 1.



Slika 1. Histogram otpornosti sedimenata.
Figure 1. Histogram of resistance sediments.



Slika 2. Blok dijagram ležišta pijeska i šljunka.
Figure 2. Block diagram of the deposit of sand and gravel.

Izdvojene su slijedeće sredine prikazane na Sl. 2:

1. Površinski kompleks, s otpornostima uglavnom u rasponu od 20 – 60 Ωm, rijetko se pojavljuju veće vrijednosti (do 190 Ωm). Odgovara prvom sloju u modelima, a gradi ga humus, mješavina gline i praha, a na mjestima povišene otpornosti i pijesak (moguće šljunka). Nesaturiran je, više ili manje vlažan o čemu ovisi i otpornost.

2. U podini površinskog kompleksa uglavnom glina i prah (glinoviti) s otpornostima od 11 – 36 Ωm. Odgovara drugom sloju, relativno je ujednačene debljine, na sondama GS-1, GS-4 i GS-17 ga nema, a najveća dubina (7,5 m) registrirana ja na sondi GS-14.

3. Serija pijesaka i šljunaka s otpornostima od 80 – 250 Ωm. Ova sredina interpretirana je kao jedan sloj (treći, na GS-1 drugi), a na pojedinim sondama kao dva sloja (treći i četvrti, na GS-4 i GS-17 drugi i treći). Dubina zalijeganja je različita, od 29 m na GS-23 do 90 m na GS-15. Razina podzemne vode je približno na koti 99 m nv, pa je ova sredina saturirana.

4. U podini serije pijesaka i šljunaka glina u izmjeni s prahom s otpornostima 18 – 41 Ωm.

LITERATURA

SALKOVIĆ, A., PEŠTA, D. & BORTEK, Ž. (2008): Geophisical Research deposits of sand and gravel Vukojevac, research space Gornjak.– MOHO Ltd., Zagreb, BE – 628 th.

Primjena karotažnih mjerenja u određivanju vode s niskim vrijednostima saliniteta u ležištu

Application of logging measurements in determination of low salinity water in the reservoir

Zoran Čogelja & Zvonko Jeras

INA, SD Istraživanje i proizvodnje nafte i plina, Šubićeva 29, Zagreb 10 000, Hrvatska

Ključne riječi: karotaža, vode niskih vrijednosti saliniteta, spontani potencijal (SP), otpornost stijene (Rt)
Key words: well logging, waters of low salinity, spontaneous potential (SP), true resistivity (Rt)

Na području Hrvatske pod zemljom postoje veliki potencijali vode niskih vrijednosti saliniteta (slatke i brakične vode) i geotermalne vode. Karotažna mjerenja su relativno lagan i jeftin način da se utvrdi postojanje slojeva zasićenih vodom, količina vode, dubina i rasprostiranje, fizikalni pokazatelji i temperatura.

Približni salinitet vode može se odrediti iz očitanih vrijednosti otpornosti sloja zasićenog vodom (Rv) i spontanog potencijala (SP) a debljina vodonosnih slojeva pomoću spontanog potencijala (SP), prirodne radioaktivnosti stijene (GR) i mikrologa (ML). Šupljikavost stijene (poroznost) i litologija može se interpretirati pomoću karotaže neutron (CNL – Compesated Neutron Log) i karotaže gustoće formacije (CDL – Compesated Density Log). Temperatura vode se mjeri uređajem za kontinuirano mjerenje temperature u bušotini (Th). Stanje u samoj bušotini, raspored pukotina i njihov smjer, dotok vode iz sloja i vrstu stijene može se snimiti u bušotini pomoću kamere. U karbonatnim kompleksima bez primarnog poroziteta, ali sa pukotinskim sistemom, koristi se mjerenje mikrologa za preciznu interpretaciju dubinu, broja i širine pukotina. Ova interpretacija omogućava precizno postavljanje perforiranih cijevi u intervale koji će proizvoditi vodu.

Danas je u svijetu sve veća potreba za pitkom i geotermalnom vodom, a cijena te vode iz godine u godinu će rasti. Veliki su problemi sa vodom na površini ali i onom vodom u podzemlju, koja komunicira sa površinom, jer se u oba slučaja onečišćenja mogu lako proširiti. Ispod tih akvifera na dubinama ispod 100 ili 150 m, pa sve do 1700 m (a na nekim mjestima i dublje), nalazi se voda koja ne komunicira s površinom i ne može se onečistiti. To su rezerve vode koje se sporo obnavljaju, ali su količine tih voda velike i u bliskoj budućnosti ne postoji opasnost od njihovog iscrpljenja. To su strateške rezerve, jer je to za sada još uvijek veoma skupa voda za pridobivanje, budući da Hrvatska još uvijek ima relativno velike količine jeftinije pitke površinske vode. Trenutno su u povoljnijem položaju radovi oko korištenja geotermalne vode koje zbog svoje široke primjene veoma brzo vraćaju uložena sredstva.

Primjena refrakcijske seizmičke metode za pronalaženje podzemne šupljine u dvoslojnom modelu

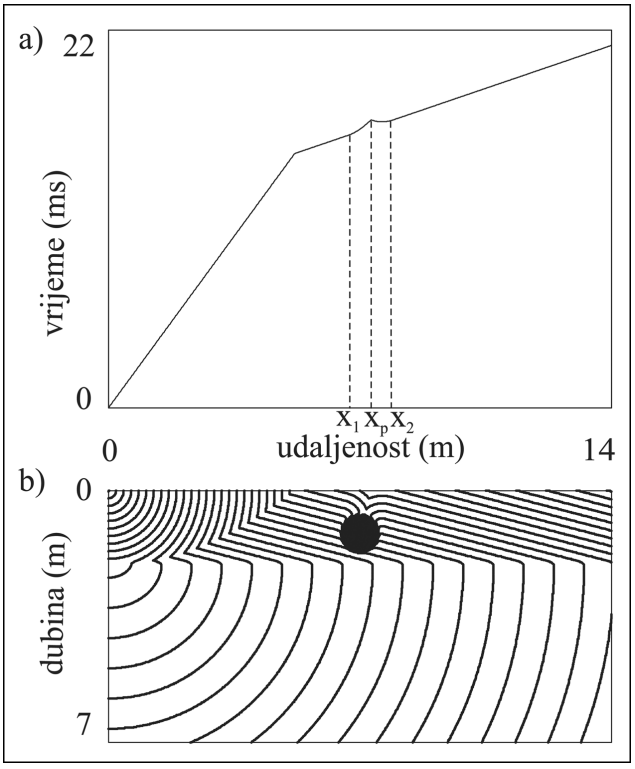
Applying the refraction seismic method for detecting underground cavity in a two-layer model

Tihomir Engelsfeld[1], Franjo Šumanovac[2], Vladimir Krstić[3,5] & Nenad Pavin[4,5]

[1]Department of Geophysics, Faculty of Science, University of Zagreb, 10 000 Zagreb, Croatia (tihomir.engelsfeld@phy.hr)
[2]Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb, 10 000 Zagreb, Croatia
[3]College for Information Technologies, 10 000 Zagreb, Croatia
[4]Department of Physics, Faculty of Science, University of Zagreb, 10 000 Zagreb, Croatia
[5]Max Planck Institute for the Physics of Complex Systems, Dresden, Germany

Ključne riječi: podzemna šupljina, prvi nailasci, eikonalna jednadžba
Key words: underground cavity, first arrivals, eikonal equation

Geofizičko istraživanje podzemnih šupljina provodi se prije početka građevinskih radova (izgradnje cesta, mostova, brana) da bi se izbjegle nesreće i štete uzrokovane urušavanjem. Brojne istraživačke skupine razvijaju različite seizmičke metode za otkrivanje podzemnih šupljina. Na primjer, GRANDJEAN et al. (2002) koriste analizu refleksije P-valova, a NASSERI-MOGHADDAM et al. (2007) proučavaju utjecaj položaja (dubine) i oblika šupljine na rasprostiranje površinskih valova.

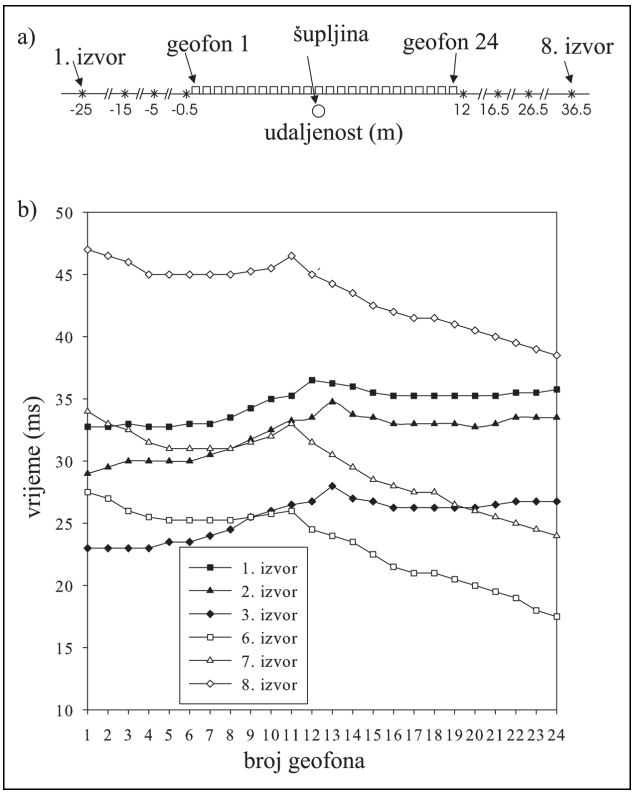


Slika 1. a) Dijagram vrijeme – udaljenost. b) Rasprostiranje valnih fronti.
Figure 1. a) Time – distance graph. b) Propagation of wavefronts.

Refrakcijska seizmička metoda također se koristi u istraživanju podzemnih šupljina (ENGELSFELD et al., 2008). Teorijska istraživanja provedena su za dvoslojni model: sloj manje seizmičke brzine (350 m/s), debljine 2 m, položen je iznad sloja veće seizmičke brzine (1400 m/s). Kružna šupljina polumjera r = 0,5 m nalazi se na dubini z = 1,2 m u sredini profila. Izvor vala nalazi se s lijeve strane profila. Proučava se utjecaj šupljine na prve nailaske seizmičkih valova. Vrijeme prvih nailazaka računa se pomoću eikonalne jednadžbe:

$$\left(\frac{\partial t}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial t}{\partial z}\right)^2 = \frac{1}{v^2(x,z)} \qquad (1)$$

gdje je $t(x, z)$ vrijeme nailaska u točku (x, z), a $v(x, z)$ poznata seizmička brzina u točki (x, z). Jednadžba nema opće analitičko rješenje pa se koristi numeričko rješavanje primjenom računala prema algoritmu koji uvode QIN et al. (1992). Vremena prvih nailazaka ucrtana su u dijagram vrijeme – udaljenost (slika 1a), a pripadajuće valne fronte prikazane su na slici 1b. Utjecaj šupljine vidljiv je na udaljenostima između x_1 i x_2. Šupljina ne propušta seizmičke valove, pa je oblik grafa posljedica obilaska vala oko šupljine. Na udaljenost x_p (vršna točka) istovremeno stiže val koji obilazi šupljinu s lijeve i val koji obilazi šupljinu s desne strane. ENGELSFELD et al. (2008) pokazali su da se pomoću grafa vrijeme – udaljenost može izračunati polumjer šupljine izrazom $2r = (x_2\text{-}x_1)\cos\theta$, gdje je θ kritični kut refrakcije (prema Snellovom zakonu $\sin\theta = v_1/v_2$; v_1 i v_2 su seizmičke brzine u gornjem odnosno donjem sloju). Izvedeni su i matematički izrazi za računanje položaja šupljine, no u tu svrhu koristi se i izvor vala na suprotnoj strani profila.



Slika. 2. a) Raspored geofona i izvora. b) Dijagram vrijeme – udaljenost za terenska mjerenja.
Figure 2. a) Positions of geophones and sources. b) Experimentally obtained time – distance graph.

Teorija je potvrđena terenskim mjerenjima. Sloj suhog pijeska v_1 = 350 m/s, debljine 2 m, nalazi se iznad sloja mokrog pijeska v_2 = 1400 m/s. Šupljina je dobivena ukopavanjem cisterne (valjak polumjera baze r = 0,5 m) na dubinu z = 1,2 m. Glavna os valjka okomita je na pružanje profila. Dužinu profila 11,5 m prekriva 24 geofona razmaknutih 0,5 m. Izvor vala je udarac čekića o metalnu ploču na tlu. Položaj geofona i izvora prikazan je na slici 2a, a slika 2b prikazuje graf vijeme – udaljenost. Uočava se vršna točka za 11. geofon (za izvore desno od šupljine) i 12. ili 13. geofon (za izvore lijevo od šupljine). Izostavljeni su izvori 4 i 5 jer su preblizu geofonima 1. odnosno 24.

LITERATURA

ENGELSFELD, T., ŠUMANOVAC, F. & PAVIN, N. (2008): Investigation of underground cavities in a two-layer model using the refraction seismic method.– Near Surface Geophysics, 6/4, 221–231.

GRANDJEAN, G., SENECHAL, G., BITRI, A. & DABAN, J.B. (2002): Détection de carrières souterraines par sismique haute résolution à Annet-sur-Marne (France).– Comptes Rendus Geoscience, 334/7, 441–447.

NASSERI-MOGHADDAM, A., CASCANTE, G., PHILLIPS, C. & HUTCHINSON, D.J. (2007): Effects of underground cavities on Rayleigh waves–Field and numerical experiments.– Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 27/4, 300–313.

QIN, F., LUO, Y., OLSEN, Q.B. & SCHUSTER, G.T. (1992): Finite-difference solution of the eikonal equation along expanding wavefronts.– Geophysics, 57/9, 478–487.

LWD – Pregled i primjer s Jadranskog mora
LWD – Overview and case history from Adriatic Sea

Zdravko Kosovec & Dražen Parlov

INA Naftaplin, Šubićeva 29, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: Mjerenje tijekom bušenja (LWD), karakterizacija ležišta, stvarno vrijeme
Key words: Logging while drilling (LWD), reservoir characterisation, real time

Recent developments in Logging While Drilling (LWD) have been aimed at improving drilling efficiency and optimize reservoir characterisation.

This paper presents a detailed example of the use of the LWD services in Adriatic Sea Gas fields development. The real time data allowed operator to optimize costs and make operational decisions much more quickly.

Majority of the wells are directionally drilled using real time Logging While Drilling services to provide qualitative formation evaluation in a timely and cost effective manner (Figure 1). The neutron-density data, from adnVISION logging tool, and resistivity data, from arcVISION logging tool, acquired in Real Time contribute to better control of the well trajectory in the reservoir and to complete petrophysical evaluation of the formations (Figure 2).

The Azimuthal formation density measurements were acquired in sectors distributed azimuthally around the borehole while rotating. This feature enables contact of the density sensor with the formation all the time, what enhances the quality of the measurements and yields an image for the structural characterisation of the field (Figure 3).

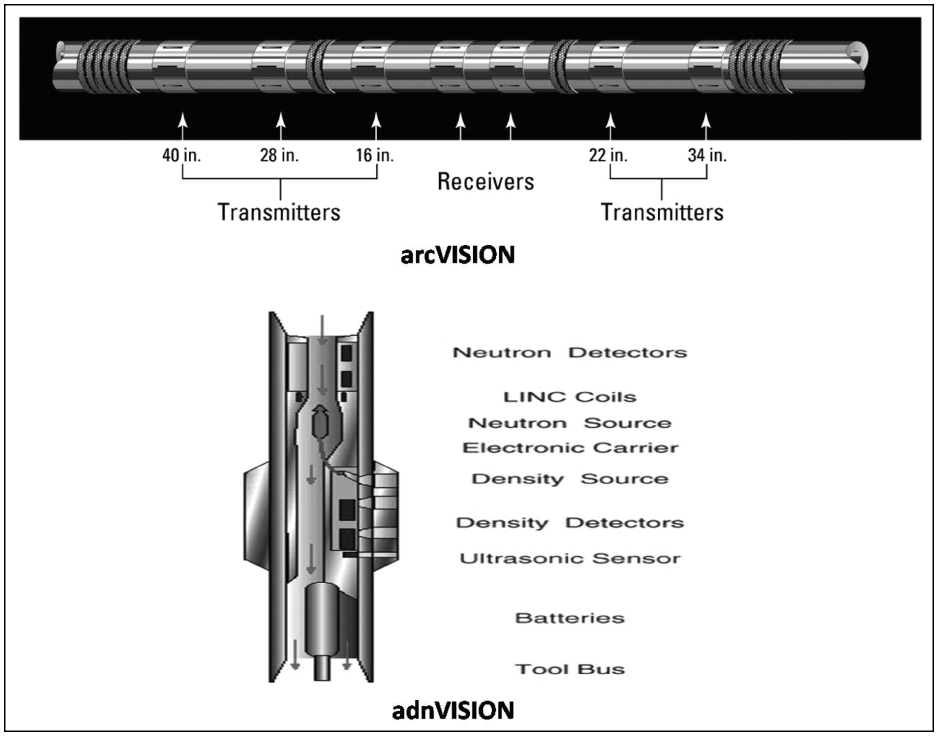


Figure 1. adnVISION logging tool.
Slika 1. adnVISION karotažna sonda.

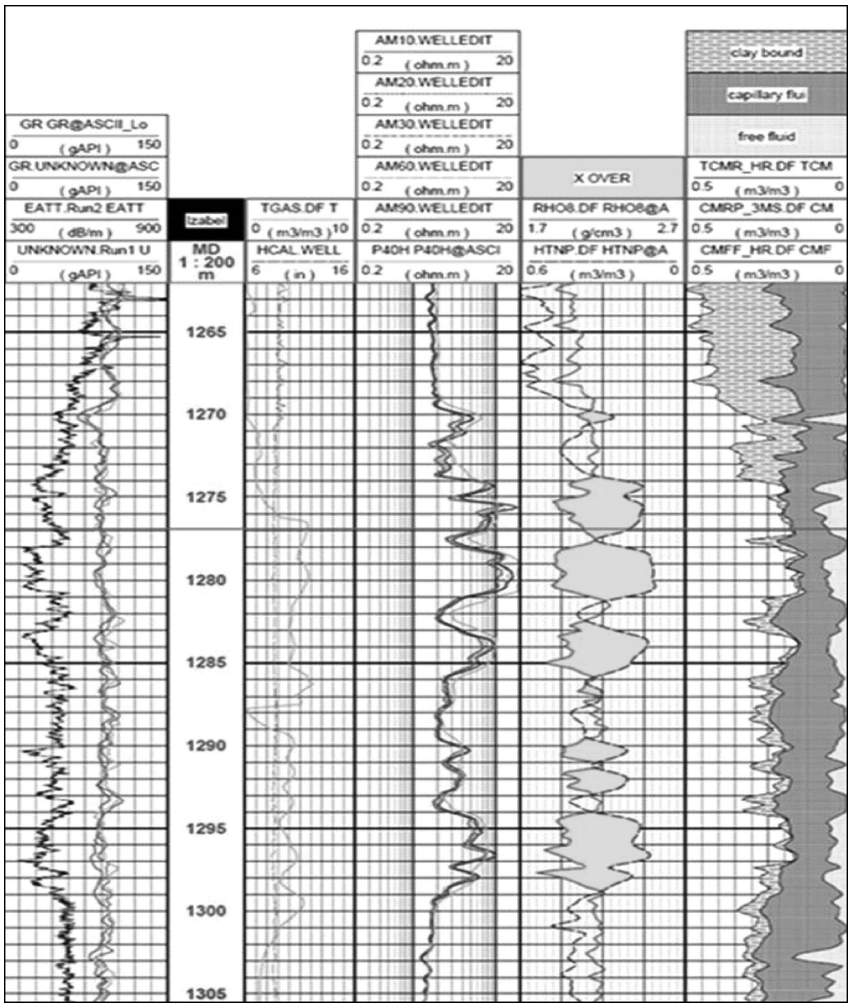


Figure 2. Petrophysical evaluation.
Slika 2. Petrofizikalna procjena.

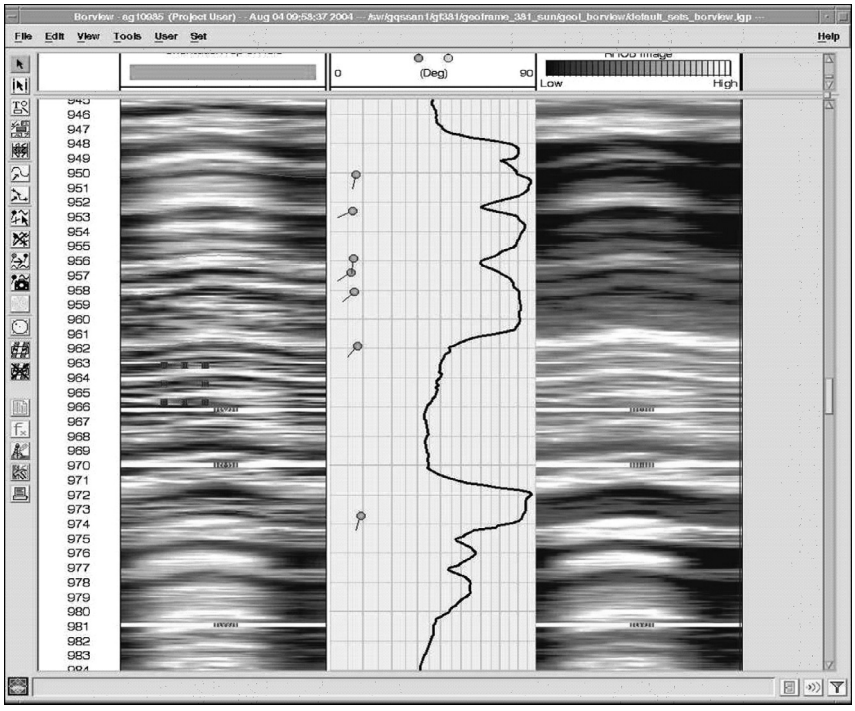


Figure 3. Image for the structural characterisation.
Slika 3. Slika za strukturnu karakterizaciju.

Unapređenje obrade na temelju razvoja softwarea i hardwarea u proteklih 15 godina na primjeru Vučkovec 3D

Processing improvement based on software & hardware development in the past 15 years, example – Vučkovec 3D

Nina Kovačić, Stjepan Žilajković & Pavao Porubić

INA, SD istraživanje i proizvodnja nafte i plina, Šubićeva 29, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: 3D seizmika, obrada, amplituda, ublažavanje anomalija
Key words: 3D seismic, processing, amplitudes, anomalous attenuation

Jedna od najvažnijih geofizičkih metoda pri istraživanju ugljikovodika je seizmika. Temelji se na snimanju seizmičkih valova umjetno izazvanih izvorima kao što su eksploziv, vibratori ili zračni topovi. Mjeri se vrijeme nailaska seizmičkih valova reflektiranih na kontaktu slojeva različite gustoće i/ili refraktiranih na kontaktu s formacijom veće brzine. Postoje tri aspekta seizmičkog procesa: snimanje, obrada i interpretacija seizmičkih profila u 2 dimenzije s odzivom energije po liniji profila, odnosno 3 dimenzije s prostornim odzivom energije. Obrada seizmičkih podataka je proces kojim se pomoću računalnih programa obrađuju podaci dobiveni snimanjem 2D ili 3D seizmike, radi poboljšavanja odziva korisnih podataka (signal) i stišavanja nekorisnih (šum) s ciljem dobivanja što jasnije i točnije slike podzemlja. Seizmička obrada i interpretacija predstavljaju jedne od temeljnih istraživačkih i razradnih metoda kojima se definiraju oblici i granice postojećih, ali i potencijalnih ležišta.

Obrada seizmičkih podataka u Hrvatskoj započela je 1968. godine upravo u Ininom centru za obradu gdje se i dan danas takvi podaci obrađuju. U početku radila se samo 2D seizmička obrada koristeći vrlo slabu računalnu opremu i programe po današnjim kriterijima, ali najnaprednije u to vrijeme. Godine 1994. započinje prva u Hrvatskoj obrada 3D podataka i to na projektu "Vučkovec 3D" uz pomoć stručnjaka iz tvrtke Western Geophysical. Ujedno, to je bio i tečaj 3D obrade, čija smo znanja tada usvojili i danas ih koristimo pri obradi. Rezultati tadašnje obrade uspoređuju se s obradom koju smo upravo završili koristeći puno modernije i sofisticiranije programime i računala koji omogućuju nekoliko puta veću brzinu obrade te imaju znatno veći prostor za vanjsku pohranu radnih podataka. Usporedba se može vidjeti u sljedećoj Tablici 1.

Primjena najnovijih procesa koji doprinose kvaliteti signala vrlo je značajna pri obradi. Primjer jednog takvog procesa je nazvan AAA (Anomalous Amplitude Attenuaion). Jedan od zadataka obrade seizmičkih podataka je ukloniti smetnju uz maksimalno sačuvan korisni signal (poboljšati odnos signal-smetnja). Kako bi kod podataka ublažili amplitudne anomalije primjenjuje se novi proces Omega softwarea koji daje jako dobre rezultate. Ulazne podatke podijelimo u vremenske prozore, izaberemo reprezentativni frekventni pojas i frekventna ograničenja kao i najbolji broj tragova za analizu. Pomoću Fourierove transformacije prelazimo iz prostorno-vremenske u frekventnu domenu. Amplitude svakog traga uspoređujemo sa srednjom vrijednosti izračunatom u dizajniranom prozoru. One s anomalno visokom energetskom razinom u zadanom frekventnom pojasu možemo ublažiti, ukloniti ili zamjeniti. Nakon toga se ponovo vraćamo u prostorno-vremensku domenu pomoću Fourierove transformacije i izlazne podatke koristimo u daljnjim procesima obrade. Osim novih procesa treba napomenuti da su postejeći procesi znatno unaprijeđeni i daju puno kvalitetnije rezultate najčešće se mogu i primjeniti trodimenzionalno, a ne samo dvodimenzionalno kao što je to bilo ranije. Sve to doprinosi boljoj ukuonoj slici reobrađenih podataka koja pomaže interpretatorima pri donošenju konačne odluke pri definiranju rasprostiranja ležišta.

Tablica 1. Usporedba softwarea i hardwarea 1994. i 2010. godine.
Table 1. Comparison of the software and hardware 1994th and 2010th.

	Programski paket	Broj procesora	Model procesora	Brzina procesora	Diskovni prostor	Radna memorija
1994.	OMEGA	1	POWER2	66MHz	40GB	512MB
2010.	OMEGA2	94 (cluster 37 nodes)	XEON	3.6GHz	20TB	88GB (37 nodes)

Dubinsko modeliranje strukture Jihar

Depth Modelling of Jihar structure

Mirjana Milinović Kolundžić, Damir Takač & Josip Husnjak

INA-Naftaplin, Sektor za geologiju i upravljanje ležištima, Šubićeva 29, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: skaliranje, migracija, intervalne brzine
Key words: scaling, migration, interval velocity

Ulazni podatak za "3D-Prestack" dubinsku migraciju je postupno izgrađivani i poboljšavani volumen podataka iz odnosa brzina/dubina. Pre-stack Dubinska migracija je vrlo osjetljiva na model brzina. Izrada modela Brzina/Dubina vrlo je složeni iterativni proces. Za model su potrebne karte intervalnih brzina seizmičkih valova pojedinih formacija brzina i dubinske strukturne karte tih istih formacija.Upravo zbog velike ovisnosti o brzinama formacija izrađuju se detaljne analize. Analize brzina prije migracije pokušavaju korigirati pozicije migracije koristeći najbolji odnos signal-smetnja u cilju fokusiranja energije.

Vremenski interpretirane karte pretvaraju se u dubinu pomoću karata brzina formacija.

Postoji nekoliko načina za pretvorbu.

U ovom primjeru prikazane su dvije metode pretvorbe vremenskih karata u dubinu:

(a) jednostavno skaliranje vremenskih horizonata u dubinu sa modelom intervalnih brzina formacije, pomoću formule $dz = dt*v$, gdje je dz vertikalna debljina formacije, dt jednostruko vertikalno vrijeme formacije, v intervalna brzina. Kod ove metode to je jednostavna pretvorba vremena u dubinu, bez prostornih pomicanja dubinskih točaka na prave pozicije.

(b) migracija vremenskih karata u dubinu sa modelom intervalnih brzina na principu Snellžovog zakona loma zraka. Dubinske karte pomiču se u prostoru smještajući dubinske točke na prave pozicije u odnosu na pozicije tih točaka na površini. Koristeći tu metodu dubinski horizonti smještaju se na prave pozicije i daju točnije strukturne oblike. Pomak horizonata u podzemlju definiran je kartama azimuta pomaka kao vrijednostima vektora.

Poboljšani volumen Brzina/Dubina korišten je za prestack i post-stak 3D migraciju. 3D post-stack migrirani volumen korišten je za korekciju ulazne interpretacije strukturno tektonskih odnosa i poboljšanje volumena brzina/dubina. Konačni 3D dubinski migrirani volumen služi za daljnje petrofizikalne analize i analize ostalih atributa u ukupnom procesu karakterizacije rezervoara.

Detekcija pukotinskih i kavernoznih zona u kršu upotrebom georadara: primjeri s AC Zagreb – Split – Dubrovnik, dionica Šestanovac – Zagvozd

Detection of fractured and cavernous zones in karstic areas using gpr: examples from highway Zagreb – Split – Dubrovnik, section Šestanovac – Zagvozd

Olinka Mirković

Institut IGH, d.d., Janka Rakuše 1, 10 000 Zagreb, Hrvatska
(olinka.mirkovic@igh.hr)

Ključne riječi: georadar, kaverna, krš
Key words: ground penetrating radar (gpr), caverne, karst

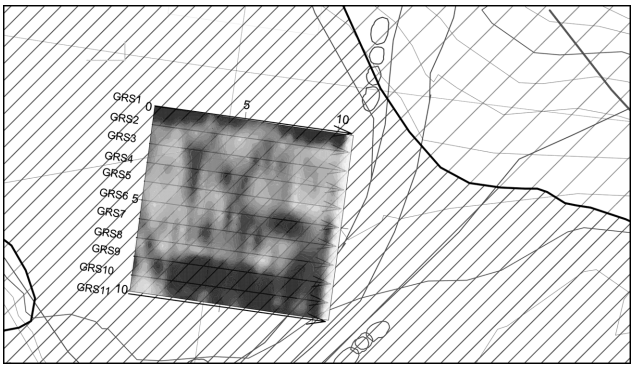
Uvod

Prilikom izvođenja građevinskih radova na dionici Šestanovac – Zagvozd, AC Zagreb – Split – Dubrovnik u više je navrata otkriveno postojanje kavernoznih zona ispod projektiranih objekata ili trase buduće autoceste. Na dvije takve lokacije izvedena su ispitivanja georadarom radi dobivanja dodatnih informacija o dubini i smjeru širenja kaverni.

Ispitivanje georadarom je nedestruktivna geofizička metoda koja kao rezultat mjerenja daje uzdužni, kontinuirani presjek podzemlja. Kombinacijom paralelnih presjeka moguće je dobiti 3D prikaz podzemlja na kojem se ističu zone raspucale stjenovite mase.

O metodi

Osnova ove geofizičke metode je primjena svojstva elektromagnetskih valova da se reflektiraju ili lome na kontaktu dva materijala različitih električkih karakteristika (dielektrična permitivnost, vodljivost i magnetska permitivnost) (BRISTOW & JOL, 2003). Antenom – predajnikom se u tlo odašilju visokofrekventni elektromagnetski valovi (25 MHz do 2 GHz). Dio emitirane energije reflektira se od dielektričnih diskontinuiteta (podzemnih objekata i tla različitog sastava). Reflektirane valove prima antena – prijemnik i sistem ih pohranjuje u digitalnom obliku na prijenosno računalo. Frekvencija vala odabire se ovisno o planiranoj dubini zahvata, te potrebnoj rezoluciji. U oba ovdje prikazana ispitivanja korištene su antene frekvencije 200 MHz, čime je postignuta dubina zahvata od oko 14 metara. Mjerenje je izvršeno instrumentom *RAMAC/GPR*, švedskog proizvođača *MALA GeoScience*.



Slika 1. Rezultat ispitivanja georadarom – tlocrtni presjek koji se odnosi na dubinu od 3,45 do 5,25 metara. Tamnijom bojom su označene zone raspucale stjenovite mase.
Figure 1. GPR time slice at the depth of 3.45–5.25 m. Darker colours represent fractured rock mass.

Primjer 1. – vijadukt "Gradina"

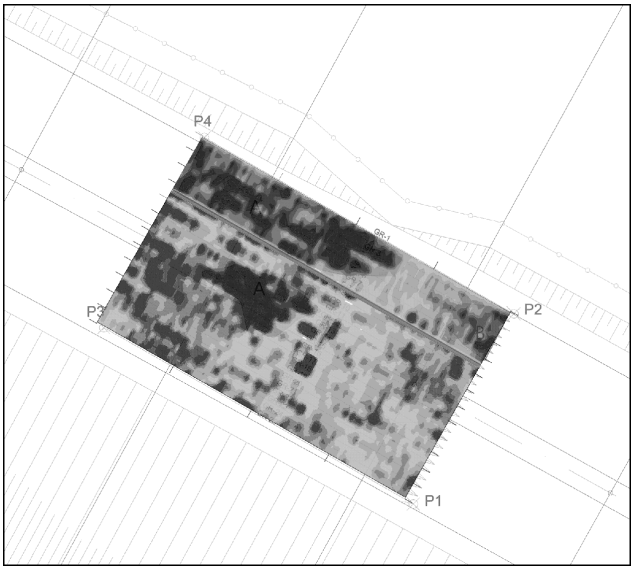
Na lokaciji stupnog mjesta S3 budućeg vijadukta "Gradina" snimljeno je 11 paralelnih presjeka, s razmakom od 1 m, duljine 10,5 metara (MIRKOVIĆ, 2008a). Presjeci su organizirani u tzv. poligon, odnosno skup paralelnih presjeka konstantnog razmaka i približno jednake duljine. Takvim načinom mjerenja sistematski se prekriva istraživano područje, te se omogućuje trodimenzionalna interpolacija podataka i kreiranje tlocrtnih prikaza amplituda reflektiranih signala na različitim dubinama. Na tlocrtnim prikazima jasno se uočava pružanje podzemnih struktura koje su uzrokovale porast amplitude reflektiranog vala.

Uvidom u rezultate ispitivanja, vidljivo je da se ispod dijela temelja stupišta S3 nalazi zona razlomljene i kavernozne stjenovite mase. Stjenovita masa građena je od vapnenca i od kote temeljenja do dubina od oko 9,0 metara je jako (HW) do srednje okršena (MW). Na dubini većoj od 9 metara, stjenovita masa je uglavnom kompaktna ili slabo razlomljena.

Na Slici 1. prikazan je tlocrtni presjek koji se odnosi na dubinu od 3,45 do 5,25 metara. Pokazalo se da se na tim



Slika 2. Špilja na ispitivanom području dionice Šestanovac – Zagvozd.
Figure 2. Cave in the area of investigation, section Šestanovac – Zagvozd.



Slika 3. Rezultat ispitivanja georadarom – tlocrtni presjek koji se odnosi na dubinu od 5,5 do 7 metara. Tamnijom bojom su označene zone raspucale stjenovite mase.
Figure 3. GPR time slice at the depth of 5.5–7 m. Darker colours represent fractured rock mass.

dubinama nalazi veći dio anomalija koje ukazuju na pojavu kaverni. Na prikazima su tamnije smeđom bojom istaknuta područja na kojima postoji porast amplitude reflektiranog vala, što ukazuje na izrazito razlomljenu stjenovitu masu i pojavu šupljina bez ispune.

Primjer 2. – područje od st. km 44+275 do km 44+305

Prilikom izvođenja radova na trasi autoceste, na stacionaži od km 44+275 do km 44+305, otkriven je speleološki objekt – špilja (Slika 2.). Na lokaciji otkrivene špilje izvedena su ispitivanja georadarom radi dobivanja informacija o njenoj dubini i smjeru širenja, te lociranja eventualnih neotkrivenih speleoloških objekata.

Snimljeno je ukupno 25 paralelnih presjeka, s razmakom od 1 metra, duljine 40 metara, od kojih su interpolacijom dobiveni tlocrtni presjeci za različite dubine (MIRKOVIĆ, 2008b). Rezultati ispitivanja su pokazali da se otkrivena kaverna pruža ispod cijele širine postojeće trase, gotovo od same površine do dubine od oko 12 metara. Na dubini od 13–14 metara više nema indikacija za postojanje šupljina. Na Slici 3. prikazan je tlocrtni presjek koji se odnosi na dubinu od 5,5–7 metara. Tamnije smeđom bojom označene su zone raspucale i kavernozne stjenovite mase.

Zaključak

Predstavljena su dva primjera ispitivanja georadarom potencijalno kavernoznih zona u kršu.. Pokazalo se da je ovom metodom moguće ustanoviti postojanje takvih zona, te dobiti informaciju o njihovoj dubini i smjeru širenja.

LITERATURA

BRISTOW, C.S & JOL, H.M. (2003): Ground Penetrating Radar in Sediments.– Geological Society, Special Publication, 211 p.

MIRKOVIĆ, O. (2008a): Izvještaj o geofizičkim ispitivanjima (Istraživanje georadarom područja temelja S3 vijadukta "Gradina").

MIRKOVIĆ, O. (2008b): Izvještaj o geofizičkim ispitivanjima (Istraživanje područja špilje u st. km 44+275 do 44+305).

Sedimentological characteristics of limestones and their influence on the paleomagnetic results – example form Adriatic carbonate platform

Sedimentološka svojstva vapnenaca i njihov utjecaj na paleomagnetske rezultate – primjer Jadranske karbonatne platforme

Alan Moro[1], Emő Márton[2] & Damir Bucković[1]

[1]Department of Geology, Faculty of Science, University of Zagreb, Horvatovac 102A, 10 000 Zagreb, Croatia
[2]Paleomagnetic laboratory, Eötvös Loránd Geophysical Institute of Hungary, Columbus u. 17-23, 1145 Budapest, Hungary

Key words: paleomagnetism, limestones, Adriatic carbonate platform
Ključne riječi: paleomagnetizam, vapnenac, Jadranska karbonatna platforma

Paleomagnetic investigations of the Adriatic carbonate platform started more than 30 years ago. The subjects of those pioneer studies were mostly weakly magnetic platform carbonates which were sampled before developments in knowledge of carbonate platforms sedimentology.

More recently it became clear that for the purpose of paleomagnetic studies, apart from good bedding and the absence of visible karstification (MÁRTON et al. 2003; MÁRTON et al. 2008), mud supported limestones without visible macrofossils or late diagenetic changes and secondary alterations are preferable ones.

Keeping in mind the above requirements, paleomagnetic samples were taken from peritidal, subtidal as well as pelagic limestones from Ist and neighbouring islands (MÁRTON & MORO, 2009). The limestones were wackestone-packstone/grainstones, while the pelagics were mudstones-packstones. Both could appear with lamination as structural characteristic. Despite similar structural and textural characteristic of sampled limestones, the proportion of the paleomagnetically useful samples differs form one locality to another.

According to the field observations as well as thin-section analysis, it could be presumed that, together with late diagenetic processes, the amount of different particles as well as their characteristics variously influenced paleomagnetic results.

REFERENCES

MÁRTON, E. DROBNE, K., ĆOSOVIĆ, V. & MORO, A. (2003): Paleomagnetic evidence for Tertiary counterclockwise rotation of Adria.– Tectonophysics, 337, 143–156.

MÁRTON, E., ĆOSOVIĆ, V., MORO, A. & ZVOCAK, S. (2008): The motion of Adria during the Late Jurassic and Cretaceous: New paleomagnetic results from stable Istria.– Tectonophysics, 454, 44–53.

MÁRTON, E. & MORO, A. (2009): New paleomagnetic results from imbricated Adria: Ist island and related areas.– Geologia Croatica, 62/2, 107–114.

Geofizička istraživanja za izbor lokacije budućeg LPG rezervoara u Urinju

Geophysical investigations for determination of prospective LPG reservoir location in Urinj

Božo Padovan & Miroslav Andrić

Institut IGH, Janka Rakuše 1, 10 000 Zagreb, Hrvatska
(bozo.padovan@igh.hr; miroslav.andric@igh.hr)

Ključne riječi: seizmičke metode, geoelektrične metode, elektromagnetsko sondiranje u vremenskoj domeni
Key words: seismic methods, geoelectrical methods, time domain electromagnetics

U okviru izrade studije (ANDRIĆ et al. (2008)) izvodivosti podvodnih rezervoara za ukapljeni naftni plin, na lokaciji rafinerije nafte u Urinju, provedena su i geofizička istraživanja. Svrha im je bila istražiti i upoznati podzemlje, osobito njegov dublji dio, do oko 200 m ispod nivoa mora te, ako postoji, otkriti blok slabije razlomljene karbonatne stijene u kojoj je moguće projektirati i izgraditi rezervoar.

Geofizička mjerenja provedena su s više geofizičkih metoda: seizmičkom refrakcijskom metodom, seizmičkom refleksijskom metodom, geoelektričnom tomografijom i elektromagnetskim sondiranjem.

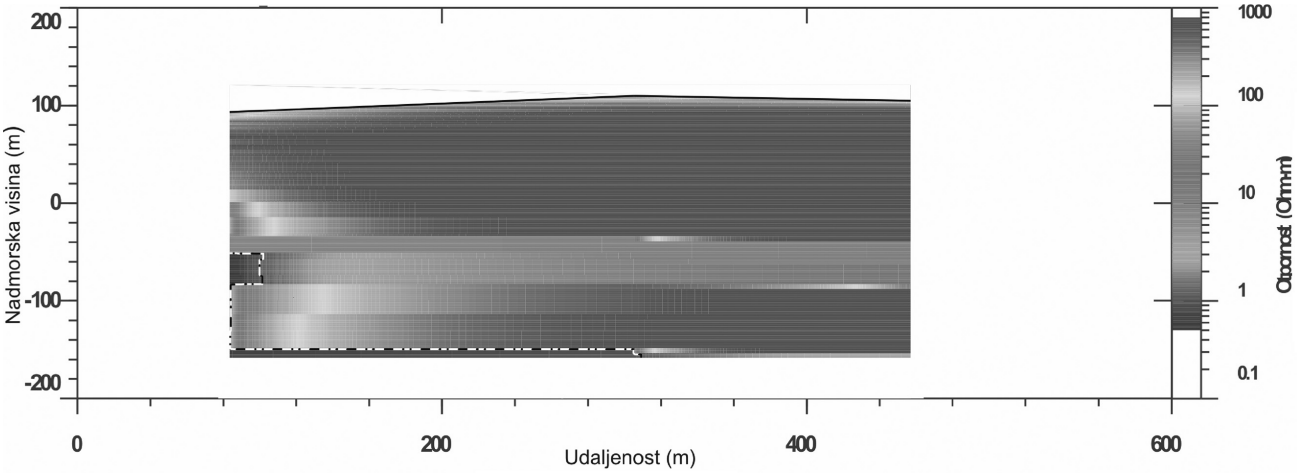
Prethodnim inženjersko-geološkim kartiranjem i tektonskom analizom utvrđeno je da je istraživano područje pokriveno karbonatnim naslagama – dolomitima i vapnencima s vrlo izraženom tektonikom.

Geofizička istraživanja započela su probnim mjerenjima kako bi se provjerila pouzdanost predviđenih geofizičkih metoda. Na temelju dostupnih geoloških rezultata trasiran je geofizički profil nazvan TEST. Po njegovoj trasi izvedena su mjerenja s tri metode i to seizmičkom plitkom refleksijom, seizmičkom refrakcijom i geoelektričnom tomografijom. Rezultati probnih mjerenja pokazali su da odabrane geofizičke metode mogu značajno doprinijeti utvrđivanju odnosa u podzemlju do zahtijevane dubine.

Nakon obavljenih probnih radova pristupilo se izvođenju kompletnog programa geofizičkih istraživanja. Od ukupno predviđenih 11 profila, prije navedenim trima metodama izmjereno je, obrađeno i interpretirano najprije njih pet. Četvrta metoda, elektromagnetsko sondiranje, primijenjena je nakon što su analizirani rezultati do tada izvedenih geofizičkih mjerenja. Sonde su ciljano postavljene na mjesta na kojima se u podzemlju moglo očekivati postojanje bloka slabije razlomljene karbonatne stijene.

Rezultati elektromagnetskog sondiranja ukazali su na postojanje takvog bloka (s otpornošću većom od 1000 ohmm-a) približno između kota –80 i –150 m (Sl. 1).

Potom su preostali geofizički radovi izvedeni u području u kojem je spomenuti blok indiciran elektromagnetskim



Slika 1. Model električnih otpornosti profila EMS-PROFIL 2.
Figure 1. Model of electrical resistivity for profile EMS-PROFIL 2.

sondiranjem. Tako koncipiranim istraživanjem, dobiveni su konačni rezultati na temelju kojih je izdvojeno područje gdje, dovoljno duboko ispod nivoa mora, vrlo vjerojatno postoji kompaktniji blok karbonatne stijene. Provjera rezultata geofizičkih istraživanja obavit će se bušenjem.

LITERATURA

ANDRIĆ, M., PRELOGOVIĆ, E., PADOVAN, B. & GRGEC, D. (2008): Geofizički elaborat.– Institut IGH, Zagreb.

Povezivanje bušotinskih sa seizmičkim podacima

Linking the well data with the seismic data

Damir Takač & Katica Ivičić

INA-Naftaplin, Sektor za geologiju i upravljanje ležištima, Šubićeva 29, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: kalibracija, seizmika, geologija, facijesi, modeliranje
Key words: calibration, seismic, geology, facies, modelling

Suvremeno istraživanje nafte i plina je nezamislivo bez primjene seizmičkih podataka. Premda su seizmički podaci odraz geoloških zbivanja u podzemlju, njihovo tumačenje je uvijek dvojbeno. Uspostavljanje veze između geologije i seizmike je ključni trenutak u rješavanju geološke slike podzemlja.

Prvi korak povezivanja je kalibracija putem sintetskih seizmograma primjenom seizmičkog valića na karotažu zvuka. Kalibracija se može provesti i preko bilo koje karotažne krivulje uz primjenu odgovarajućeg zakona brzina, pa čak i kada odgovarajući zakon brzina ne postoji. Kalibracija se također može provesti i preko mjerenja VSP-a (vertikalno seizmičko profiliranje). No, svi ti oblici kalibracije mogu se smatrati indirektnim povezivanjem seizmičkih s bušotinskim podacima s obzirom na to da su i karotažna mjerenja također odraz geologije koja zahtijevaju određena tumačenja.

Prema tome, uspostava veze između geologije i seizmike ide putem modeliranja – usklađivanjem geološkog sa seizmičkim modelom i obratno. Litološki sadržaj se odražava amplitudnim efektima čiji skup u konačnici tvori seizmički facijes. Dakle, seizmički facijes se može "transformirati" u litološki facijes, a seizmički model u geološki model koji primijenom odgovarajućeg modela seizmičkih brzina dobiva i dubinsku dimenziju. Geološko modeliranje ide po principu "krovine" – površine koja predstavlja maksimalno rasprostiranje odnosne geološke (litološke) jedinice. Seizmičko modeliranje ide po principu "podine" – površine koja predstavlja donju granicu na koju se odnose seizmičke brzine stijena iznad nje. U tom kontekstu može doći do razilaženja u tumačenju geoloških/seizmičkih granica sadržanih u modelu.

Naprednim tehnikama 3D tehnologije dolazi se to treće dimenzije geoloških tijela.

Interpretacija elektrologa po Turk-Legčević metodi

Turk-Legčević method for E-log interpretation

Velimir Turk[1] & Jasna Sovilj-Legčević[2]

[1]Nafta Geoterm, Mlinska 5, 9220 Lendava, Slovenia
[2](jasna.legcevic@gmail.com)

Ključne riječi: teorija struna, jedinstveno polje, akustička impedancija (AI), facies (m/a), salinitet konatne vode ($\log_{10} R_c$), osmotski tlak (ð), stupanj zrelosti ugljikovodika (BVW^n), water-cut (WC)
Key words: string theory, unified field, acoustic impedance (AI), environment (m/a), osmotic pressure (ð), connate water salinity ($\log_{10} R_c$), hydrocarbon maturity (BVW^n), water-cut (WC)

Osnova metode Turk-Legčević (TURK & LEGČEVIĆ, 1995; LEGČEVIĆ & TURK, 2000) je teorija struna i jedinstvenog polja. Nastala je kao pokušaj kvalitativno-kvantitativne interpretacije starih karotažnih mjerenja (SP, R_t i R_i) za reinterpretaciju postojećih i potencijalnih rezervi ugljikovodika na naftno-plinskom polju Petišovci.

Turk-Legčević metoda je otvorena za sve vrste kvalitativno-kvantitativnih analiza, kojima je osnova SP, R_t i R_i. To znači mogućnosti definiranja svakog relevantnog parametra u interpretaciji rezervoarskih karakteristika naftno-plinskoga ležišta. U ovom članku su prikazani samo neki od tih parametera: akustična impedanca, litološke karakteristike, osmotski tlak, salinitet konatane vode, zrelost ugljikovidika i water-cut za bušotinu na plinsko-naftnom polju Petišovci.

LITERATURA

SOVILJ-LEGČEVIĆ, J. & TURK, V. (2000): New Access to Old Electrical Log Interpretation in Oil and Gas Wells.– Geologija, 43/2, 267–292, Ljubljana.

TURK, V. & LEGČEVIĆ, J. (1995): Nov pristop interpretaciji starih elektrokarotažnih diagramov.– Rudarsko-metalurški zbornik, 3–4, 271–279, Ljubljana.

Korelacije između seizmičkih akustičkih otpora i ležišnih svojstava

Correlations between seismic interval velocities and reservoir characteristics

Marija Vidović[1], Damir Takač[1] & Krešimir Pejić[1]

[1]INA, Exploration Department, Šubićeva 29, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: inverzija, intervalne brzine, ležišna svojstva
Key words: inversion, interval velocity, reservoir characterizations

Predmet ovog rada je povezivanje i prognoziranje ležišnih i seizmičkih svojstava na strukturi Jihar temeljeno na poznatom postupku inverzije amplitudne seizmike u seizmičke akustičke otpore, uvjetno seizmičke intervalne brzine. Na osnovi seizmičkih intervalnih brzina i geološkog znanja o ležišnim stijenama, strukturi ležišta i stratigrafskoj klasifikaciji mogu se izračunati neke petrofizikalne karakteristike.

Bušotinsko mjerenje karotaže zvuka (sonic log) je poveznica između seizmičkih i geoloških podataka. Seizmički podaci su amplitude u vremenu, a akustički otpori i intervalne brzine se izračunavaju iz podataka zvuka (sonic log/transit time). Rezultat inverznog modeliranja su sintetski akustički otpori, intervalne brzine ili intervalna prolazna vremena dobiveni iz seizmičkih tragova i kalibrirani sa podacima karotaže zvuka u bušotinama Jihar-1, Jihar-2, Jihar-3 i Jihar-6. Korišteni su algoritmi; brzi 'Sparse Spike Zero Phase' i detaljniji 'Constrained Inversion in Eignevectors Basis'.

Slijedeći postupak su korelacije između seizmičkih i bušotinskih intervalnih brzina.Ako su rezultati korelacija zadovoljavajući, tada je moguće predvidjeti vertikalne i bočne raspodjele akustičkih svojstava pojedinih litostratigrafskih jedinica oko bušotina i šire ovisno o ostalim geološkim podacima polja.

Na osnovi seizmičkih intervalnih brzina, geološkog znanja o ležišnim stijenama, strukturi i stratigrafskoj raspodjeli, također se mogu prepoznati litološki odnosi i izračunati poroziteti. Prije toga je potrebno korelirati seizmičke intervalne brzine i bušotinske porozitete iz jezgre ležišnih stijena u ciljnim formacijama. Ako se ustanovi korelativni odnos, razložno je izračunati raspodjelu seizmičkih poroziteta u ležištu na osnovu odnosa između poroziteta i seizmičkih prolaznih vremena (intervalnih brzina) stijena, prolaznih vremena u matriksu i prolaznih vremena u pornom fluidu u stijenama karbonatnog ili klastičnog tipa pomoću Wyllie-eve jednadžbe.

Zaključak

Korelacije između vrijednosti bušotinskih i seizmičkih intervalnih brzina i poroziteta i seizmičkih intervalnih brzina na Kuracchine Dolomite formaciji navedenih bušotina Jihar-1, Jihar-2, Jihar-3 i Jihar-6 pokazuju slaganje. Koeficijenti korelacije su iznad 0.6 i veći, što predstavlja potvrdu da se mogu okonturiti poroziteti na osnovu seizmičkih intervalnih brzina u područjima bez kompleksnih strukturnih i litoloških odnosa.

Na osnovi interpretiranih poroziteta dobivena je karta prosječnih poroziteta za Kuracchine Dolomite formaciju za područja sa bušotinama, ali i za područja bez bušotina.

Kako je stupanj sličnosti između bušotinskih i seizmičkih intervalnih brzina zadovoljavajući seizmički poroziteti se mogu koristiti i za prostorno predviđanje kvalitativnih poroziteta.

Handling uncertainty in the case of lateral extension of log-porosity values in a turbidity reservoir

Analiza nesigurnosti u slučaju lateralne procjene logaritamskih vrijednosti poroznosti u ležištu turbiditnog podrijetla

János Geiger[1], Tomislav Malvić[2,3] & Kristina Novak Zelenika[3]

[1]University of Szeged, Department of Geology and Paleontology, Szeged, Hungary
[2]Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Department for Geology and Geological Engineering, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Hrvatska
[3]INA-Naftaplin, Sector for Geology and Reservoir Management, Šubićeva 29, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Key words: Indicator formalism, Sequential Indicator Simulation, convergence, reservoir characterization, clastics, Miocene, Croatia
Ključne riječi: indikatorski formalizam, sekvencijske indikatorske simulacije, karakterizacija ležišta, klastiti, miocen, Hrvatska

The geological uncertainty can be determined through the differences between many equally probable reservoir descriptions generated using a geostatistical techniques known as stochastic simulations. Each of these realizations reproduces a prior measure of spatial continuity (covariances) and may be conditioned to honor available data. The differences between these descriptions provide indications of reservoir uncertainty due to lack of information (DEUTSCH, 2002).

Sequential indicator simulation (SIS) is widely used for diagenetically controlled facies (DEUTSCH, 2002). However, the background indicator formalism can also be applied whenever the data set available has a considerable uncertainty (DEUTSCH & JOURNEL, 1997; JOURNEL & ALABERT, 1988).

In case of Klostar field the number and spatial distribution of wells allowed us expecting any lateral extension of well-log porosity to be quite uncertain (NOVAK ZELENIKA et al., 2010). Because of this prior expectation we used the indicator formalism for discretizing the original well-averaged porosity data. Applying sequential indicator simulation for six porosity cut-offs we generated one-hundred equally probable stochastic realizations for each of five different grid sizes (Fig. 1). Then the average values, the width of their probability intervals (Fig. 2) and standard deviations were calculated for the first, first two, first three, and finally for the first 100 grids.

The series of means obviously converged to the theoretical expected value of the background population. However the limit of series formed from the width of probability intervals did not equal zero. It means that even in the limit there is a small amount of uncertainty belonging to the information gathered about the porosity.

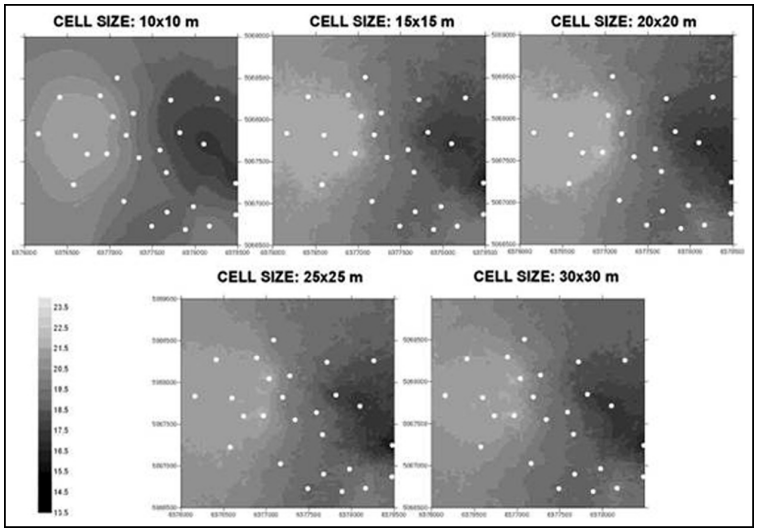


Figure 1. E-type estimations derived from SIS for five different cell-sizes.
Slika 1. E-tip procjene dobivene sekvencijskim indikatorskim simulacijama za pet različitih veličina ćelije.

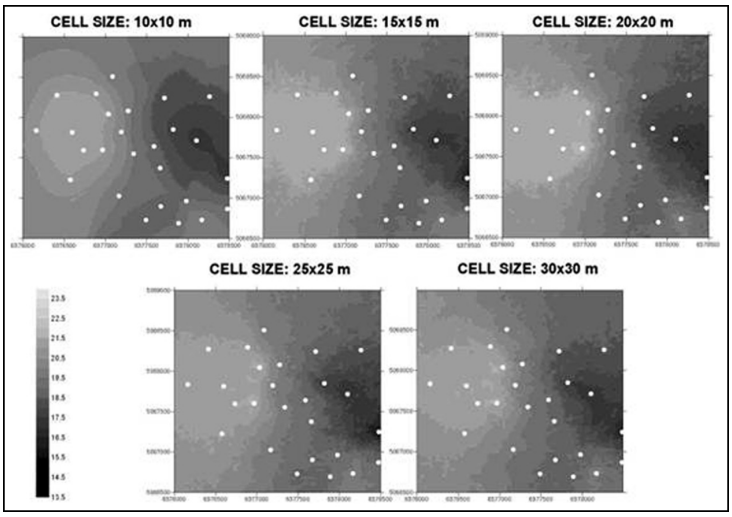


Figure 2. Width of symmetric probability interval around E derived from SIS for five cell-sizes.
Slika 2. Širina simetričnog intervala vjerojatnosti oko E dobivenog iz sekvencijskih indikatorskih simulacija za pet različitih veličina ćelije.

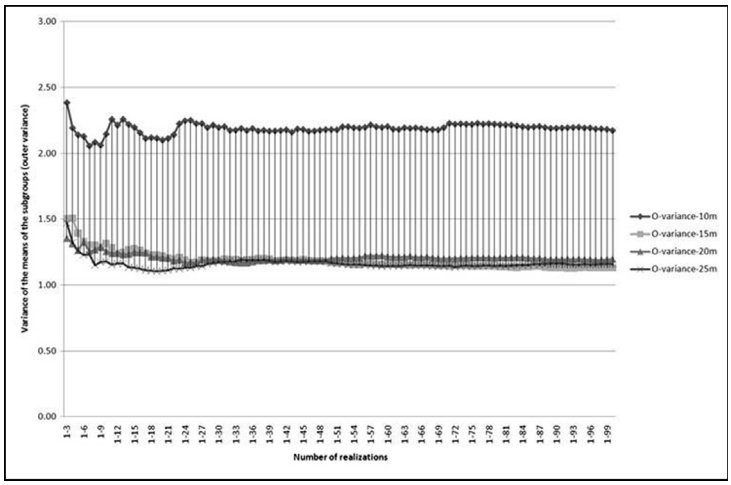


Figure 3. Convergence of the outer variance (variance of the means among grid points) with incresing number of realizations.
Slika 3. Konvergencija vanjske varijance (varijanca srednjih vrijednosti između točaka mreže) s povećanjem broja realizacija.

The series of means obviously converged to the theoretical expected value of the background population. However the limit of series formed from the width of probability intervals did not equal zero. It means that even in the limit there is a small amount of uncertainty belonging to the information gathered about the porosity.

It is an open question whether this uncertainty varies with the depositional genetic, but we demonstrated that it is the function of the grid resolution. To this there were generated 100 realizations (by repeating SIS procedure with the same parameters) for each of four different grid sizes. From these realizations we defined one hundred sets of realizations containing the first three, first four etc., first one-hundred realizations. For each sets the (1) average value, (2) the total variance, the (3) coefficient of variation and the (4) variation of the expected value were calculated. Afterwards, we decomposed the total variance into its (5) 'inner' (mean of the variances of at grid points) and (6) 'outer' (variance of the means among grid points) component for each sets of realizations.

It has become clear, that according to the limit values and the speed of convergence the stochastic estimations (SIS) can be subdivided into two groups (Fig. 3). These groups demonstrate where the change of scale can be made probable. Moreover this finding may reflect the scale of the representative elementary volume in the case of well-log porosity. It is also apparent that different numbers of realizations need for stabilizing the overall estimations when support changes.

REFERENCES

DEUTSCH, C.V. & JOURNEL, A.G. (1997): GSLIB: Geostatistical Software Library and User's Guide, 2nd edn.– Oxford University Press, 369 p., New York.

DEUTSCH, C.V. (2002): Geostatistical Reservoir Modeling.– Oxford University Press. New York, 376 p.

JOURNEL, A.G. & ALABERT, F.G. (1988): Focusing on spatial connectivity of extreme valued attributed: stochastic indicator models for reservoir heterogeneities.– SPE Paper # 18324.

NOVAK ZELENIKA, K., MALVIC, T. & GEIGER, J. (2010): Mapping of Late-Miocene Sandstone Facies Using Indicator Kriging.– Submitted in Nafta journal, January 2010.

Define of depositional environment using neural network

Određivanje taložnog okoliša neuronskom mrežom

Horváth Janina

Department of Geology and Paleontology, University of Szeged, H-6722, Szeged, Egyetem u. 2-6, Hungary

Key words: Neural Network, pattern recognition, depositional environment
Ključne riječi: neuronska mreža, prepoznavanje uzorka, taložni okoliš

Traditional techniques of identification of a depositional body from core data are costly and sometimes difficult to extrapolate to uncored wells. However, application of Kohonen's Self Organized Map (abbr. SOM) (KOHONEN, 2001) approach may be regarded to be a potential method for pattern recognition problems.

A combination of Indicator Kriging and SOM for log-porosity and sand content data coming from quantitative well-log interpretations is used for identifying the spatial pattern of some delta-plain sub-environments.

The basic high-dimensional property fields are defined by 3D shapes of some well known depositional facieses of a particular reservoir rock body in the Algyő Field, Hungary (GEIGER, 2003), (Fig. 1). Many parameters as log-porosity and sand content data can be used to determine lithological patterns using SOM (AKINYOKUNK et al., 2009 and ULTSH et al., 1995). This step of method can discover spatial patterns as clusters in unstructured data set because SOM is based on clustering algorithm.

However, this approach not necessarily makes sure, that the resulting disjunctive clusters can show any meaningful depositional geometry. So at last the final geometry is given using Indicator technique which uses threshold values derived from property values of clusters. (NOVAK ZELENIKA et al., 2010, in press)

REFERENCES

AKINYOKUNK, O.C., ENIKANSELU, P.A., ADEYEMO, A.B. & ADESIDA, A. (2009): Well Log interpretation model for the determination of lithology and fluid contents.– The Pacific Journal of Science and Technology, Springer.

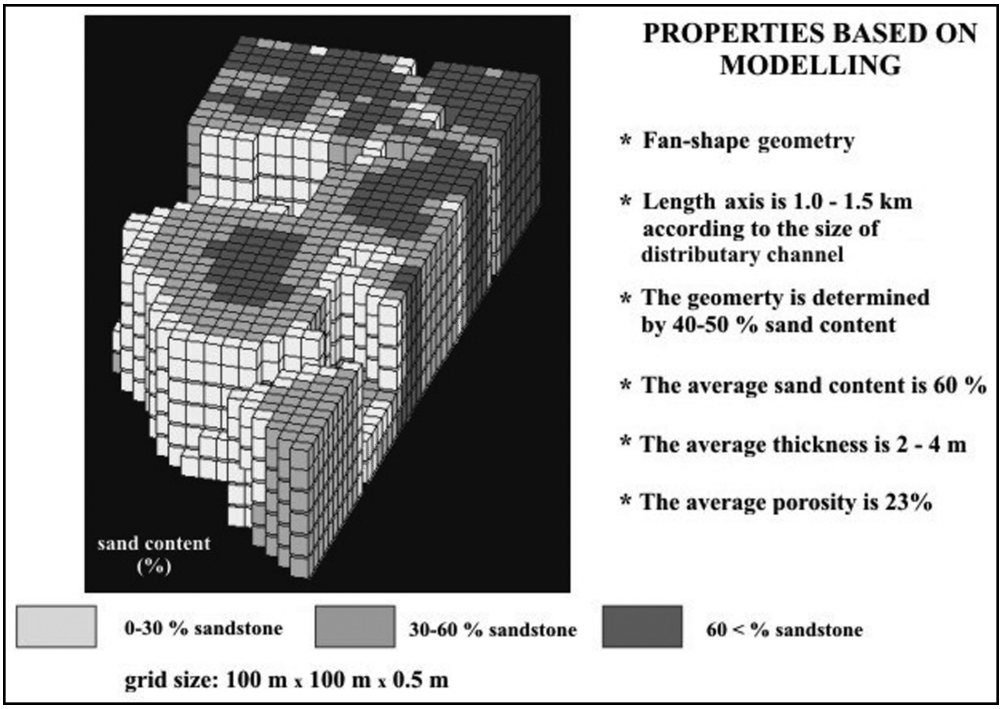


Figure 1. 3D model of cravasse splay environments in the Algyõ delta (GEIGER, 2003).
Slika 1. 3D model okoliša naplavnih taložina u paleodelti polja Algyõ (GEIGER, 2003).

GEIGER, J (2003): A pannóniai újfalui (törteli) formációban levő algyő-delta fejlődéstörténete – I.: Az algyő-delta alkörnyezeteinek 3d modellezése. Part one: 3d modelling of the sub-environments of Algyo-delta. Földtani Közlöny.

KOHONEN, T. (2001): Self Organized Maps – Springer, Berlin, Germany.

NOVAK ZELENIKA, K., MALVIĆ, T. & GEIGER, J. (2010): Mapping of the late miocene sandstone facies using indicator kriging.– Nafta, Zagreb, in press.

ULTSCH, A., KORUS, D. & WEHRMANN, A. (1995): Neural networks and their rules for classification in marine geology, Raum und Zeit in Umweltinformationssystemen, 9th Intl. Symposium on Computer Science for Environmental Protection CSEP ´95, Vol. I, ed. GI-Fachausschuß 4.6 "Informatik im Umweltschutz" vol. 7, Metropolis-Verlag, Marburg.

Procjena sekvencijskim Gaussovim simulacijama ležišnih varijabli pješčenjačkog donjopontskoga ležišta nafte, polje Kloštar, Savska depresija, Hrvatska

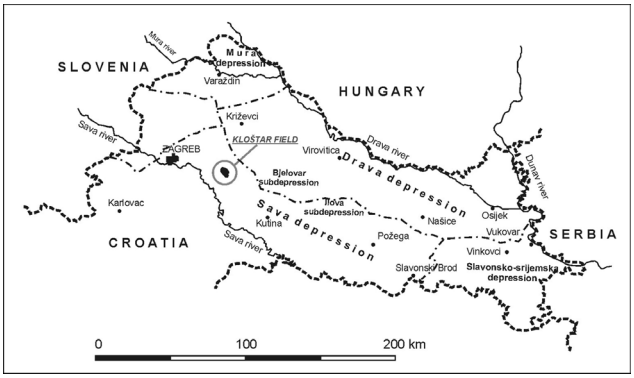
Estimations by sequential Gaussian simulations of reservoir variables in Early Pontian oil reservoir, Kloštar Field, Sava Depression, Croatia

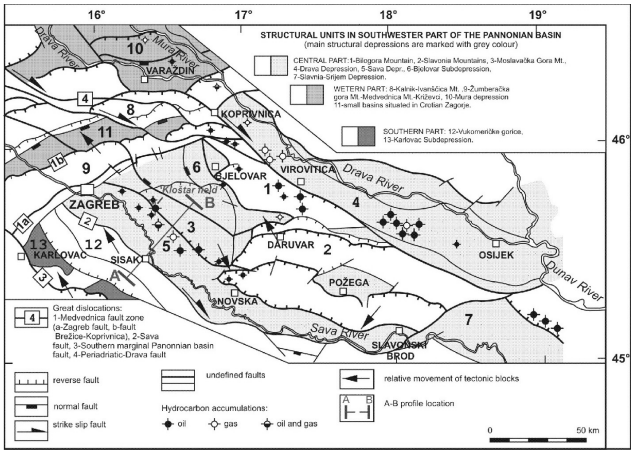
Kristina Novak Zelenika[1] & Tomislav Malvić[1,2]

[1]INA-Naftaplin, Sektor za geologiju i upravljanje ležištima, Šubićeva 29, 10 000 Zagreb, Hrvatska
[2]Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: ležišne varijable, pješčenjaci, geostatistika, sekvencijske Gaussove simulacije, polje Kloštar, Savska depresija, donji pont
Key words: reservoir variables, sandstones, geostatistics, sequential Gaussian simulations, Kloštar Field, Sava Depression, Early Pontian

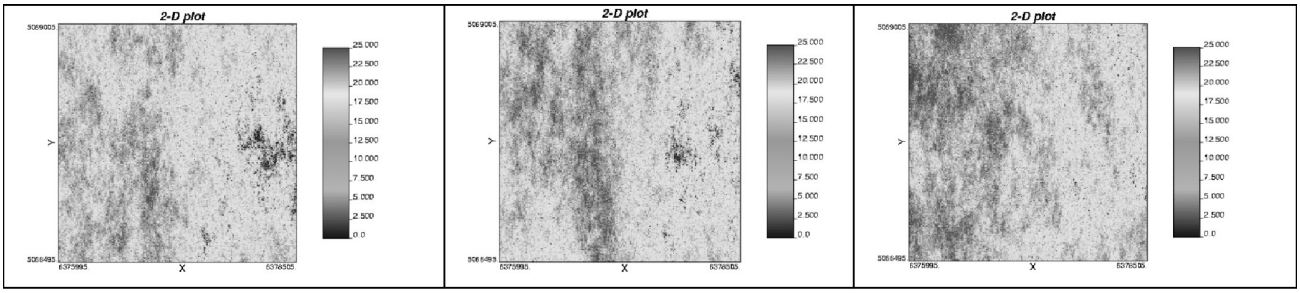
Polje Kloštar nalazi se u zapadnom dijelu Savske depresije, na jugozapadnim obroncima Moslavačke gore. Geografski je smješteno oko 35 kilometara istočno od grada Zagreba, unutar i u okolici istoimenog sela Kloštar (Sl. 1). To polje je odabrano za geostatističku analizu iz sljedećih razloga: (a) još uvijek je jedno od najvećih naftnih i plinskih polja u Savskoj depresiji, (b) na tom polju već je ranije načinjen skup različitih geostatističkih procjena, (c) postoji veliki skup prikupljenih podataka koji se analiziraju u okviru rada na disertaciji prve autorice te uporabe stohastičkih metoda kroz znanstveni projekt MZOS-a "Stratigrafska i geomatematička istraživanja naftnogeoloških sustava u Hrvatskoj". Polje Kloštar je na sjeveru i sjeveroistoku odijeljeno od masiva Moslavačke gore transverzalnim Sjevernim rubnim rasjedom Savske depresije. U donjem i srednjem miocenu (zaključno sa sarmatom) izvori materijala bili su lokalni. U panonu glavni utjecaj preuzeo je materijal donesen iz Istočnih (metamorfnih) Alpi, prenašan turbiditnim strujama (VRBANAC et al., 2008). Na kraju, u pliocenu i kvartaru, taloženi su uglavnom plitki jezerski, a kasnije i kopneni sedimenti. Geostatistički su analizirani podatci poroznosti, dubine i debljine prikupljeni za najveće pješčenjačko ležište imenovano "T" (donjopontske starosti), iz skupa od 19 bušotina. Za njih su načinjene karte semivariogramskih površina te izračunati eksperimentalni i teorijski standardizirani semivariogrami programom Variowin 2.21 (PANNATIER, 1996). Na kraju je izračunato po stotinu realizacija uvjetnim sekvencijskim Gaussovim simulacijama (skr. SGS; opisane npr. u DEUTSCH & JOURNEL (1997), MALVIĆ (2008) i drugdje). Prikazane su 1., 50. i 100. realizacija za svaku varijablu (Slike 2, 3 i 4).



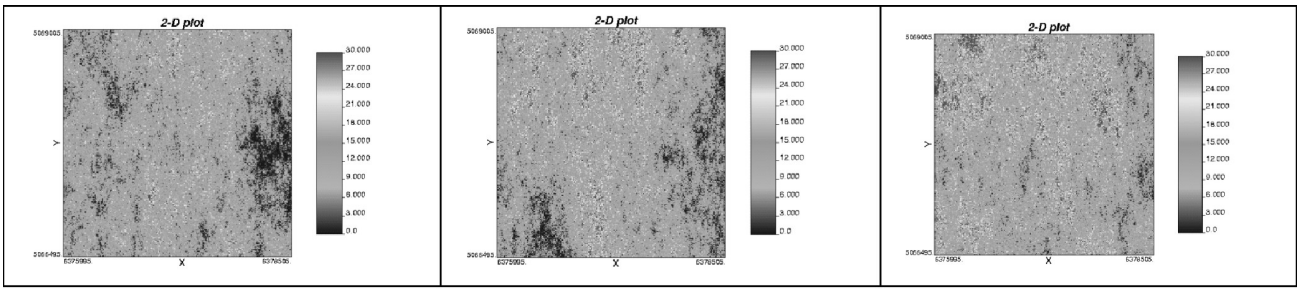


Slika 1. Smještaj polja Kloštar te regionalne strukturne depresije Sjeverne Hrvatske
Figure 1. Location of the Kloštar Field and regional structural depressions in North. Croatia

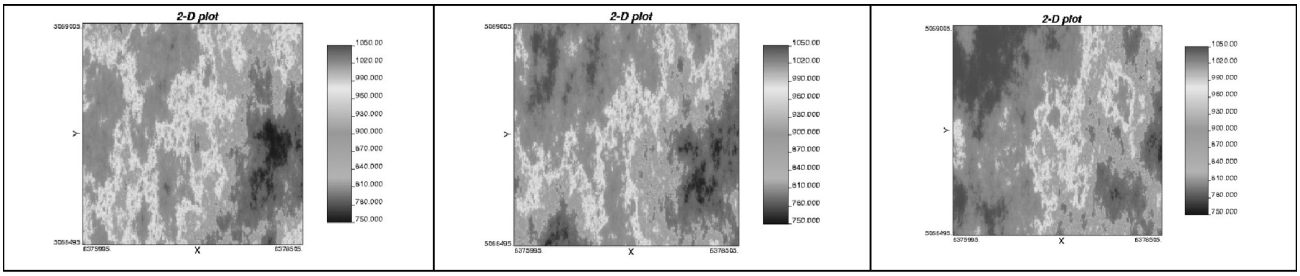
Modeliranje ležišta je proces koji uvijek uključuje određeni stupanj nesigurnosti, tako da je stohastički pristup često najprimjereniji za karakterizaciju ležišta. Stohastikom se dobiva niz jednako vjerojatnih karata. Upotrijebljene su uvjetne sekvencijske Gaussove simulacije, no zbog promatranja triju geoloških varijabli različitog reda veličine (10^1, 10^2 i 10^3) načinjeni su standardizirani teorijski variogrami. Anizotropija se uočava na kartama poroznosti i dubina. Zanimljivo je kako veće poroznosti odgovaraju većim dubina-



Slika 2. Poroznosti dobivene SGS-om (1., 50., 100. realizacija).
Figure 2. Porosities obtained by SGS (realizations 1, 50, 100).



Slika 3. Debljine dobivene SGS-om (1., 50., 100. realizacija).
Figure 3. Thickness obtained by SGS (realizations 1, 50, 100).



Slika 4. Dubine dobivene SGS-om (1., 50., 100. realizacija).
Figure 4. Depths obtained by SGS (realizations 1, 50, 100).

ma, što ukazuje da su tektonikom nakon taloženja ležišta jače izdignuti rubni dijelovi glavnoga kanala taložnog prostora pješčenjaka.

LITERATURA

DEUTSCH, C.V. & JOURNEL, A.G. (1997): GSLIB: Geostatistical Software Library and User's Guide, 2nd edn.– Oxford University Press, 369 p., New York.

MALVIĆ, T. (2008): Primjena geostatistike u analizi geoloških podataka.– INA-Industrija nafte d.d., 103 str., Zagreb.

PANNATIER, Y. (1996): VARIOWIN – Software for Spatial Dana Analysis.– Springer Verlag, 91 p., New York.

PRELOGOVIĆ, E., SAFTIĆ, B., KUK, V., VELIĆ, J., DRAGAŠ, M. & LUČIĆ, D. (1998): Tectonic activity in the Croatian part of the Pannonian basin.– Tectonophysics, 297, 283–293.

VRBANAC, B., VELIĆ, J. & MALVIĆ, T. (2008): Sedimentation of Late Pannonian clastic deposits in main and marginal basins (Sava depression vs. Bjelovar subdepression).– Geophysical Research Abstracts, 10, Copernicus Group, 1–2, Wien.

Vjerojatnost geološkog uspjeha
Probability of geological success

Ines Vlahov & Brankica Cirković

INA–Naftaplin, Sektor za geologiju i upravljanje ležištima, Šubićeva 29, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: vjerojatnost geološkog uspjeha, geološki rizik, matična stijena, zamka, migracija, rezervoarske stijene, izolatorske stijene, izgledni stratigrafski interval, istražni lokaliteti, izravni i neizravni podaci.
Key words: probability of geological success, geological risk, source rock, trap, migration, reservoir rocks, seal, play, prospect, direct and indirect data.

Vjerojatnost geološkog uspjeha (skr. Pg; *engl. Probability Of Success, abbr. POS*) je ocjena kvalitete osnovnih geoloških kategorija (s više geoloških faktora ili događaja) koji su ključni za procjenu uspjeha otkrića ugljikovodika.

Svrha procjene vrijednosti 'Pg' u istraživanju ugljikovodika je rangiranje neotkrivenih rezervi ugljikovodika prema kvaliteti i količini geoloških podataka.

Ovim radom prezentirana je službena metoda koja se primjenjuje u Mol Grupi za izračun vjerojatnosti geološkog uspjeha konvencionalnih ležišta ugljikovodika.

Razmatra se geološki rizik, odnosno procjenjuje vjerojatnost geološkog uspjeha pet kritičnih geoloških kategorija koncepta izglednog stratigrafskog intervala ili istraživačkog lokaliteta. Geološke kategorije koje se procjenjuju su: mati-

Tablica 1. Izračun vjerojatnosti geološkog uspjeha.
Table 1. Calculation of geological success probability.

	Tip / Pouzdanost podataka				
Kategorija	Direktni podaci Nepovoljni <0,3	Indirektni podaci Upitni 0,3–0,5	Neutralni 0,5	Indirektni podaci Obećavajući 0,5–0,7	Direktni podaci Povoljni >0,7
1. Matična stijena & Zrelost					
a. Prisutnost i Kapacitet					
b. Zrelost matične stijene					
2. Timing & Migracija					
a. Timing					
b. Migracija					
3. Rezervoarske stijene					
a. Prisutnost					
b. Kvaliteta					
4. Pokrov					
a. Prisutnost i kvaliteta					
b. Očuvanje					
5. Zamka / Zatvaranje					
a. Definicija zamke					
b. Karakteristika zamke					

Procjena Geološkog Rizika					
Vjerojatnost Geološkog Uspjeha	Vjerojatnost Matična stijena & Zrelost	Vjerojatnost Timing & Migracije	Vjerojatnost Kvalitete rezervoara	Vjerojatnost Pokrova & Očuvanja	Vjerojatnost Zamke / Zatvaranja
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Tablica 2. Dijagram geološkog rizika.
Table 2. Diagram of geological risk.

Dijagram geološkog rizika	
Grupa rizika / POS raspon	Značajke istražnih lokaliteta
Jako niski rizik / (50–100%)	Područje s proizvodnjom – Isti play – susjedna struktura / Struktura u blizini s dokazanim ugljikovodicima
Niski rizik / (30–50%)	Područje s proizvodnjom – Isti play – Vrlo obećavajuća struktura u blizini / Udaljena struktura s dokazanim ugljikovodicima
Umjerni rizik / (20–30%)	Područje s proizvodnjom – Isti play – Struktura u blizini / Udaljena struktura – Isti trend ili vrlo obećavajuća struktura
Srednji rizik / (10–20%)	Područje s proizvodnjom – Novi play – Struktura u blizini ili Proizvodni bazen – Isti play – Udaljena struktura
Visoki rizik / (6–10%)	Proizvodni bazen – Isti play – Slabo definirano ili jako udaljena struktura ili Proizvodni bazen – Novi play – Udaljena struktura ili Novo područje – Obećavajući HC-sustav
Jako visoki rizik / (0–6%)	Novo područje – Novi bazen ili Novo područje – Play sa negativnim podacima

čne stijene i zrelost, vrijeme i migracija, rezervoarske stijene, izolatorske stijene te zamka. Svaka od razmatranih geoloških kategorija ima nekoliko potkategorija koje je tijekom procjene potrebno razmotriti i uzeti u obzir (Tablica 1).

Podaci za procjenu vjerojatnosti geološkog uspjeha kod ove metode su određeni tipom i pouzdanošću. Razlikujemo dva tipa ulaznih podataka izravne (direktne) i neizravne (indirektne) čija se pouzdanost procjenjuje kao: nepovoljna, upitna, neutralna, obećavajuća i povoljna.

Vjerojatnost geološkog uspjeha, dobiva se množenjem vjerojatnosti svih pet geoloških kategorija, a svaka od njih procijenjena je prema odgovarajućoj pouzdanosti i tipu podatka.

Ovom se metodom, prema izračunatoj vjerojatnosti geološkog uspjeha, istražni lokaliteti svrstavaju u jednu od šest grupa geološkog rizika (Tablica 2).

Use of neural networks in geochemical data interpretation: classification, function approximation and clustering case study

Uporaba neuronskih mreža u interpretaciji geokemijskih podataka: klasifikacija, funkcijska aproksimacija i klasteriranje

Gorazd Žibret

Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana, Slovenia
(gorazd.zibret@geo-zs.si)

Key words: neural networks, data mining, geochemistry
Ključne riječi: neuronske mreže, obrada podataka, geokemija

Introduction

Neural networks have been successfully applied in many areas, like financial problems, medicine, engineering, physics, electronics, robotics etc. The success of the method can be laid down to the following reasons: they can model extremely complex systems; due to their nature neural networks can be used to model non-linear natural systems (linearity in the sense of mathematical properties of additivity and homogenuosity); there is no limitations with the dimensionality of the problem; it can be arbitrary, depending on the CPU speed and computer memory; due to well developed learning algorithms they are easy to use. Method is based on the principles connections and repetition in biological nervous systems. Basic unit is the neuron containing inputs with weights, activation function and outputs. The net of the neurons can be called neural network, but to make it useful, inputs and outputs have to be placed. Depending on the types of neurons arrangement, neural activation functions, interconnectivity etc. there are many different types of neural networks and each type is designated in doing certain task/problem. The details will not be described here as they can be found in two excellent "bibles" – Hayking's (HAYKIN, 1999) and Kohonen's (KOHONEN, 2001).

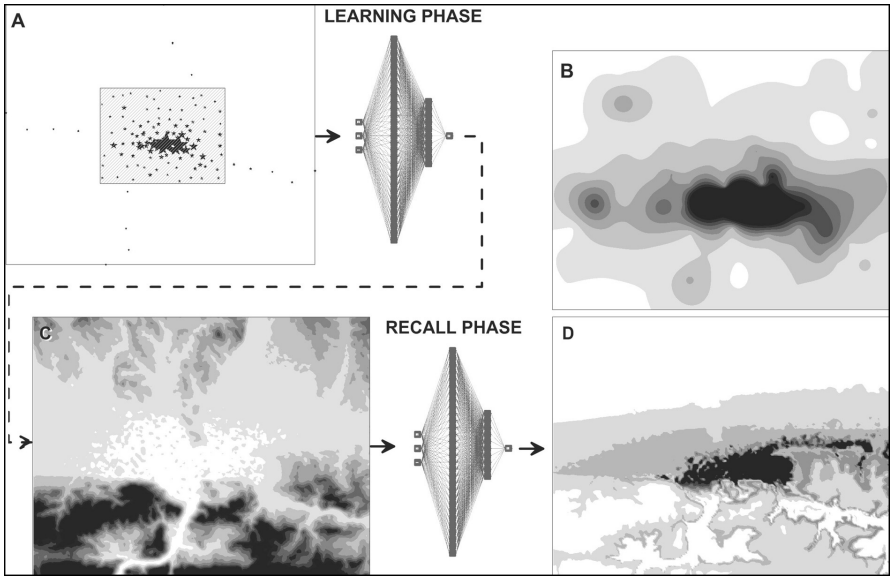


Figure 1. Function approximation, Zn in Celje attic dust case study. A – visualization of learning data (size of the symbol corresponds to the Zn concentration in attic dust) with square, representing area of recall phase; B – map of Zn concentration in attic dust, kriging interpolation method; C – recall matrix, 37.000 data points (modified DEM of Celje basin, 25 m spatial resolution); D – visualization of the neural network interpolation results.

Slika 1. Aproksimacija funkcije, Zn u atičkoj prašini, Celje. A – vizualizacija probnih podataka (veličina simbola odgovara Zn-koncentraciji u atičkoj prašini) pomoću kvadrata, predstavlja područje faze opoziva; B – karta Zn-koncentracije u atičkoj prašini, metoda kriging interpretacije; C – opozivna matrica, 37000 točkastih podataka (modificirani DEM Celje bazena, prostorna razlučivost 25 m); D – vizualizacija rezultata interpretacije neuronske mreže.

Three case studies from geochemical data interpretation

As neural networks are universal approximators they can be used for function approximation or with other words, for interpolation purposes. This case study compares the results of the interpolation using neural networks with the commonly used kriging interpolation method (Fig. 1). Zn in the attic dust of Celje has been used as an example (data from: ŽIBRET, 2002; ŠAJN, 2005; ŽIBRET & ŠAJN, 2008). We look at Zn concentration in attic dust in Celje as a function of spatial position of the sample relative to the position of the source of the pollution (x and y coordinates) and elevation, derived from 25 m digital elevation model. This is very simple and naive approximation but will suit for the purpose of the demonstration. To create geochemical maps in such way, there have to be 1 neural network for each element separately. Schematic procedure and the result are shown on Fig. 1.

The classification problem will be addressed by classification of the different geological materials on the basis of their chemical analyses. Data from chemical analyses of attic dust, topsoil and alluvial sediment from different polluted and unpolluted areas have been chosen as examples (26 elements) with additionally patterns with random values to demonstrate the performance of neural network. Summing together, training set contained 369 cases (130 samples of attic dust, 136 samples of soils, 103 samples of alluvial sediments and 37 random cases) and validation set 37 cases (9+7+8+15). All variables have been normalized to the interval Š0,1Ć. The performance of feedforward multilayer perceptron with 14 hidden neurons with sigmoid activation function is found to be excellent, because it is capable of correct classification of all geochemical sampling materials (different than in the learning dataset). Only at detecting the random values the performance is slightly decreased (approx. 95% correct). This task is not so easy if taking into account very heterogeneous composition of geochemical sampling materials, sampled on a broad range of geological environments and on different polluted and unpolluted areas.

Clustering of geochemical data enables to recognize different geochemical associations of elements (anthropogenical/geological), usually done with factor analysis. Factor analysis, also like Kriging, has serious limitation: requirement of normal distribution of variables. Self organizing maps (special type of neural networks; SOM) do not have such limitation. Moreover, compositional data and even attributive type of data (i.e. geological and other parameters) can be used together with normally distributed variables, and this is shown on the Mežica case study (data from ŠAJN, 2006). Regarding SOM classification – fully trained SOM put similar input patterns close and different input patterns apart from each other. As a quantitative measure of similarity, SOM output grid was clustered into 5 clusters by the means of k-means clustering algorithm. Fig. 2 shows the positions of best matching units for every element and every descriptive parameter in the SOM output lattice (10x10 output grid). Shape of the symbol represents membership of the output neuron to different cluster and size of the symbol distance to the cluster centre. Description of descriptive parameters is as follows: dPb – distance of the sample to Pb smelter, dFe – distance of the sample from ironworks; carb – geological parameter, activated neuron if sample is collected on carbonates and inactivated neuron if sample is not collected on carbonates; same applies for metamorphic rocks (met) and sedimentary rocks (sed) respectively. We see that SOM was capable to place dPb in the group together with the Pb, Zn, Cd and other chalcophile elements, dFe inside group with other siderophile parameters Cr, W, Ni (pollution caused by ironworks), parameter "carb" together with the Ca, Mg, Sr, P (and unfortunately also together with "sed" parameter) and parameter "met" together with Fe, Mn, Y, U and Zr. This classification shows better performance of SOM comparing to factor analysis, especially in the way those attributive types of variables shows the source of different elements in the environment. More detailed description of this case study can be found in the upcoming issue of Mathematical Geosciences journal.

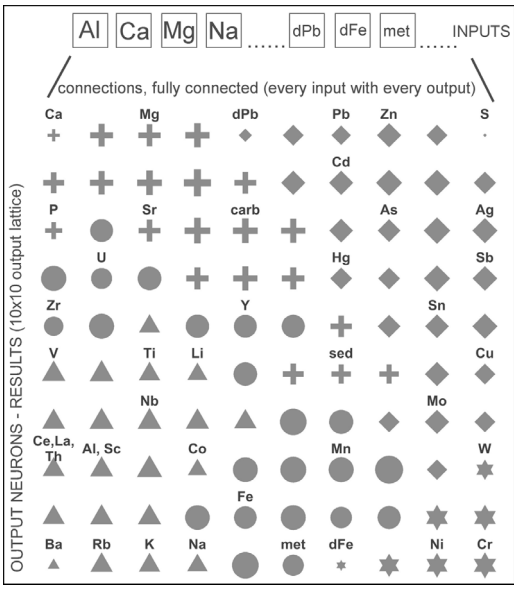


Figure 2. Results of SOM classification in Mežica area (data from ŠAJN, 2006).
Slika 2. Rezultati SOM-klasifikacije na području Mežica (podaci iz ŠAJN, 2006).

REFERENCES

HAYKIN, S. (1999): Neural Networks – a Comprehensive Foundation, 2nd edition.– Pearson, Singapore, 842 p.

KOHONEN, T. (2001): Self-Organizing Maps, 3rd edition.– Springer, Berlin-Heidelberg-New York, 501 p.

ŠAJN, R. (2005): Using attic dust and soil for the separation of anthropogenic and geogenic elemental distributions in an old metallurgic area (Celje, Slovenia).– Geochem Explor Environ Anal, 5/1, 59–67.

ŠAJN, R. (2006): Factor analysis of soil and attic-dust to separate mining and metallurgy influence, Meža Valley, Slovenia. – Math. geol., 38/6, 735–747.

ŽIBRET, G. (2002): Geochemical properties of soil and attic dust in Celje area (BsCh thesis).– University of Ljubljana, Ljubljana, 76 p.

ŽIBRET, G. & ŠAJN, R. (2008): Modelling of atmospheric dispersion of heavy metals in the Celje area, Slovenia.– J. Geochem. expl., 97, 29–41.

Model sedimentacije donjo do srednjomiocenskih naslaga na području Slatina – Donji Miholjac

Sedimentation model of Lower to Middle Miocene deposits of the area "Slatina – Donji Miholjac"

Dijana Bigunac[1], Marica Balen[1], Lilit Cota[1], Zlata Ivaniček[2], Krešimir Krizmanić[2], Mario Matković[1], Srebrenka Matej[1], Damir Rakarić[1] & Branko Sokolović[2]

[1]INA d.d., SD Istraživanje i proizvodnja nafte i plina, Šubićeva 29, 10 000 Zagreb
[2]INA d.d., SD Istraživanje i proizvodnja nafte i plina, Lovinčićeva bb, 10 000 Zagreb

Ključne riječi: donji do srednji miocen, klastiti, karbonati, efuzivi
Key words: Lower to Middle Miocene, clastites, carbonates, efusives

Donjo- do srednje miocenske klastične i karbonatne naslage predstavljaju značajna ležišta ugljikovodika na području središnjeg i istočnog dijela Dravske depresije. Stoga istraživanja litofacijesa miocenskih sedimenata i njihovog prostiranja u prostoru omogućuju kvalitetnije definiranje potencijalnih rezervoara i pokrovnih stijena.

Za potrebe ovog rada provjereni su i reinterpretirani postojeći podaci iz odabranih bušotina. Rad obuhvaća sedimente između neformalne litostratigrafske jedinice nazvane "temeljno gorje" paleozojske starosti (engl. *basement*) u podini sve do regionalnog EK markera Rs_7, kao okvirne granice u krovini.

Prema stratigrafsko-sedimentološkim značajkama Dravska depresija je sa svojim otvaranjem započela prije Savske, a spuštanje je bilo snažnije što je za posljedicu rezultiralo odlaganjem veće debljine naslaga. Miocenske naslage, ovisno o paleoreljefu, su taložene ili na mezozojske karbonate (neformalna jedinica "podina tercijara") ili paleozojske magmatite i metamorfite ("temeljno gorje").

Sedimentacija započinje krupnim klastitima (kao što je dokazano bušotinama Krunoslavlje-1 (Kru-1), Kučanci-2 (Ku-2), Karaš Šuma-1 (KŠ-1), Podravska Slatina-5 (PS-5), Bukovica-1 (Bkc-1), Rasovac-1 (Rs-1), Bockovci-1 (Bc-1)), transgresivno slijede karbonatne naslage te u vršnom dijelu lapori, konglomeratični pješčenjaci i kalkareniti badenske starosti. Tijekom badena intenzivna je i vulkanska aktivnost. Vulkaniti mogu biti uslojeni sa sedimentima. U bušotini Čađavica-1 kroz vulkanite (andezit – bazalt) bušeno je cca 500 m. Vulkaniti su mjestimično uslojeni s kalkarenitima i mikritskim vapnencima badenske starosti.

Glavnu ulogu pri sedimentnim procesima i oblikovanju miocenskih sedimentacijskih tijela (najperspektivnijim rezervoarskim stijenama u istraživanom području) imali su transgresivno/regresivni ciklusi, mlađa tektonika i paleogeomorfologija/sinsedimentacijska tektonika.

Procjena zrelosti utvrđenih matičnih stijena na području Rugvica – Ježevo

Evaluation of maturity of proved source rocks on Rugvica – Ježevo area

Snježana Blažeković-Smojić & Vesna Hrženjak

INA d.d, SD Istraživanje i proizvodnja nafte i plina, Šubićeva 29, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: potencijal ugljikovodika, matična stijena, vrijeme migracije ugljikovodika, zrelost
Key words: hydrocarbon potencial, source rock, time of hydrocarbon migration, maturity

Seizmo-stratigrafska reinterpretacija preostalog potencijala ugljikovodika područja 3D Sava, odnosno područja Rugvica–Ježevo, uzela je u obzir 12 ključnih bušotina: Ru-1, Ru-1a, Ru-2, Ru-3, Obo-3, DG-1, DG-2, Je-1Du, Je-2Du, Je-3Du, Je-4Du, Kop-1 (testiranjem dobivena nafta ili plin, tragovi nafte i plina).

Predmet istraživanja je geološka procjena zrelosti utvrđenih matičnih stijena te vrijeme i putevi migracije ugljikovodika u stratigrafsko-strukturnim zamkama na navedenom području.

U tu svrhu korišten je komercijalni softver BasinMod pomoću kojega su načinjeni profil zrelosti i dijagram povijesti zalijeganja. Matična stijena je zrela na dubinama od 2200–3600 m i pri temperaturama većim od 100 °C. Prema raspoloživim geokemijskim podacima i utvrđenim matičnim stijenama načinjena je i geološka procjena putova migracije kroz geološko vrijeme. Pretpostavlja se kratka, vertikalna i/ili lateralna migracija, kroz rasjede i frakture iz matičnih stijena u rezervoare.

Novo geološko rješenje na temelju reinterpretacije 2D seizmike

New geological solution based on 2D seismic reinterpretation

Ana Domjanić & Ivona Kranjčević

INA-Naftaplin, Sektor za upravljanje i inženjering polja, Šubićeva 29, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: 2D seizmika, strukturna karta, nove rezerve
Key words: 2D seismic, structural map, new reserves

Vodeći se idejom da se pokuša zaustaviti prirodni pad proizvodnje na polju Letičani, pokrenuti je niz razradnih radova.

Prema starom strukturnom rješenju polje Letičani je bilo podijeljeno u dva tektonska bloka. Bušotina Le-5 vodila se kao likvidirana u pretpostavljenom vodenom zasićenju. Sa ciljem provjere zasićenja, u bušotini Le-5, ležište K je perforirano, a ispitivanjem je dobiven slab dotok nafte, bez vode. Pokrenuta je reinterpretacija geološkog rješenja polja. Rezultat 2D seizmičke reinterpretacije je novo strukturno-tektonsko rješenje. Prema novom rješenju strukturu predstavlja antiklinala rasjednuta normalnim i reversnim rasjedima, podijeljena u 3 tektonska bloka. Nakon procijene petrofizikalnih parametara i izračuna površina te novih karata efektivnih debljina procijenjene su geološke rezerve ugljikovodika. Nove utvrđene rezerve nafte dvostruko su veće od rezervi prijavljenih u prethodnom Elaboratu.

Potrebno je u budućnosti razmotriti izradu novih bušotina u cilju povećanja iscrpka utvrđenih rezervi nafte u novom bloku.

Odnos rezervi i proizvodnje ugljikovodika po dekadama i dominantnim ležišnim litologijama u hrvatskom dijelu Panonskog bazena

Relation between hydrocarbon reserves and production during decades with respect to dominant reservoir lithologies in the Croatian part of the Pannonian basin

Goran Jović[1], Marko Cvetković[2], Tomislav Malvić[2,3] & Josipa Velić[2]

[1]Duvanjska 6, 10 000 Zagreb, Hrvatska
[2]Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Hrvatska
[3]INA-Naftaplin, Sektor za geologiju i upravljanje ležištima, Šubićeva 29, 10 000 Zagreb, Hrvatska

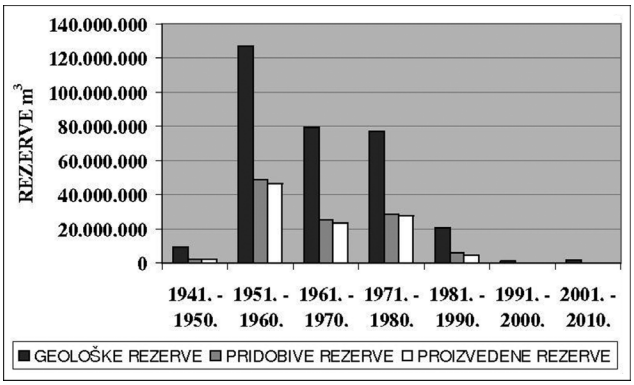
Ključne riječi: rezerve ugljikovodika, proizvodnja ugljikovodika, ležišne litologije, Hrvatska, Panonski bazen
Key words: hydrocarbon reserves, hydrocarbon production, reservoir lithologies, Croatia, Pannonian basin

Sažetak

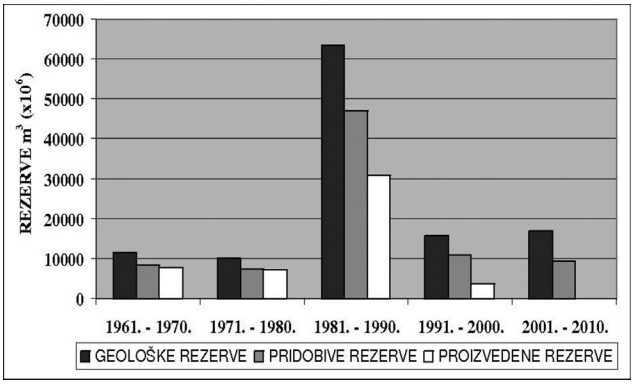
Počeci istraživanja i pridobivanja nafte i plina u Hrvatskoj sežu još u 19. stoljeće. No, tek oko 1940. godine, kada su izvedena prva geofizička istraživanja, započinje značajnija proizvodnja, prije svega zbog uporabe suvremenih metoda istraživanja ugljikovodika. Od tada pa do danas u Hrvatskoj je otkriveno 45 naftno-plinskih polja, 43 plinska polja među kojima je 14 kondenzatnih.

Prema podacima obrađenima u ovom radu vidljivo je da je najviše nafte i naftnog plina otkriveno i proizvedeno od 1951. do 1960. godine, ponajviše zahvaljujući poljima Žutica i Stružec otkrivenima na samom kraju dekade, tj. 1960. godine. U tom periodu u samo 5 polja utvrđeno je ukupno čak 127 302 651 m^3 geoloških rezervi od čega je 49 077 579 m^3 (38,5%) pridobivih rezervi, dok je proizvedeno 46 262 808 m^3 (36,3%) nafte. Taj broj utvrđenih geoloških rezervi nafte smanjuje se u dekadi 1961.–1970. na 79 393 473 m^3 te otprilike istu vrijednost (77 088 351 m^3) zadržava i u razdoblju od 1971. do 1980. godine. Nakon toga slijedi nagli pad na 20 510 278 m^3 u dekadi 1981.–1990., te samo 1 143 832 m^3 u dekadi 1991.–2000. i 2 020 887 m^3 u zadnjoj dekadi (2001.–2010.). Naravno, sličan trend zadržavaju i geološke rezerve naftnog plina i plina iz plinske kape pa tako one na vrhuncu, u dekadi 1951.–1960. iznose 14 208,99×10^6 m^3 dok su se u dekadi 1961–1970. one gotovo pa prepolovile i iznose 7 711,77×10^6 m^3. Sličnu vrijednost (7 253,39×10^6 m^3) zadržavaju i u razdoblju od 1971. do 1980. godine dok nakon toga slijedi nagli pad (1 024,76×10^6 m^3 u dekadi 1981.–1990.) čiji trend se održao sve do danas (247,57×10^6 m^3 od 2001. do 2010. godine) (Slika 1).

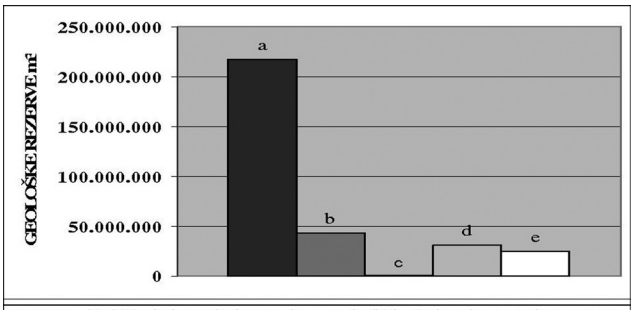
Rezerve prirodnog plina i kondenzata prikazuju nešto drugačije trendove. Otkrivene i proizvedene rezerve prirodnog plina vrhunac dosežu u periodu od 1981. do 1990. godine i one tada na ukupno 11 polja iznose 63 570,73×10^6 m^3 od čega je 74,2% (47 168,25×10^6 m^3) pridobivih rezervi, dok je proizvedeno ukupno 48,5%, odnosno 30 828,79×10^6 m^3 plina. U ostalim dekadama otkrivene i proizvedene rezerve prirodnog plina znatno su manje. Značajnija proizvodnja



Slika 1. Rezerve nafte otkrivene po dekadama.
Figure 1. Oil reserves discovered in decades.

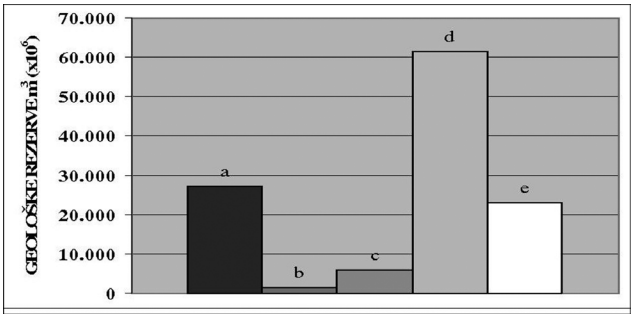


Slika 2. Rezerve plina otkrivene po dekadama.
Figure 2. Gas reserves discovered in decades.



LEGENDA: (a)pješčenjaci pontske i panonske starosti ; (b) breče, konglomerate, krupnozrnate pješčenjake i efuzive donjo- i srednjomiocenske starosti ; (c) stijene podine neogena Pz i Mz starosti ; (d) ležišta koja predstavljaju jednu hidrodinam. cjelinu a obuhvaćaju skupine 'b' i 'c' ; (e) rezerve polja gdje su ležišta u sve tri skupine a nije ih bilo moguće razdvojiti ('a'+'b'+'c')

Slika 3. Rezerve nafte otkrivene po dominantnim ležišnim litologijama.
Figure 3. Oil reserves classified in dominant reservoir lithologies.



LEGENDA: (a)pješčenjaci pontske i panonske starosti ; (b) breče, konglomerate, krupnozrnate pješčenjake i efuzive donjo- i srednjomiocenske starosti ; (c) stijene podine neogena Pz i Mz starosti ; (d) ležišta koja predstavljaju jednu hidrodinam. cjelinu a obuhvaćaju skupine 'b' i 'c' ; (e) jadranska plinska ležišta pliocenske i kvartarne starosti

Slika 4. Rezerve plina otkrivene po dominantnim ležišnim litologijama.
Figure 4. Gas reserves classified in dominant reservoir lithologies.

započinje u razdoblju od 1961. do 1970. godine, kada je proizvedeno 7 996,04×10^6 m^3. Poslije spomenutog vrhunca 80-tih godina prošlog stoljeća proizvodnja prirodnog plina naglo opada na samo 3 676,97×10^6 m^3 dok je u zadnjih desetak godina vrlo mala (Slika 2). No, novi manji porast rezervi i proizvodnje može se očekivati puštanjem u rad novootkrivenih plinskih polja u Jadranu. Povijest otkrivanja i proizvodnje rezervi kondenzata slična je kao i kod rezervi plina. Daleko najviše geoloških rezervi kondenzata (15 196 520 m^3) utvrđeno je u dekadi 1981.–1990, dok se rezerve u sljedećoj dekadi (1991.–2000.) smanjuju za više od 15 puta i iznose 716 554 m^3. Za drugu značajniju količinu rezervi (2 479 220 m^3) treba se vratiti skroz u razdoblje od 1961.–1970. U ostalim dekadama geološke rezerve kondenzata su zanemarive (76 477 m^3 od 1971. do 1980. i 19 251 m^3 od 2001. do 2010.).

Obradba i analiza podataka pokazala je i odnos količine rezervi i dominantnih ležišnih litologija. Te litologije podijeljene su u pet skupina: (a) pješčenjake pontske i panonske starosti, (b) breče, konglomerate, krupnozrnate pješčenjake i efuzive donjo- i srednjomiocenske starosti, (c) stijene u podini neogena Pz i Mz starosti, (d) ležišta koja predstavljaju jednu hidrodinamičku cjelinu, a obuhvaćaju skupine (b) i (c) te (e) rezerve polja gdje su ležišta u sve tri skupine, a nije ih bilo moguće razdvojiti (a+b+c). Većina rezervi nafte, naftnog plina i plina iz plinske kape otkrivena je u ležištima pješčenjaka pontske i panonske starosti (217 316 037 m^3, odnosno 24 391,95x10^6 m^3). Kod prirodnog plina i kondenzata većina rezervi (61 587,33x10^6 m^3 i 15 161 758 m^3) nalaze se u ležištima skupine (d) (Slike 3 i 4).

Zaključak

Iscrpak ležišta tijekom povijesti nije puno rastao unatoč značajnom napretku tehnologije. Taj podatak zasigurno je i posljedica kompleksnosti situacije od ležišta do ležišta ali je ujedno i prilika da se u većini ležišta dobiju dodatne količine ugljikovodika primjenom suvremenih metoda povećanja iscrpka te podupiranjem prirodnog vodonapornog režima u poljima gdje je on bio dominantan dugi niz godina, poput polja Stružec i Beničanci. Nadalje, zanimljivo je kako su daleko najveće rezerve nafte otkrivene u pješčenjacima (skupina (a)), dok su kod plina one vezane uz starije krupnoklastične sedimente te stijene u njihovoj podini. Također, vrlo je zanimljivo kako su gotovo jednake količine prirodnog plina otkrivene u pješčenjacima panonske i pontske starosti te slabokonsolidiranim pješčenjacima pliocenske i kvartarne starosti u Sjevernom Jadranu.

LITERATURA

VELIĆ, J., MALVIĆ, T., CVETKOVIĆ, M., WEISSER, M. & CURI, V. (2008): Observation useful for increase of hydrocarbon fields exploitation period within Croatian part of the Pannonian basin // Modern Management of Mine Producing Geology and Environmental Protection / International Scientific Committee of SGEM (ed.). Sofia : Internat. Scientific Conference SGEM, 567–574.

HERNITZ, Z., VRBANAC, B., PAVLOVIĆ, Z. & BOKOR, N. (2002): On the exploration level of the Croatian part of the Pannonian Basin.– Nafta. 53, 10, 363–370.

Procjena petrofizikalnih parametara nekonvencionalnih ležišta ugljikovodika

Petrophysical parameters evaluation in unconventional hydrocarbon reservoirs

Hrvoje Jurčić & Srećko Maretić

INA-Naftaplin, Sektor za geologiju i upravljanje ležištima, PJ za procjenu formacije, Šubićeva 29, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: nekonvencionalna ležišta, ležišni parametri, procjena formacije, karotažna mjerenja, geološko praćenje
Key words: unconventional reservoirs, reservoir parameters, formation evaluation, well logging, mud logging

Ekonomična proizvodnja ugljikovodika iz konvencionalnih ležišta moguća je bez stimulativnih tretmana ili specijalne tehnologije proizvodnje. Međutim, posljednjih je petnaestak godina znatno porastao interes za ležišta ugljikovodika (osobito plina) netipične ležišne litologije, slabe propusnosti i nemogućnosti ekonomične proizvodnje bez stimulativnih zahvata i adekvatne odnosno nove proizvodne tehnologije. Spomenute značajke definiraju ležišta ugljikovodika kao nekonvencionalna.

Osnovni kriteriji definiranja nekonvencionalnih ležišta ugljikovodika (NPC Global Oil & Gas Study, 2006*)* jesu apsolutna nemogućnost ekonomične proizvodnje ugljikovodika bez opsežnih stimulativnih zahvata i tretmana ležišta, specijalnih postupaka razrade (i istraživanja) kao i potreba za uvođenjem novih tehnologija u proizvodni proces.

Dosadašnja literatura prepoznaje sedam tipova nekonvencionalnih ležišta (NAIK, 2006):

Gusti pješčenjaci zasićeni plinom (Tight Gas Sands)
Plinonosni šejlovi i lapori (Gas Shales)
Naftonosni šejlovi i lapori (Oil Shales)
Nafte u slabopropusnim stijenama (Low Perm Oil)
Teške nafte (Heavy Oil)
Plinonosni ugljeni slojevi (Coalbed Methane)
Plinski hidrati (Gas Hydrates)

Sistematizacija nekonvencionalnih ležišta ugljikovodika opisuje i temeljne litološke, ležišne i proizvodne karakteristike:

– slaba propusnost netipične ležišne litologije
– povećani ili znatno povećani slojni tlak
– pretežito plinsko zasićenje (i/ili lagana nafta, kondenzat)
– izostanak vode u proizvodnji

Ideja i interes proučavanja nekonvencionalnih ležišta ugljikovodika u Panonskom bazenu (Drava, Mura, Zala bazeni) ostvareni su definiranjem zajedničkog projekta istraživanja MOL-a i INA-e, formiranjem multidisciplinarnog tima. Tijekom rada (2009. veljača – prosinac) u hrvatskom dijelu Panonskog bazena obrađeno je osam područja mogućeg postojanja nekonvencionalnih ležišta ugljikovodika. Analizirano je 38 dubokih bušotina od Murskog Središča na zapadu do Stjepanika na istoku.

Proučavanje nekonvencionalnih ležišta ugljikovodika pretpostavlja sveobuhvatan i multidisciplinaran pristup sistematiziranju i organiziranju podataka i spoznaja. Podaci dobiveni interpretacijom karotažnih mjerenja, geološkog praćenja, ispitivanja bušotina i laboratorijskih analiza predstavljeni su u obliku složenih dijagrama (Composite Log). Tijekom rada izrađene su i grafičke interpretacije trenda kompakcije, definiranje zona povišenog slojnog tlaka (nadtlaka), identifikacija "intervala interesa", kategorizacija ležišta, kvantitativne analize karotažnih mjerenja, karotažne korelacije repera i interpretacije litofacijesa.

Osnovni cilj projekta u ovoj fazi proučavanja nekonvencionalnih ležišta bio je procjena mogućih rezervi ugljikovodika. Parametri koji definiraju izračun volumena i rezervi, osim prostora, jesu i ležišni parametri poroziteta, zasićenja i efektivnih debljina procijenjeni na temelju analize karotažnih mjerenja. Tijekom analiza karotažnih podataka uočene su određene poteškoće i nemogućnosti točne i stručno prihvatljive procjene tih parametara ležišta, najčešće kao posljedica ograničavajućih mogućnosti postojećih programa interpretacije. Stoga se jasno nametnula nužna potreba korištenja drugih spoznaja, osobito rezultata geološkog praćenja. Plinske pojave (NP, BP, CP, TP), prisutnost ugljikovodika u probušenim krhotinama stijena, pukotinski sustavi jezgara, dotoci, erupcije i gubici tijekom bušenja, kao i interpretacija nadtlaka metodom Dcs znatno su olakšali procjenu potrebnih parametara. Tako procijenjene potencijalne rezerve ugljikovodika na promatranom prostoru postale su vjerodostojnije i stručno prihvatljivije.

Organic facies of Lower Pannonian and Middle Miocene sources in northern flank of Drava basin

Organski facijesi donjopanonskih i srednjomiocenskih matičnih stijena na sjevernom rubu Dravske depresije

István Koncz[4], Tamás Lukács[5], Zsolt Horváth[1], Balázs Gellért[2], Mónika Kajári[2], Lilit Cota[3], Marica Balen[3] & Dijana Bigunac[3]

[1]MOL Plc, E&P, Eurasian Exploration Projects Muzeum ter 2/b, Nagykanizsa, Hungary
(zsohorvath@mol.hu)

[2]MOL Plc, E&P, Geological Modelling, Budafoki u. 79, Budapest, Hungary
(bgellert@mol.hu, mkajari@mol.hu)

[3]INA Industrija nafte d.d., Exploration and Production, Exploration Sector, Šubićeva 29, Zagreb, Croatia
(lilit.cota@ina.hr, marica.balen@ina.hr, dijana.bigunac@ina.hr)

[4]Geochemist expert, Nagykanizsa
(ikoncz@mol.hu)

[5]MOL Plc, E&P, New Technologies and R& D, Var U. 8., Nagykanizsa, Hungary
(tlukacs@mol.hu)

Key words: Lower Pannonian, Middle Miocene, source rock, Drava Basin, carbon isotope ratio, oleanane, hopane, sterane
Ključne riječi: donji panon, srednji miocen, matična stijena, Dravska depresija, omjer ugljikovih izotopa, oleanane, hopane, sterane

In the last years intense hydrocarbon exploration occured on the northern flank of Drava Basin, partly within the framework of INA – MOL cooperation. On that occasion, lots of geophysical and well data were generated, that helped to develop the geological and geochemical knowledge of the area. The poster wishes to present our current standpoint about the organic facies of essential source rocks within Drava Depression, based on the latest investigations.

Considerable difference in organic facies between Lower Pannonian and Middle Miocene sources was indicated by geochemical investigations of rock extracts. Results of biomarker analyses show that Lower Pannonian-sourced hydrocarbons have no oleanane, and can be characterised by higher values of hopanes to steranes ratio, indicating no terrestrial input and the effect of microbially reworked organic matter. In contrast with Lower Pannonian-sourced hydrocarbons, Middle Miocene-sourced ones indicate the presence of oleanane and much lower values of hopanes to steranes ratio. According to carbon isotope ratios, Lower Pannonian-sourced hydrocarbons proved to be isotopically lighter compared to Middle Miocene-sourced ones. Hydrocarbons reservoired beneath Lower Pannonian source rock in deeper-seated parts have genetic links to Middle Miocene-sourced hydrocarbons, generated by highly mature off structure Middle Miocene sources. Lower Pannonian source rocks can be considered as seals rather than sources of migrated and accumulated hydrocarbons, discovered under the boundary between Lower Pannonian and Middle Miocene sediments.

Unapređenje obrade na temelju razvoja softwarea i hardwarea u proteklih 15 godina na primjeru Vučkovec 3d

Processing improvement based on software & hardware development in the past 15 years, example – Vučkovec 3d

Nina Kovačić, Stjepan Žilajković & Pavao Porubić

INA, SD Istraživanje i proizvodnja nafte i plina, Šubićeva 29, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: 3D seizmika, obrada, amplituda, ublažavanje anomalija
Key words: 3D seismic data, processing, amplitude, anomalous attenuation

Jedna od najvažnijih geofizičkih metoda pri istraživanju ugljikovodika je seizmika, metoda koja se temelji na snimanju seizmičkih valova umjetno izazvanih izvorima kao što su eksploziv, vibratori ili zračni topovi. Mjeri se vrijeme nailaska seizmičkih valova reflektiranih na kontaktu formacija različite gustoće i/ili refraktiranih na kontaktu s formacijom veće brzine. Postoje tri aspekta seizmičkog procesa: snimanje, obrada i interpretacija seizmičkih profila u 2 dimenzije s odzivom energije po liniji profila, odnosno 3 dimenzije s prostornim odzivom energije. Obrada seizmičkih podataka je proces kojim se pomoću računalnih programa obrađuju podaci dobiveni snimanjem 2D ili 3D seizmike, radi poboljšanja korisnih podataka (signal) i stišavanja nekorisnih (šum) sa ciljem dobivanja što jasnije i točnije slike podzemlja. Seizmička obrada i interpretacija predstavljaju jedne od temeljnih istraživačkih i razradnih metoda kojima se definiraju oblici i granice potencijalnih ležišta.

Obrada seizmičkih podataka u Hrvatskoj započela je 1968. godine upravo u ININOM centru za obradu gdje se i dan danas podaci obrađuju. U početku radila se samo 2D seizmička obrada koristeći vrlo slabe hardware i software, ali najnaprednije u to vrijeme. 1994. godine započinje prva u Hrvatskoj obrada 3D podataka i to na projektu Vučkovec 3D uz pomoć stručnjaka iz tvrtke Western Geophysical. Ujedno, to je bio i tečaj 3D obrade, čija smo znanja tada usvojili i danas ih koristimo pri obradi. Rezultati tadašnje obrade uspoređuju se s obradom koju smo upravo završili koristeći puno modernije i sofisticiranije programime i računala koji rezultiraju nekoliko puta povećanoj brzini obrade i puno većem prostoru na discu gdje se nalaze radni podaci. Usporedba se može vidjeti u slijedećoj Tablici 1.

Primjena najnovijih procesa koji doprinose kvaliteti signala vrlo je značajna pri obradi. Primjer jednog takvog procesa je AAA (ANOMALOUS AMPLITUDE ATTENUATION). Jedan od zadataka obrade seizmičkih podataka je ukloniti smetnju uz maksimalno sačuvan korisni signal (poboljšati odnos signal-smetnja). Kako bi kod podataka ublažili amplitudne anomalije primjenjujemo novi proces Omega softwarea koji daje jako dobre rezultate. Ulazne podatke podijelimo u vremenske prozore, izaberemo reprezentativni frekventni pojas i frekventna ograničenja i kao i najbolji broj tragova za analizu. Pomoću Fourierove transformacije prelazimo iz prostorno-vremenske domene u frekventnu. Amplitude svakog traga uspoređujemo sa srednjom vrijednosti izračunatom u dizajniranom prozoru. One s anomalno visokom energetskom razinom u zadanom frekventnom pojasu možemo ublažiti, ukloniti ili zamjeniti. Nakon toga se ponovo vraćamo u prostorno-vremensku domenu pomoću Fourierove transformacije i izlazne podatke koristimo u daljnjim procesima obrade. Osim novih procesa treba napomenuti da su postejeći procesi znatno unaprijeđeni i daju puno kvalitetnije rezultate najčešće se mogu i primjeniti trodimenzionalno, a ne samo dvodimenzionalno kao što je to bilo ranije. Sve to doprinosi boljoj ukuonoj slici reobrađenih podataka koja pomaže interpretatorima pri donošenju konačne odluke pri definiranju rasprostiranja ležišta.

Tablica 1. Usporedba softwarea i hardwarea 1994. i 2010. godine.
Table 1. Comparison of the software and hardware 1994th and 2010th.

	Software	CPU number	CPU model	CPU speed	HDD	RAM
1994.	OMEGA	1	POWER2	66MHz	40GB	512MB
2010.	OMEGA2	94 (cluster 37 nodes)	XEON	3.6GHz	20TB	88GB (37 nodes)

Seizmička interpretacija Aphamia bloka
Seismic interpretation of Aphamia Block

Branka Krpan

INA-Naftaplin, Sektor za geologiju i upravljanje ležištima, Šubićeva 29, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: Seizmička interpretacija, Aphamia
Key words: Seismic interpretation, Aphamia

Istražni blok Aphamia smješten je u centralno-zapadnom dijelu Sirije površine 4350 km^2.

Interpretacija seizmičkih podataka obuhvaća interpretaciju ključnih horizonata u smislu matične, rezervoarske i pokrovne stijene. Geometrija interpretiranih horizonata bi trebala dati opći pregled geoloških događanja. Aphamia blok je prekriven gustom mrežom 2D profila (cca 5000 km) snimljenih različitih generacija. Nova 3D seizmika preko područja Mustadire površine 270 km^2 snimljena je 2009. godine. Na širem području se nalaze tri glavne tektonske jedinice: 1. Aleppo plato (tanki sloj mezozojskih sedimenata), 2. Homs bazen (debeli slijed mezozojskih sedimenata) 3. Palmiridi na jugoistoku granice bloka, odnosno invertirani debeli Mezozojski bazen sa značajnim otkrićima ugljikovodika. Prospekti su izdvojeni na osnovu regionalne seizmičke interpretacije.

New study of Aleksinac oil shale
Nova studija naftnih šejlova Aleksinca

Slađana Krstić, Vesna Ljubojev & Milenko Ljubojev

Mining and Metallurgy Institute, Zeleni bulevar 35., 19 210 Bor, Serbia

Key words: discrete units of Cretaceous, ecological disaster, drillholes, continental clastic deposits
Ključne riječi: kredne jedinice, ekološke katastrofe, bušotine, kontinentalne klastične naslage

Introduction

This paper is the result of research by the project of the Ministry of Science and Technological Development N° 17004 R. Serbia. Some of the results of this collaboration are presented in this paper.

Basic geological exploration in Serbia detected 21 deposits (Fig. 1) of oil shale with resources of over 4.7 billion tonnes. Oil shale in these deposits is of various qualities and oil content. The biggest deposits of commercial potential are Aleksinac and Vina-Zubetin. Aleksinac deposit has been explored in more detail compared with other deposits, with reserves close to 2.0 billion tonnes with average content of organic matter of approximately 20% and with oil content of approximately 10% (LJUBOJEV, 2009).



Figure 1. Locations of oil shale deposits in Serbia.
Slika 1. Položaj naftnih šejlova u Srbiji.

Case studies

The project N° 17004 (2008) was carried out research in the lokality Subotinac (Aleksinac oil shales deposit). Aleksinac oil shales deposit was created in lake environment; its origin is linked with Paleogene time. Filling of depression and sedimentation of lake were started on the end of Oligocene and on the beginning of Miocene. The terrain (Fig. 2) is built from clastics and coarse sands, and ends by thick complex of pelite and alevropelite sediments rich on organic matt (oil shales).

Research results

Geological research (Projekt N° 17004) conducted at the site year 2008/2009 gave the following data:

- Layer thickness oil shale seam contains thin coal seams, with thicknesses from 0.2 to 0.8 m. General spreading direction of oil shale seams is north-northwest – south-southeast.
- The upper layer construction bituminous marl stone, marl stone with intrusion of sandy clay and rarely marly sandstone are located above oil shale seam (Figs. 3, 4).
- Oil shale is the upper part mainly without dirt intrusions is of better quality (contains mostly 12 to 14% of oil).
- Research sites Subotinac in other segments are in progress.

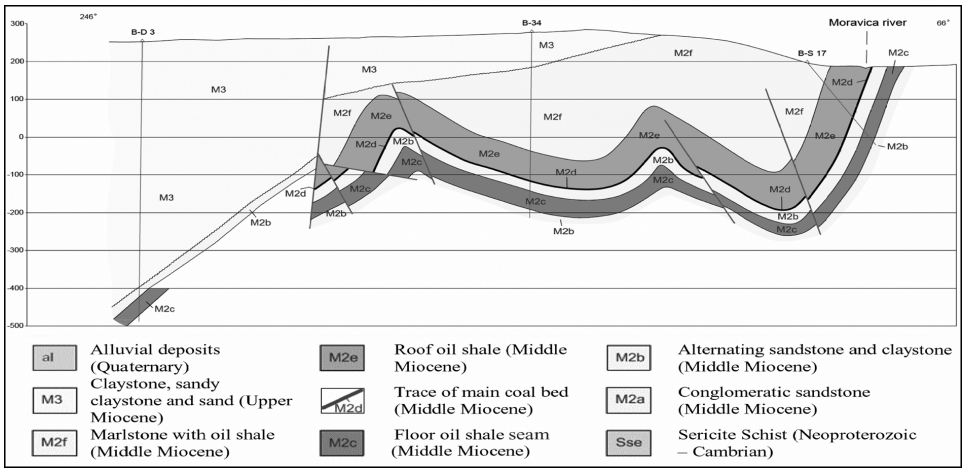


Figure 2. Profile of Aleksinac oil shale deposit, directed in 246°–66°.
Slika 2. Profil kroz naftne šejlove Aleksinca, pružanje 246°–66°.

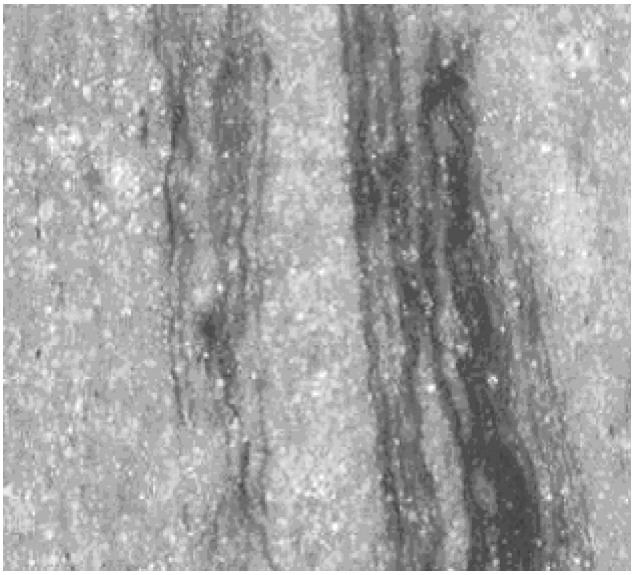


Figure 3. Bituminous marl stone +N, 10x
Slika 3. Bituminozni lapor +N, 10x

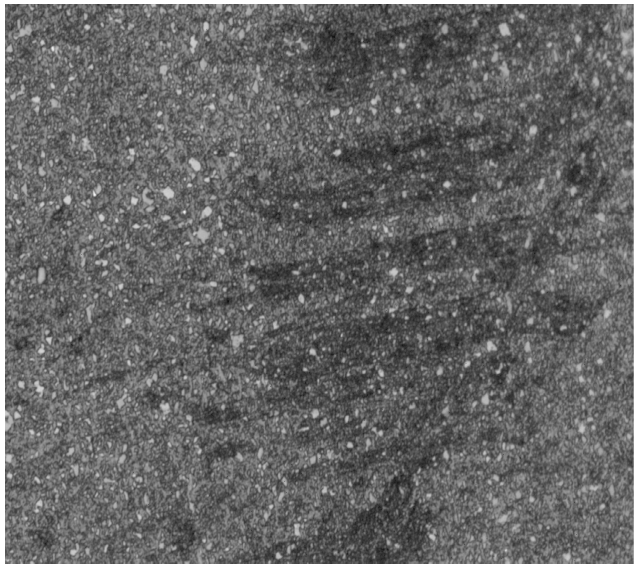


Figure 4. Bituminous sandstone II N, 10x
Slika 4. Bituminozni pješčenjak II N, 10x

REFERENCE

LJUBOJEV, V. (2009): Izveštaj mikroskopskih ispitivanja uljnih škriljaca sa lokaliteta Subotinac (kod Aleksinca).– Institut rudarstva i metalurgije, Bor.

N°17004 (2008): Projekat Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj

Seismic anomalies in the north Adriatic offshore
Seizmičke anomalije u sjeverno-jadranskom podmorju

Vladislava Kukavica & Bogomil Parlov

INA-Naftaplin, Sektor za geologiju i upravljanje ležištima, Šubićeva 29, 10 000 Zagreb, Hrvatska
(vladislava.kukavica@ina.hr; bogomil.parlov@ina.hr)

Key words: Adriatic off-shore, gas fields, seismic anomalies
Ključne riječi: jadransko podmorje, plinska polja, seizmičke anomalije

Seismic anomalies represent irregularities or deviations in seismic data. They are results of changes in acoustic properties caused by lithology, saturation, porosity, depth, age and local environment (BROWN, 2004). Although the presence of anomalies in seismic data can be caused by other reasons than hydrocarbon accumulation, they can be considered as direct hydrocarbon indicators (DHI's).

Seismic anomalies noticed in the 2D Adriatic offshore seismic profiles (recorded during 1970-ties and 80-ties) were used for "direct" gas detection (ĐURASEK & KRIŽ, 1981). Based on integration of available gravimetric, magnetometric and 2D seismic data first exploratory wells located in the Adriatic offshore identified gas accumulations.

During 1996 and 1997 the North Adriatic exploration area was covered by 3D seismic. The main characteristics of the recorded seismic data are frequent appearances of anomalies such as pull down, absorption, bright spot, dim spot, phase change etc. The application of the seismic anomalies in the interpretation of several gas fields situated in the Ivana and Aiza Laura 3D seismic volumes is presented in this paper. Although some of the anomalies in the Adriatic offshore data produce disturbances making seismic interpretation more difficult, most of them provide useful information and are frequently used for reservoir detection, definition of spatial gas saturation or recognition of the top of the structure. Described examples refer to Ana, Annamaria, Božica, Ida, Ika, Irina, Ivana, Katarina, Marica and Vesna gas fields where Pleistocene age sandstones are gas bearing and to Ika gas field where the gas is found in Mesozoic carbonates.

REFERENCES

BROWN, A.R. (2004): Interpretation of Three-Dimensional Seismic Data.– AAPG Memoir, 42, 6th ed., 540 p., Tulsa-Oklahoma.

ĐURASEK, S. & KRIŽ, J. (1981): Sadašnji status "direktnog" otkrivanja plinskih ležišta u Jugoslaviji. U: Zbornik radova I: Simpozij "Kompleksna naftno-geološka problematika podmorja i priobalnih dijelova Jadranskog mora", Split, 101–115.

Promjena taložnih uvjeta kvartarnih pješčanih ležišta plina u polju Božica, Padska depresija, Hrvatska

Changing of depositional environment of Quaternary sandy gas reservoirs, Božica Field, depression of river Po, Croatia

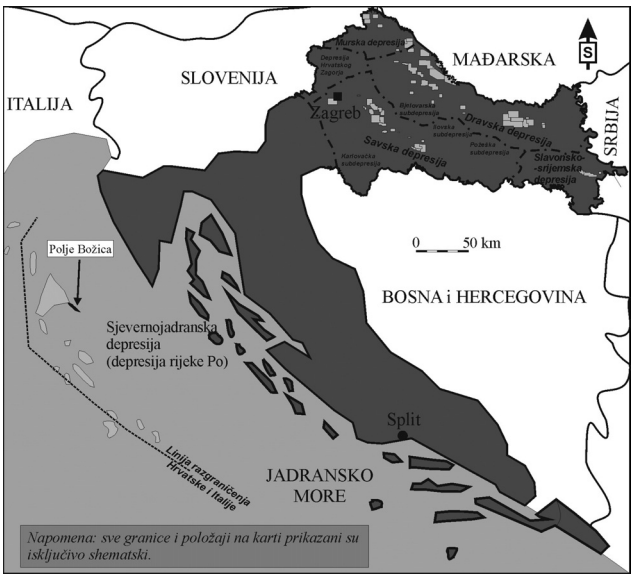
Tomislav Malvić[1,2] & Davorin Balić[1]

[1]INA-Naftaplin, Sektor za geologiju i upravljanje ležištima, Šubićeva 29, 10 000 Zagreb, Hrvatska
[2]Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: plin, kvartar, polje Božica, pijesci, Padska depresija
Key words: gas, Quaternary, Božica Field, sands, depression of river Po

Polje Božica smješteno je (Sl. 1) u području Sjevernoga Jadrana uz niz drugih hrvatskih plinskih polja, o kojima je objavljen niz radova (ASSERTO et al., 1998; ĐUREKOVIĆ et al., 1998; KRPAN et al., 2001). Većina polja smještena je vrlo blizu crte razgraničenja s Italijom, dok polje Božica predstavlja satelitsku strukturu polja Ivana (Sl. 1).

Struktura polja približne je veličine 8×1 km, pružanja SZ-JI. Seizmički su interpretirani sedimenti kvartarne i pliocenske starosti te vršnog dijela stijena mezozojske podine, a načinjena je 1 bušotina. Prepoznato je čak 13 ležišta (****SKUPINA AUTORA, 2009*), no zbog male debljine interpretirane su samo krovine 4 od njih, koje su obuhvatile cijelu ležišnu seriju. Prema prosječnoj debljini i poroznosti ležišta se mogu podijeliti u dvije skupine. Prva koja su imenovana kao "serija I" (njih 11), a druga kao "serija II" (2 ležišta), no sva su smještena u pleistocenskim naslagama na dubinama 769,62–845,21 m. U prvoj skupini pojedinačna debljina iznosi prosječno 1–2 metra, a poroznost oko 25 %. U drugoj skupini debljine su veće, oko 5 metara, a poroznosti manje, oko 23 %.

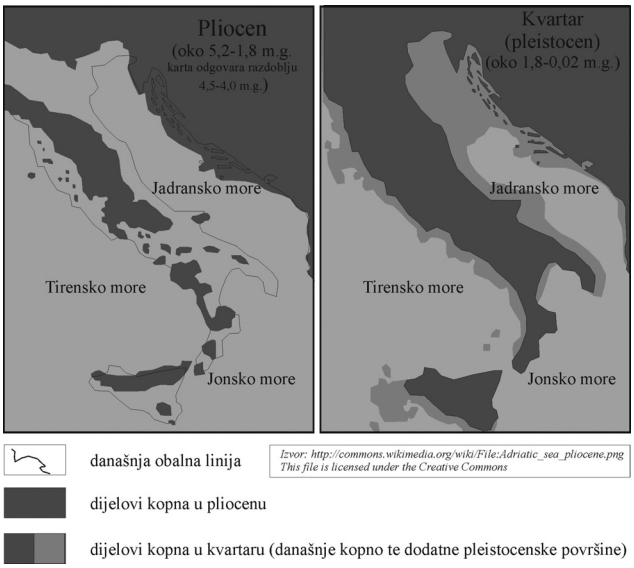


Slika 1. Smještaj polja Božica.
Figure 1. Location of the Božica Field.

Sedimentacija je tijekom pliocena i kvartara bila različita. Pliocensko-kvartarni sedimenti diskordantno su taloženi na podinske karbonate mezozojske starosti, koji su imali ulogu izdignutoga paleoreljefa važnoga u nastanku nasljednih struktura. Taloženje u pliocenu se odvijalo u marinskom prostoru na bazenskoj padini i ravnici, a bilo je uglavnom hemipelagičko s rijetkim prodorima sitnozrnatih turbidita (slika 2, lijevo), dok je u pleistocenu ona bila u prostoru paleodelte (prodelte) rijeke Po i plitkoga mora čija je površina znatno reducirana, zahvaljujući glacijalima i padu globalne morske razine (Sl. 2, desno). Pleistocenska ležišta izgrađena su od pijesaka i siltova poroznosti veće od 20 %, slabo konsolidiranih, a razdvojenih glinovitim pijescima i siltovima te vrlo rijetko glinama. Vrijednosti poroznosti u izolatorskim stijenama prosječno su tek nekoliko postotaka manje negoli u ležištima. Zbog često bočne promjene facijesa, izdignuta paleoreljefa te kompresijske tektonike zamke su klasificirane kao strukturno-stratigrafske.

U hrvatskoj litostratigrafskoj nomenklaturi pliocensko-kvartarni slijed pripada formaciji Susak. Prema talijanskoj nomenklaturi pliocenski sedimenti pripadaju formaciji Santerno. dok pleistocenski fm. Carola (srednji) i fm. Ravenna (gornji pleistocen). Pjeskoviti pliocenski i pleistocenski sedimenti uglavnom su turbiditnog i deltnog podrijetla. No, zbog izdizanja Alpi i Apenina tijekom pliocena, značajnija delta rijeke Po stvorena je tek u pleistocenu pa su tada i njezini sedimenti obilniji u Sjevernom Jadranu. Pleistocenski sedimenti također često diskordantno naliježu na pliocenske, čije je podrijetlo najvećim dijelom hemipelagičko (dominacija glinovitih lapora). Tijekom mlađega pleistocena i holocena delta rijeke Po se kontinuirano povlačila prema zapadu, što traje još i danas (npr. iz usporedbe obalna linija u antičkoj i današnjoj Ravenni).

Variogramima (programom Variowin 2.21, PANNATIER, 1996) izračunata je prostorna autokorelacija poroznosti (do-



Slika 2. Jadransko more u pliocenu i kvartaru.
Figure 2. Adriatic Sea in Pliocene & Quaternary

bivene karotažom svakih 25 cm) za odabrana dva ležišta. To su 8. ležište I. serije (ovdje imenovano kao ležište 8/I", 34 podatka) te 2. ležište II. serije (ovdje imenovano kao ležište 2/II, 38 podataka). Variogramski parametri su sljedeći: (a) za mlađe "ležište 8/I" aproksimacija je načinjena eksponencijalnim modelom, doseg je 1,06, a odstupanje 0,36; (b) za starije "ležište 2/II" upotrijebljen je eksponencijalni model uz doseg 0,56 te odstupanje 0,15. Standardizirani teorijski variogrami odabrani su kako bi se jednostavno usporedila odstupanja i dosezi za oba ležišta. Veći doseg i odstupanje kod "ležišta 8/I" promatrani su zajedno s činjenicom da je to najdeblje ležište I. serije, dok su ostala znatno tanja (1–2 metra) te ispod dosega toga ležišta. Relativno veliko odstupanje (preko 30 % praga) ukazuje na niz glinovitih ili siltnih proslojaka, koji ležište dijele na niz slojeva debljine oko 1 m. Unutar njih postoji prostorna zavisnost (korelacija) svih podataka poroznosti. Drugo "ležište 2/II" ima debljinu karakterističnu za tu seriju. Malo odstupanje ukazuje na relativno slične vrijednosti bliskih podataka, tj. litološku sličnost cijeloga ležišta bez izrazitih nepropusnih proslojaka. Relativno mali doseg ukazuje na malu prostornu korelaciju jer "lokalna" varijanca brzo dostiže ukupnu pa nema potrebe promatrati manje slojeve unutar ležišta kao zasebne cjeline sa svojim zasebnim statističkim parametrima (minimum, maksimum, aritmetička sredina i medijan).

Zaključno**,** pješčenjačka ležišta polja Božica pripadaju nizu pliocensko-pleistocenskih slojeva otkrivenih u sjevernojadranskim poljima. Taložne sredine u pliocenu i kvartaru bile su različite. U pliocenu je vladala marinska sredina s taloženjem glinovitih lapora i karbonata na bazenskoj padini i ravnici. Prodori sitnozrnatih turbiditnih sekvencija bili su rijetki zbog udaljenosti U kvartaru to postaje slatkovodno-brakična sredina s taloženjem fluvijalnih sedimenata rijeke Po mehanizmima delti, prodelti i turbiditnih struja. Upravo u kvartaru, zbog promjena razine mora i pomicanja čela delte rijeke Po, glavni taložni kanali pomicali su se u prostoru. Dolazi do promjene udjela silta i gline pa se analizirane serije II i I mogu usporediti s promjenama taložina u turbiditnim sekvencama T_{b-c} u T_{c-d}. Tako su povlačenjem delte prema kraju pleistocena brojna tanja pješčana ležišta rezultat tek završnih klastičnih taložina iz turbiditne Bouma sekvence, pa su malih debljina i bogata siltnom i glinovitom komponentom.

LITERATURA

ASSERTO, C., CERRO, R. & MAGNI, L. (1998): 3D seismic interpretation of turbiditic reservoirs of the Ivana Gas Field – R. Croatia.– Nafta, 7/8, 213–230.

ĐUREKOVIĆ, M., KRPAN, M., PONTIGGIA, M., RUVO, L., SAVINO, R. & VOLPI, B. (1998): Geological modelling and petrophysical characterisation of turbiditic reservoirs of the Ivana Gas Field – R. Croatia.– Nafta, 7/8, 241–258.

KRPAN, M., ĐUREKOVIĆ, M., JELIĆ-BALTA, J. & PARLOV, B. (2001): Geological risk analysis, OGIP estimation, production scenarios and economic evaluation of gas prospects in the Northern Adriatic Sea.– Nafta, 11, 337–351.

PANNATIER, Y. (1996): VARIOWIN – Software for Spatial Dana Analysis in 2D.– Springer-Verlag, 91, New York.

***SKUPINA AUTORA (2009): Božica Gas Field – reservoir study.– INA-Naftaplin, arhiva tvrtke, Zagreb.

Lithofacies and petrophysical model of Miocene sandstone Gama series reservoirs on Žutica Field, Sava Depression, Croatia

Litofacijesno-petrofizikalni model miocenskih pješčenjačkih ležišta gama serije polja Žutica, Savska depresija, Hrvatska

Marin Mirošević & Renata Vidaček

INA dd., Naftaplin, Šubićeva 29, 10 000 Zagreb, Croatia

Key words: Žutica oil/gas field, structural model, lithofacies, petrophysical model
Ključne riječi: naftno plinsko polje Žutica, strukturni model, litofacijes, petrofizikalni model

New structural model of Gama series reservoirs on northern part of Žutica oil&gas field provided structural framework for detailed petrophysical modelling. 3D static model was constructed in the context of ongoing EOR project and represent input for numerical simulation of production history as well as future tertiary oil production supported by CO_2 injection.

Gama reservoirs are the part of Upper Pannonian sedimentary complex characterized by series of turbiditic events deposited in brackish to fresh water (SAFTIĆ et al., 2003, VRBANAC et al., 2010). According to the lithostratigraphic determination, reservoirs belong to Iva Sandstone Member. Lithologically, they are represented by alteration of fine to middle-grained sandstones, siltstones and marls. Quartz dominates in petrographic composition while the rest is composed of rock fragments. Investigated oil bearing reservoirs Gama1, Gama2 and Gama5 are on depth ranging between –1800 and –2100 mssl. The traps are of structural-stratigraphic type.

There is significant difference between new structural model and the former one. Even not supported by 3D seismic interpretation, the presence of fault tectonics was introduced respecting also lithological heterogeneity. The main reasons were significant differences in oil/water contacts observed on different parts of the field and impossibility to interpret them as a consequence of spatial lithological variations. The field structure is anticline striking NW-SE, delineated on the SW and NE side by main strike-slip faults along which a subsequent uplifting associated with compressional events occurred. The uplifted block was additionally disintegrated by a set of normal faults approximately perpendicular to the main strike-slip ones. The vertical displacement indicated by well data is from 0 up to 50 meters. For the modelling purposes, all the faults were considered vertical what was acceptable for 300 m thick reservoir section. However, in the case of full-field static model construction, including all the reservoir series, structural modelling should be preceded by detailed 3D seismic interpretation in order to get more reliable structural-tectonic framework.

The isopach maps of each reservoir enabled clear delineation of main turbidite channel body's 0.5 to 1 sqkm wide, and the overbank-levee facies. The offset of channel axis in the case of different reservoirs is also visible although the general direction was N-S to NW-SE. Gross thicknesses of particular reservoir within the main sandstone body amounts up to 60 meters.

The main objective of performed petrophysical modelling was to provide detailed characterisation of observed spatial and vertical heterogeneities, based on core analysis and quantitative log analysis data. Layering in 3D model was defined respecting parameters obtained by vertical variogram analysis of porosity data at well locations.

Three different lithofacies were recognized according to porosity classes (0–10%, 11–20%, >20%) observed on histogram of porosity from well log analysis. In the first phase, lithofacies model was adopted for the cells penetrated by wells. Statistical variogram (MALVIĆ, 2003) analysis was then performed in order to acquire input parameters for spatial lithofacies distribution using Sequential Gaussian Simulator.

Lithofacies model of each reservoir was used as bias in the process of statistical variogram analysis of porosity data. In this way porosity data upscaled on well locations were distributed more precisely and with better control in both, vertical and horizontal direction. Different methods of distribution were examined and SGS provide the greatest degree of coincidence between original and modelled data.

Initial water saturation strongly depends on porosity. Therefore, it was calculated using mathematical relation between water saturation coming from log analysis and height above oil/water contact for each lithofacies respectively.

REFERENCES

MALVIĆ T. (2003): One-dimensional variogram and statistical analysis in reservoir units of the Bjelovar sag, Croatia. – Nafta, 54/7–8, 267–274.

SAFTIĆ, B., VELIĆ, J., SZTANO, O., JUHASZ, G. & IVKOVIĆ, Ž. (2003): Tertiary Subsurface Facies, Source Rocks and Hydrocarbon Reservoirs in the SW Part of the Pannonian Basin (Northern Croatia and South-Western Hungary).– Geologia Croatica, 56/1, 101–122, Zagreb.

VRBANAC, B., VELIĆ, J. & MALVIĆ, T. (2010): Sedimentation of deep-water turbidites in the SW part of the Panonian Basin – Geologica Carpathica, 61/1, 55–69.

Interpretacija paleookoliša primjenom seizmičkih atributa

Paleoenvironment interpretation using seismic attributes

Nataša Nastasić[1] & Josip Bubnić[2]

[1]INA-Naftaplin, Sektor za geologiju i upravljanje ležištima, Šubićeva 29, 10 000 Zagreb, Hrvatska
[2]INA-Naftaplin, Ino poslovne jedinice-Naftaplin, Šubićeva 29, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: interpretacija paleookoliša, seizmički atributi
Key words: paleoenvironment interpretation, seismic attributes

Područje obuhvaćeno ovim radom pripada Dravskoj depresiji koja je smještena na jugozapadnom rubu hrvatskog dijela Panonskog bazena. U užem smislu pripada sjevernoj zoni depresije nazvanoj "duboka Drava".U tom dijelu smještena su velika plinsko-kondezatna polja i nekoliko manjih naftnih polja. Glavna plinsko-kondenzatna polja u ovom dijelu Dravske depresije predstavljaju Molve, Kalinovac i Stari Gradac. Uže područje istraživanja obuhvaća dio sjeveroistočno od polja Molve gdje je glavni element za utvrđivanje okoliša 3D seizmika u kombinaciji sa seizmičkim atributima.

To je područje na kojem je jedini element kojim raspolažemo snimljena 3D seizmika i samo na osnovi interpretacije je nemoguće predvidjeti paleookoliš. Geokemijski gledano nalazi se u blizini dobrih matičnih stijena koje generiraju plin i kondenzat, a putovi migracije su omogućeni duž rasjeda i direktno iz matičnih stijena u potencijalne kolektore. Pokrovni sedimenti su izvrsno razvijeni na cijelom području i zastupljeni su vapnenačkim laporima sarmatske starosti. S obzirom na sve elemente, pretpostavka je da su moguće akumulacije ugljikovodika u postojećim stratigrafskim zamkama.

S obzirom na visoku istraženost strukturnih zamki i sve veće zahtjeve naftne industrije neophodno je istraživati potencijalne stratigrafske zamke definiranjem paleookoliša. Povećanje zaliha ugljikovodika moguće je ostvariti korištenjem starih metoda na nove načine te kombiniranjem istih. Preduvjet za definiranje takvih zamki čini utvrđivanje paleookoliša, trenda rasprostiranja postojećih sedimentnih tijela, predviđanje litologije tih tijela te njihovo pronalaženje u prostoru.

Mnoge naftne provincije već su dosegnule maksimum naftnih rezervi iz strukturnih zamki te se poseban trud ulaže u traganje za stratigrafskim zamkama. Stratigrafske zamke najčešće se pronalaze slučajno, a ne sustavnim traganjem za njima. Razvojem 3D seizmike i sve manjim mogućnostima za pronalaženje strukturnih zamki sve se veći značaj pridaje potražnji za stratigrafskim zamkama.

Za potrebe rekonstrukcije paleookoliša integrirani su bušotinski podaci s polja i seizmički atributi s neizbušenog područja. Promatran je vremenski interval ispod regionalnog markera Rs7 (krovina Moslavačka Gora Formacije). Na osnovi interpretacije karata seizmičkih atributa i okolnih bušotinskih podataka došlo se do zaključka o postojanju različitih facijesa u isto vrijeme. U jugozapadnom dijelu egzistirao je dubokomorski facijes zastupljen turbiditnim sedimentima, na području polja Molvi kao i sjeveroistočno od područja analiziranog atributima nalazili su se otoci čiji su sedimenti predstavljali izvorišni materijal za deltne sedimente (kvarciti, škriljavci, mezozojski karbonati). Na rubnom dijelu polja Molvi, paralelno pružanju strukture, egzistirali su vapnenački biokalkareniti taloženi u uvjetima visoke energije pod utjecajem plima i valova, dok u sjeveroistočnom dijelu nalazimo sedimente aluvijalne lepeze zastupljene krupno i sitnozrnatim brečokonglomeratima u proksimalnom i središnjem dijelu te sitnozrnastim pijescima i muljevitim vapnencima u proksimalnom dijelu. Na osnovu interpretacije načinjen je model koji prikazuje istovremeno postojanje sedimenata aluvijalne lepeze u sjeveroistočnom dijelu, zagrebenskih sedimenata u središnjem te dubokomorskih u jugozapadnom dijelu.

"Duboka Drava" predstavlja dio Panonskog bazena visokog stupnja istraženosti što se tiče strukturnih zamki. Povećanje zaliha ugljikovodika moguće je ostvariti potragom za stratigrafskim zamkama. Sustavnim promatranjem različitih prikaza seizmičkih atributa te analizom okolnih bušotina moguće je definirati paleookoliš i pretpostaviti facijese.

Seismic interpretation of the Moghan-2 block (Iran)

Seizmička interpretacija Moghan-2 bloka (Iran)

Nataša Nastasić & Josip Husnjak

INA-Naftaplin, Geology & Reservoir Menagement Sector, Šubićeva 29, 10 000 Zagreb, Croatia

Key words: seismic interpretation, Moghan-2 block
Ključne riječi: interpretacija seizmike, Moghan-2 blok

Description: All the data were collected and interpreted in cooperation with the National Iranian Oil Company (NIOC). The Moghan-2 block is situated in the northwestern Iran. It covers 3230 km^2. In terms of tectonic the Moghan Basin represents a part of the complex Talysh-Lesser Caucasus orogenic belt on the southern margin of the Kura Basin.

The Moghan Basin is situated in the northern part of collision zone between Eurasian and Arabian tectonic plates, i.e. in meaning of petroleum provinces it belongs to the western part of the South Caspian Basin. The geology, including tectonic styles, of Iran was highly influenced by geological settings and events though history of the Tethyan region (Palaeotethys). For the purpose of geological-geophysical study seismic interpretation of 894 km of 2D seismic lines was performed.

2D seismic data are separated in two seismically detached areas: northern part, i.e. Moghan Plain area and southern part, i.e. Germi Area. In the Moghan Plain five wells showed good correlation for the interpretation of seismic data while in the Germi Area well data unfortunately were not available and it is why seismic interpretation was performed only partially.

In the northern part 6 two-time horizons were interpreted and in the southern 4 horizons. Regional network of seismic lines is influenced by complex tectonics, but has better quality of reprocessed seismic lines. There are also found difficulties in linking of well and seismic data. After the interpretation, two-time maps were converted into a depth domain and structural maps were created. For the purpose of time-depth conversion velocity check shot data from only one well was used. Regional interpretation defined geometry and depth of horizons. Structural interpretation confirmed existence of many structural traps in the area.

Conclusion: 2D seismic data were of relatively good quality for the interpretation. According to seismic interpretation numerous structural features are delineated. The area is found to be promising according to structural setting favorable for hydrocarbon reservoirs. Structural traps are observed as primary targets. Stratigraphic traps would be hardly observed, mostly due to low density of seismic lines.

Tanki pješčani slojevi distalnih dijelova mutnih struja na području Sjevernog Jadrana

Thin layers of turbiditic sequence distal part on Northern Adriatic area

Bogomil Parlov, Dražen Parlov, Vlatka Vaniček, Dina Zopf, Nevenka Romanić Kristensen & Tomislav Krsnik

INA d.d., SD Istraživanje i proiz. nafte i plina, Šubićeva 29, 10 000 Zagreb, Hrvatska

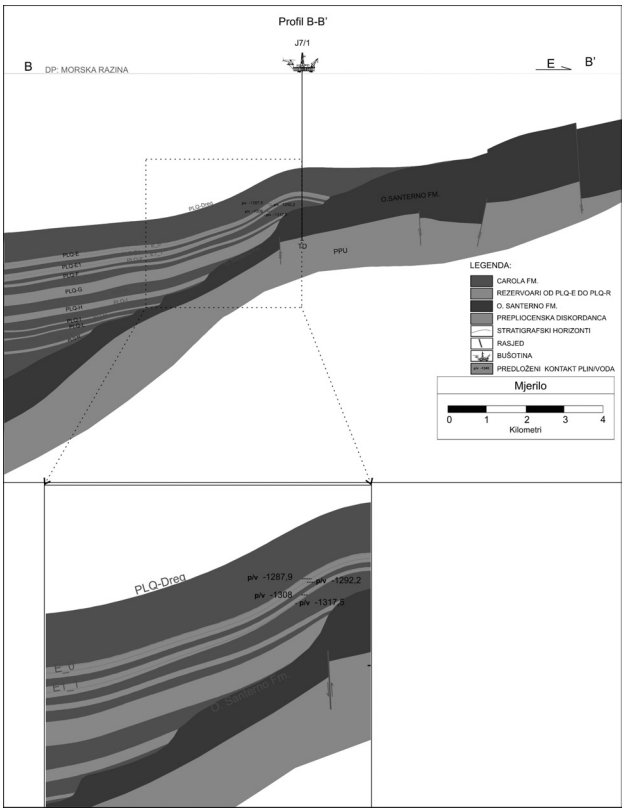
Ključne riječi: tanki pješčani slojevi, talozi mutnih struja, pleistocen, Sjeverni Jadran
Key words: thin layers, turbiditic sequence, pleistocene, Northern Adriatic

Najnovija istraživanja na području Sjevernog Jadrana ukazuju na dobar plinski potencijal tankih pješčanih slojeva. Istraživanja su u konačnici i potvrđena otkrivenim plinskim zasićenjima u tankim pješčanim slojevima te su stoga dokazala da takvi slojevi mogu biti ne samo sporedni, nego i glavni cilj istraživanja.

Navedeni slojevi sastavljeni su od sitnozrnastog pijeska i silta debljine od 1 mm do 30 cm. Takvi slojevi zasićeni plinom nisu bili "vidljivi" na starim EK dijagramima zbog male vertikalne razlučivosti sondi, a također se ne uočavaju na seizmici kao povećanje seizmičke amplitude, ("bright spot"), kao kod klasičnih pješčanih slojeva metarskih debljina, te je njihova procjena bila otežana. No, danas postoje karotažna mjerenja visoke vertikalne razlučivosti, koja ih uspješno bilježe, a poznavanje paleogeografije i taložnih uvjeta od znatne je pomoći.

U radu su proučavani tanki slojevi na području plinskog polja Ivana (sjeverozapadni dio Jadranskog podmorja, 60 km jugozapadno od Pule) koji pripadaju pleistocenskim formacijama Carola i Porto Garibaldi odnosno formaciji Susak (Sl. 1). Ti slojevi predstavljaju distalne dijelove turbiditnih slijedova materijala koje je u Jadranski bazen unosila rijeka Po. Zamke su stratigrafskog tipa, tj. plin se nalazi u području isklinjenja tankih pješčanih slojeva na pliocenske lapore formacije O. Santerno u smjeru sjeveroistoka. Svaki turbiditni slijed, koji se može razlučiti na karotažnim dijagramima, ima i svoje pripadajuće distalne dijelove, a njihovo taloženje te povijest pomicanja svakog slijedećeg sedimentnog slijeda i zapunjavanje mogu se dobro pratiti duž cijelog sjevernog dijela jadranskog bazena.

Izmjereni parametri propusnosti i poroznosti na jezgrama te rezultati dobiveni tijekom hidrodinamskih mjerenja, pokazali su dobre rezervoarske karakteristike dijela pojedinih intervala u istraživanom sedimentnom slijedu. Matičnu stijenu čine hemipelagičke naslage, te sami pješčani slojevi.



Slika 1. Geološki profil s detaljnim prikazom položaja isklinjenja slojeva formacije Carola na formaciju O. Santerno.
Figure 1. Geological profile with detail pinch out Carola formation to O. Santerno formation.

Nadtlak određen D-eksponentom kao kriterij determiniranja nekonvencionalnih ležišta na primjeru Dravske i Murske depresije

Overpressure determined by D-exponent as criteria for determination of unconventional reservoirs; example of Drava and Mura Depressions

Ana Pintar, Stjepan Trogrlić & Vesna Žužul

INA-Naftaplin, Sektor za upravljanje i inženjering polja, Šubićeva 29, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: D-eksponent, nadtlak, nekonvencionalna ležišta, Dravska i Murska depresija
Key words: D-exponent, overpressure, unconventional reservoirs, Drava and Mura Depressions

Sve veća potreba u svijetu za naftom i prirodnim plinom dovela je do istraživanja nekonvencionalnih ležišta ugljikovodika. Za razliku od konvencionalnih, nekonvencionalna predstavljaju cijele stratigrafske serije s izmjenama slojeva različitih karakteristika i stoga imaju veliki volumen rasprostiranja. Glavni kriteriji koji definiraju nekonvencionalna ležišta su male propusnosti i niski porozitet te je zato potrebna velika stimulacija u postizanju zadovoljavajućeg iscrpka.

Kod nas istraživanja nekonvencionalnih ležišta usmjerena su na područje Dravskog i Murskog bazena na guste slabo propusne pješčenjake zasićene plinom (engl. *Tight Gas Sands*) i lapore s plinskim zasićenjem (engl. *Gas Shales*). Lapore s plinskim zasićenjem djelomično sačinjavaju matične stijene sjeverozapadnog dijela Panonskog bazena (BARIĆ et al., 1996). Plinsko zasićenja, slaba propusnost, nadtlak i izostanak kontakta plina i vode (NAIK, 2005), osnovni su kriteriji koji su upotrijebljeni u našoj analizi. Kako nisu rađene nove bušotine za potrebe istraživanja nekonvencionalnih ležišta, analiza se morala bazirati na postojećim podacima dobivenim raznim ispitivanjima konvencionalnih ležišta. Tijekom izrade kanala bušotine u sklopu geološkog praćenja te u svrhu predviđanja parametara gradijenta tlaka koristi se metoda D-eksponenta u sklopu računalnih programa TDC laboratorija. Metoda D-eksponenta sačinjava ekstrapolaciju bušaćih parametara (JORDEN & SHIRLEY, 1966; EATON, 1972) kao što su brzina napretka bušenja, opterećenje na dlijeto, njegova istrošenost te specifična težina isplake. Ista je korištena u našoj analizi u cilju određivanja nadpritisnutih područja. U ovom radu (posteru) prikazat će se važnost D-eksponenta (kao pokazatelj osnovnih ležišnih uvjeta) u određivanju nadtlaka, usporedba nadpritisnutne zone i zone normalnog hidrostatskog tlaka te objašnjenje kako se D-eksponent dobiva i od čega se sve sastoji.

LITERATURA

BARIĆ, G., BRITVIĆ, V. & DRAGAŠ, M. (1996): Source rocks and hydrocarbon accumulations in the Mura depression, Republic of Croatia.– Nafta, 47/1, 25–34, Zagreb.

EATON, B.A. (1972): Graphical method predicts geopressures worldwide.– World Oil, 7/76, 100–104.

JORDEN J.R. & SHIRLEY, O.J. (1966): Application of drilling performance data to overpressure detection.– J. Petroleum Technology, 1387–1394.

NAIK, G.C. (2005): Tight Gas Reservoirs – An Unconventional Natural Energy Source for the Future.

Potencijal nekonvencionalnih ležišta plina u hrvatskom dijelu panonskog bazena

Unconventional gas potential in the Croatian part of the Pannonian Basin

Arso Putniković[1], Nada Krklec[1], Tamara Troskot-Čorbić[2], Krešimir Krizmanić[2] & Alan Mavar[1]

[1]INA d.d., SD Istraživanje i proizvodnja nafte i plina, Šubićeva 29, 10 000 Zagreb, Hrvatska
[2]INA d.d., SD Istraživanje i proizvodnja nafte i plina, Lovinčićeva b.b., 10 002 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: nekonvencionalna ležišta, gusti plinonosni pješčenjak, plinonosni šejl, matična stijena
Key words: unconventional reservoirs, tight gas sandstone, gas shale, source rock

Nekonvencionalna ležišta plina predstavljaju veoma slabo propusne stijene zasićene plinom iz kojih nije moguće ostvariti proizvodnju bez primjene masovnog hidrauličkog frakturiranja, horizontalne bušotine ili snopa horizontalnih bušotina (HOLDITCH, 2006). Proizvodnja plina iz nekonvencionalnih ležišta već duže vremena je u velikom zamahu u SAD-u gdje se više od 43% ukupne proizvodnje plina ostvaruje iz silurskih i devonskih plinonosnih šejlova i gustih, slabo propusnih pješčenjaka te metana vezanog uz ugljene slojeve. Predviđa se da će za daljnjih deset godina nekonvencionalna ležišta postati glavni izvor u ukupnoj proizvodnji plina u SAD-u. Prema konstataciji vodećih tvrtki za tehnologiju, planiranje i izvođenje radova, težište u razvoju nove tehnologije pomaknuto je na tehnologiju koja se koristi u istraživanju i proizvodnji iz nekonvencionalnih ležišta. Nekonvencionalna ležišta u Europi u zadnjih nekoliko godina su u intenzivnoj fazi istraživanja pri čemu su plinonosni šejlovi najčešći cilj istraživanja.

Mogućnost ostvarenja ekonomske proizvodnje plina (SCHMOKER, 2002) iz nekonvencionalnih ležišta u Hrvatskoj prvenstveno je vezana uz Dravsku i Mursku potolinu. Temeljeno na kriterijima koji određuju nekonvencionalno ležište plina i strukturno-geološkim karakteristikama, izdvojeno je osam područja unutra Dravske potoline te jedno područje u Murskoj potolini unutar kojih postoje stroge indikacije za mogućnost proizvodnje plina korištenjem nekonvencionalne tehnologije. Sjeverozapadni dio Dravske potoline i sjeverni dio Murske potoline je od posebnog interesa zbog zasićenja suhim plinom što je potvrđeno ispitivanjem bušotina te analizom i modelom zrelosti matičnih stijena. Predmet istraživanja su dva tipa nekonvencionalnih ležišta: gusti, slabopropusni plinonosni pješčenjaci i plinonosni šejl donje do gornje miocenske starosti koji se nalaze u uvjetima znatnog nadtlaka.

Gusti plinonosni pješčenjaci utvrđeni su u širem području u odnosu na plinonosne šejlove. To su vrlo slabo propusni donje do gornje miocenski pješčenjaci u izmjeni s pelitnim sekvencama. Srednja vrijednost propusnosti matriksa stijene je, u većem broju bušotina, manja od 0,14 10^{-15} m^2 Tijekom bušenja plinskom karotažom utvrđene su intenzivne pojave plina. Karakteristika rezultata dobivenih hidrodinamskim mjerenjima je nagli pad tlaka. Krivulja porasta slojnog tlaka najčešće ne omogućava ekstrapolaciju odnosno odredbu inicijalnog slojnog tlaka. Interpretacijom razvijenih krivulja porasta slojnog tlaka potvrđeno je postojanje dvostruke poroznosti.(slučaj gustih plinonosnih pješčenjaka u području Koprivnički Bregi).

Plinonosni šejl podrazumjeva tip nekonvencionalnog ležišta u matičnoj stijeni tj. pelitnim sedimentima: muljnjaci (TIŠLJAR, 1994), kompaktni lapori, siltiti, donje miocenske starosti. Propusnost matriksa je manja od 0,1 10^{-15} m^2. Plinske pojave kao i dotok plina dobivenog hidrodinamskim mjerenjima vezen je uz prirodni pukotinski sistem. U SZ dijelu Dravske potoline i sjevernom dijelu Murske potoline geokemijskim analizama dokazano je postojanje matičnih stijena koje su u fazi generiranja plina, a na nekoliko bušotina iz tih intervala ispitivanjem je ostvaren obiman dotok plina uz tipični brzi pad tlaka.

Karakteristično za nekonvencionalna ležišta je postojanje velikih geoloških rezervi, ali uz nizak koeficijent iscrpka (HOLDITCH at al., 2007) i brzi pad proizvodnje bušotine (90 % pada proizvodnje događa se u prvoj godini).

Prednost miocenskih nekonvencionalnih ležišta plina Panonskog bazena u usporedbi s silursko-devonskim u Sjevernoj Americi očituje se u činjenici da ovdje i neznatne propusnosti stijene omogućuju dotok, u prvoj fazi tj. prije pada tlaka, ekonomskih količina (dokazano hidrodinamskim mjerenjima u SZ dijelu Dravske i sjevernom dijelu Murske potoline).

Nedostatak je u činjenici da se ležišta nalaze na znatno većim dubinama, a time i znatno nepovoljnijim tlačnim i temperaturnim uvjetima što ima za posljedicu visoku cijenu

bušotine. Tehnički manjak je što u sadašnjem trenutku ne postoji pilot bušotina koja daje odgovor na podatnost stijene hidrauličkom frakturiranju, te podatke o proizvodnim mogućnostima bušotine, odnosno nije moguće izračunati ekonomičnosti projekta.

LITERATURA

HOLDITCH, S.A. (2006): Tight Gas Sands.– JPT, June 2006., 86–93.

HOLDITCH, S.A., PERRY, K. & LEE, K. (2007): Unconventional Gas reservoirs – Tight Gas, Coal Seams and Shales.– Working document of the NPC Global Oil & Gas Study, USA, 1–52.

SCHMOKER, J.W.(2002): Resource-assessment perspectives for unconventional gas systems.– AAPG Bull., 86/11, 1993–1999.

TIŠLJAR, J. (1994): Sedimentne stijene.– Školska knjiga, 149–154, Zagreb.

Primjena fazne analize kod mjerenja poroziteta

Implementation of the image phase analysis for porosity measurements

Nevenka Raškaj, Dubravka Djačanin, Zdenka Barbić & Adaleta Perković

[1]INA – Industrija nafte d.d., Exploration & Production BD, Field Engineering & Operations Sector, E&P Research Laboratory Department, Lovinčićeva bb, 10 002 Zagreb, Croatia

Ključne riječi: poroznost,fazna analiza porozimetar , okoliš taloženja, pont
Key words: porosity, image phase analysis, porosimeter, depositional environment, Pontian

Porosity measurements were done in the well Okoli-24 in purpose for characterization of the the Underground Gas Storage (UGS). Characteristics of reservoir rocks are based on sedimentological and petrophysical analysis of the cored interval 1859.0–1874.0 m.

The Okoli field is located in the western part of the Sava Depression, approx. 50 km south-east of the capital Zagreb.

Sedimentary and petrophysical results of the Pontian sandstones from the Okoli-24 well referred to 9 m of the core samples, what is 60% of the total cored interval.

The interval consists of the channel fill deposits represented with massive, medium to coarse grained, poorly sorted lithoarenites with eroded clasts of marls and coal, and interchannel (swamp-lacustrine) thinly bedded to laminate pelites, i.e. clayey carbonates and marls with abundance of carbonaceous plant debris. The sediments from the analyzed interval were deposited on the flood or delta plain environment.

Porosity measurements were done by Ultra Pore Porosimeter. Pore volume and bulk volume were determined by volumetric method using the laboratory equipment. Mea-

Table 1. Phase analysis (Okoli-24)
Tablica 1. Fazna analiza (Okoli-24)

IMAGE NAME	PHASE 1:	μm^2	AREA %	PHASE 2:	μm^2	AREA %	SUM %
1.m 0.9	Phase 1:133–146	139934.94	6.12	Phase 2:92–132	216189.03	9.44	15.56
1.m 0.95	Phase 1: 93–113	261578.41	11.43	Phase 2: 133–149	209490.09	9.15	20.58
2.m 0.3	Phase 1: 95–113	173708.44	7.59	Phase 2: 138–169	249563.72	10.90	18.49
2.m 0.4	Phase 1: 86–98	116726.59	5.10	Phase 2: 47–85	359267.22	15.70	20.80
3.m 0.6	Phase 1: 57–152	402660.00	17.59	–			17.59
3.m 0.6a	Phase 1: 47–100	310690.72	13.57	Phase 2: 101–113	118227.19	5.17	18.74
3.m 0.75	Phase 1: 58–103	305873.34	13.36	Phase 2: 104–114	94074.54	4.11	17.47
3.m 0.8	Phase 1: 58–177	118943.80	5.20	Phase 2: 178–225	380694.79	16.63	21.83
4.m 0.4	Phase 1: 148–164	3619281.66	6.11	Phase 2: 128–147	4545297.73	7.67	13.78
4.m 0.75	Phase 1: 143-179	354471.20	15.49	–			15.49
5.m 0.4	Phase 1: 123–139	313823.42	13.71	Phase 2: 140–145	136079.94	5.95	19.66
5.m 0.8	Phase 1: 153–179	330670.28	1445	Phase 2: 180–185	110188.36	4.81	19.26
6.m 0.35	Phase 1: 149–167	150752.33	6.59	Phase 2: 92–147	268968.02	11.75	18.34
6.m 0.85	Phase 1: 146–153	82850.42	3.62	Phase 2: 103–145	318732.84	13.92	17.54
7.m 0.35	Phase 1: 63–114	222409.86	9.72	Phase 2: 115–131	124456.43	5.44	15.15
7.m 0.5	Phase 1: 80–123	286710.64	1253	Phase 2: 124–138	149029.84	6.51	19.04
8.m 0.35	Phase 1: 144–172	230241.59	10.06	Phase 2: 115–143	159004.83	6.95	17.01
8.m 0.4	Phase 1: 54–97	357687.72	1563	–			15.63
9.m 0.25	Phase 1: 128–163	263840.36	11.53	Phase 2: 164–171	84510.82	3.69	15.22
9.m 0.6	Phase 1: 162–173	104700.39	4.57	Phase 2: 174–198	282991.19	12.36	16.94
9.m 0.65	Phase 1: 153–187	436649.39	19.08	–			19.08

surement is based on Boyle's law of gas expansion. This method involves the expansion of nitrogen gas from a reference chamber of known volume into the pore space of the sample. Porosity of a sample is defined as a ratio of pore volume (Vp) and bulk volume (Vb) of the rock sample.

Microporosity measurements were done by Image phase analysis computed program for Olympus polarization microscope with digital camera DP71.

A phase analysis is a quantitative evaluation of area (μm^2) with regard to each separate gray value or color phase for particle detection that is distinguishable from image background. All detected particle will be automatically measured (see phase Table 1).

For analyses, thin sections must be previously prepared by blue dyed resin vacuum impregnation that is marked pore space. Microprosity measurements were done on the selected images (photomicrography) by applicable program for analyses.

Results of analyzed thin sections by image phase analysis are mainly accordant with petrophysical measurements. Exception of microporosity values are proximately 0.5–3.0% and results are shown in Table 1.

Porosity of sandstones ranges 15–22% and predominantly represented intergranular, somewhere intragranular porosity type. Lower values of porosity were affected by increasing of clay minerals (kaolinite, chlorite) and secondary carbonate cementation of pore space.

Sava 3d-nastavak – Prikaz strukturnih oblika prije i nakon primjene procesa migracije

Sava 3d-extension – Presentation of structural forms before and after the migration process

Tihana Ružić, Igor Nagl & Marijana Radovčić

INA, SD Istraživanje i proizvodnja nafte i plina, Šubićeva 29, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: strukturni oblici, seizmički prikaz, obrada podataka, migracija
Key words: structural forms, seismic display, data processing, migration

Ovisno o raznim načinima obrade seizmičkih podataka strukturni oblici (kao što su antiklinale, sinklinale, rasjedi ili recimo solne dome) mogu biti bolje ili lošije prikazani na seizmičkom prikazu kao priprema za daljnju geološku interpretaciju. Bolji prikaz omogućen je naprednijom tehnologijom obrade seizmičkih podataka, primjenom raznih procesa filtriranja kako bi poboljšali odnos signal/smetnja i dobili što vjerniju sliku podzemlja.

Jedan od završnih procesa u toku obrade podataka je migracija. Primjenom procesa migracije zapravo je vidljiv stvaran prikaz podzemlja jer ako se on ne bi primijenio dobili bi lažne strukturne oblike. Takvi oblici su primjerice lažna povećanja antiklinala, zatim smanjivanja sinklinala, te pojava hiperbola kod difrakcija (u velikom broju slučajeva rasjedi su na seizmičkoj sekciji definirani difrakcijama).

Sam proces migracije (Kirchhoff-ova migracija) definiran je kao računanje svih mogućih mjesta od kuda bi refleksija mogla doći kako bi dobili što vjerniji prikaz stvarnog položaja strukturnih oblika podzemlja.

Razlikujemo 4 vrste migracije: pre-stack i post-stack vremensku i pre-stack i post-stack dubinsku migraciju. Općenito se može navesti da se vremenska migracija koristi u područjima sa velikim brojem difrakcija i velikog strukturnog povijanja, dok se dubinska primjenjuje u slučajevima ako su cilj istraživanja strukturni oblici sa velikim nagibima.

Na primjeru reobrade projekta Sava 3D- nastavak prikazani su strukturni oblici prije i nakon primjene procesa migracije.

Strukturni elementi jezgara iz bušotine Dravica-1 (Hrvatska)
Structural elements evaluation of the Dravica-1 core (Croatia)

Ninoslav Sabol, Krešimir Krizmanić, Branko Sokolović & Zlata Ivaničeк

INA – Industrija nafte d.d., Exploration & Production BD, Field Engineering & Operations Sector, E&P Research Laboratory Department, Lovinčićeva bb, 10 002 Zagreb, Croatia

Ključne riječi: strukturni elementi (rasjedi, slojevitost, pukotine, stiloliti), litostratigrafske formacije
Key words: structural elements (faults, bedding, fractures, stylolites), lithostratigraphic formations

The Dravica-1 exploration well penetrated sediments from 0–3500 m. Besides petrographical and biostratigraphical analyses, considering that four cores were taken (Core No. 1, 2897–2906 m; Core No. 2, 3127–3136 m; Core No. 3, 3158–3167 m; and Core No. 4, 3167–3176 m), sedimentalogical interpretation and structural element evaluation have been performed as well.

Ten Lithofacies Units have been established.

Lithofacies Unit 1 (3500–3255 m): The Lower Miocene matrix-supported breccia/conglomerate is sedimentated most probably in continental (fluvial?) or in proximal, very shallow, restricted (lagunar) environment with strong fresh water influence.

Lithofacies Unit 2 (3255–3190 m): The Lower Miocene polymict microbreccia/conglomerate with sandy hematite/limonite matrix is deposited in moderately to strongly oxic shallow marine environment.

Lithofacies Unit 3 (3190–3150 m): The Lower Badenian clasts and matrix supported dolomite conglomerate, conglomeratic litharenite and sandy silstone are deposited on marine shoreline (shoreface – shallow offshore) and – alluvial environment. Cores 3 and 4 belong to this lithofacies unit.

Lithofacies Unit 4 (3150–3085 m): The Lower Badenian polymict conglomerate – breccia/conglomerate, litharenite-siltstone (conglomeratic, fossiliferous) and sandy, fossiliferous marl are deposited in mainly deeper and distal marine environment (slope). Core 2 belongs to this lithofacies unit.

Lithofacies Unit 5 (3085–2890 m): The Lower Badenian polimyct conglomerate, calcarenaceous sandstone and silty-sandy, fossiliferous marl with altered andesite-basalt are sedimented in a deeper and somewhat distal marine environment (slope). Core 1 belongs to this lithofacies unit.

Lithofacies Unit 6 (2890–2805 m): The Pannonian calcitic marl, interlaminated with litharenite is deposited in brackish or fresh water moderately distal and deeper setting.

Lithofacies Unit 7 (2805–2660 m): The Lower Pontian silty-sandy marl, fine-grained litharenite and siltstone are deposited in distal and deeper freshwater environment.

Lithofacies Unit 8 (2660–2005 m): The Lower Pontian greywacke, conglomeratic greywacke, siltstone and argillaceous silty marl are deposited in to the shore line distal and deeper freshwater environment within the zone of some terigene influence.

Lithofacies Unit 9 (2005–1150 m): The Upper Pontian silty, sandy and argillaceous marl, with lenses and/or laminae very fine to fine, sporadically medium litharenit, siltstone and in places coal are deposited in deeper freshwater environment.

Lithofacies Unit 10 (1150–0 m): The Pliocene sand (fine to medium grained), gravel and in places clay and coal are deposited in in proximal and shallow freshwater setting with occasional environment deepening.

The structural elements have been evaluated in all four core intervals and the results of goniometric measures were interpretated.

Cores are recorded by DMT CoreScan II and obtained data of structural elements are analyzed in CoreLog Integra.

Elements were analyzed in scale identical to that of the well cores that are near vertical. The photographs of the whole core that show the outside of the cleaned core were provided as high-resolution BMP images. Features identified in the photographs were manually oriented by using an interactive sine-curve fitting technique and classified according to their geological significance. Orientation of isolated structural sets is shown in stereograph projection on diagrams (on Schmidt net of equal surfaces projected on lower hemisphere; for example, bedding planes, fractures, stylolites, etc.). No. of 356 structural elements of the core No. 1 (2897–2906 m) were measured:

A) Bedding features consist of bedding and lamination. Bedding of the sandstones is mostly in the range between 7 and 15 cm, the biggest one is 63 cm. Small beds of sandstones which interlayer marls are mostly in range of 1 to 3 cm with max thickness of 5 cm, occasionally they can show as laminas. Sandstones show normal and on some places inverse gradation. Marl bedding is generally laminated and lamination is in range of 2–7 mm. Contacts between sandstones and marls are usually sharp, often with erosional

structures (load and flame structures) on the lower bed plain of the sandstones. Morphology of the contact is predominantly planar or wavy. Marl clasts appear on few places as a result of slumping. Bedding does not show a consistent azimuth in the whole interval, but the orientation is similar within small intervals. Lamination on the other side, generally has the orientation in the area between SE to SW. Dip of this structural elements are generally subhorizontal.

B) Chemical features include stylolites and solution seams. There are 39 measured elements of this type. They are commonly oriented from SE to SW, like lamination, and according to their dip they are mostly horizontal. Stylolites are smooth or with low amplitude, solution seams are to 9 mm thick.

C) Fractures. They are divided into open fractures (18 measurements, without any specific orientation, subhorizontal or slightly oblique are conditioned with the fissility of marls), reduced fractures (42 measurements, subhorizontal in marl and oblique in sandstones), filled fractures (3 records, subhorizontal to subvertical) and

D) Fault – There are few microfaults (movement is less then 10 mm) in the cored interval. On the depth 2902.10 there are two sets of faults that make downlifted area, both sets have dip of approx. 70°.

No. of 98 structural elements of the core No. 2 (3127–3136 m) were measured:

A) Bedding features consist of bedding and lamination. Organic filaments characterize lamination in the upper part and classic lamination is visible on the bottom of the eight-meter of the core. There are also laminae of coal visible in the core.

B) Chemical features – There are 30 measured elements of this type. Stylolites are predominant in the cemented parts of polymict conglomerates while solution seams are predominant in litharenite and siltstone and they contain organic matter too.

C) Fractures – Reduced fracture – only one fracture has been recorded. It is penetrating reduced fracture that starts on the depth 3133.65 with the orientation 337/85. The fracture is approximately 25 cm long and the mean width is about 1 mm.

D) Fault – there are 15 faults recorded in this core and all of them are inside of litharenite and siltstone. In the upper part there are five recorded faults, one in the first meter with the dip of 52°. In the second meter on the depth 3128.37 cm there is a group of three faults with different orientation and dip of 25° and 45°. In the lower part of the core there are ten recorded faults in only one meter of the core with dip in range between 57°–75° (average 67°). In the lower part of the core there are probably two different sets of faults with movement between sets bigger than 1 cm (true faults). Width is between 1–2 mm.

Only 0.3 m of the core No. 3 (3158.0–3167.0 m) has been recovered, therefore no measurements were performed.

Twenty-four structural elements of the core No. 4 (3167–3176 m) were measured:

A) Bedding features consist of bedding, lamination, coal laminae, lenses and foliation. These features have similar orientation and the dip is between 21° and 39°.

B) Chemical features – there are 12 measured elements of this type. Stylolite is on the depth of 3167.208 with orientation 159/33. Solution seams are predominant structural element in the core, they are mainly obliqueand and the width is up to 1 mm.

Geokemijska ispitivanja pojava ugljikovodika u bušotini Jihar-5 (Sirija)

The geochemical exploration of hydrocarbons occurrences in Jihar-5 well (Syria)

Irenka Stanković, Ljubica Rumenjak, Marija Maričić & Veronika Čuljak

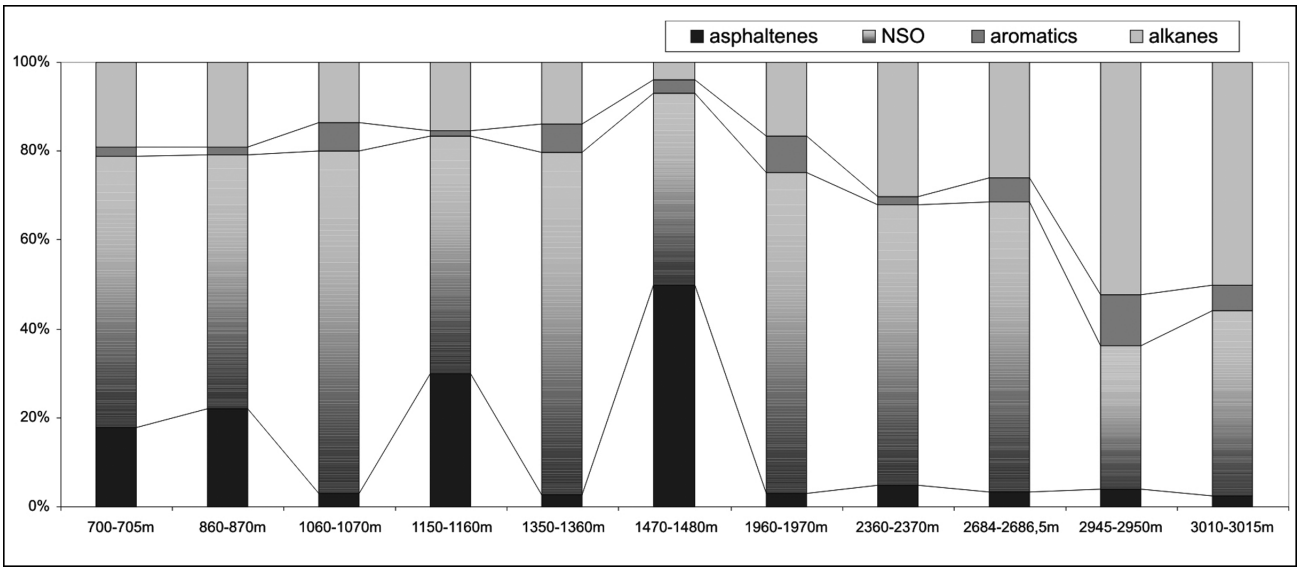
INA-Industrija nafte d.d., SD Istraživanje i proizvodnja nafte i plina, Sektor za upravljanje i inženjering polja, Služba laboratorijskih ispitivanja IPNP, PJ za geologiju i geokemiju, 10 002 Zagreb, Lovinčićeva 1, Hrvatska

Ključne riječi: kerogen, ugljikovodici, karakterizacija, TLC/FID, GC, ukupni sumpor
Key words: kerogen, hydrocarbons, characterization, TLC/FID, GC, Total Sulphur

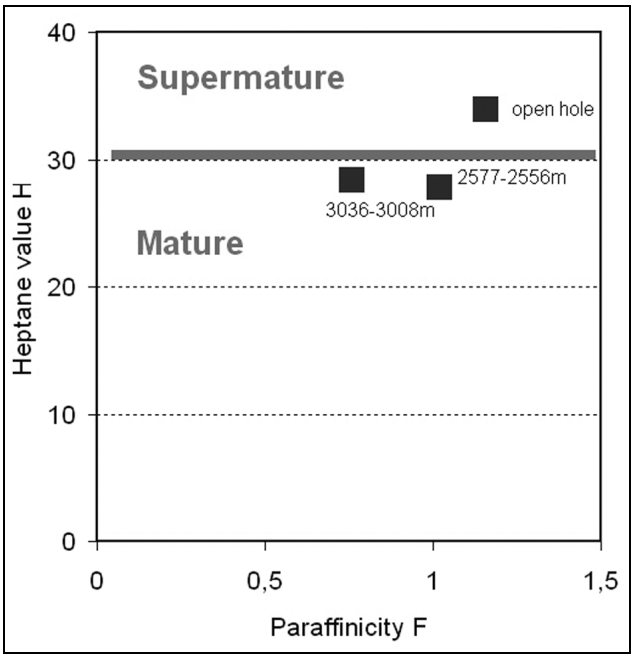
U radu je prikazano geokemijsko ispitivanje ugljikovodika u bušotini Jihar-5 s posebnim osvrtom na sedimente formacije *Kurrachine Dolomite*. Određivanja su bila usmjerena na istraživanje i determiniranje krutih, ekstrabilnih i tekućih ugljikovodika sa svrhom određivanja njihovih karakteristika te objašnjavanja moguće genetska povezanosti među njima.

Sedimenti do 1320 m nemaju zamjetnu količinu ekstrabilne organske tvari-bitumena (EOM 130–618 ppm). Bitumeni sadrže ekstremno visoke količine NSO i asfaltena u odnosu na neznatnu količinu zasićenih ugljikovodika. Ovakav grupni sastav često je rezultat generiranja visokomolekularnih ugljikovodika iz sumporom bogatih nezrelih kerogena. Plinsko kromatografska analiza pokazuje prisutnost nezrelog do marginalno zrelog bitumena, a izvorna organska tvar je terestričnog i/ili algalnog (bakterijski izmijenjenog) podrijetla taložena u anoksičnim uvjetima.

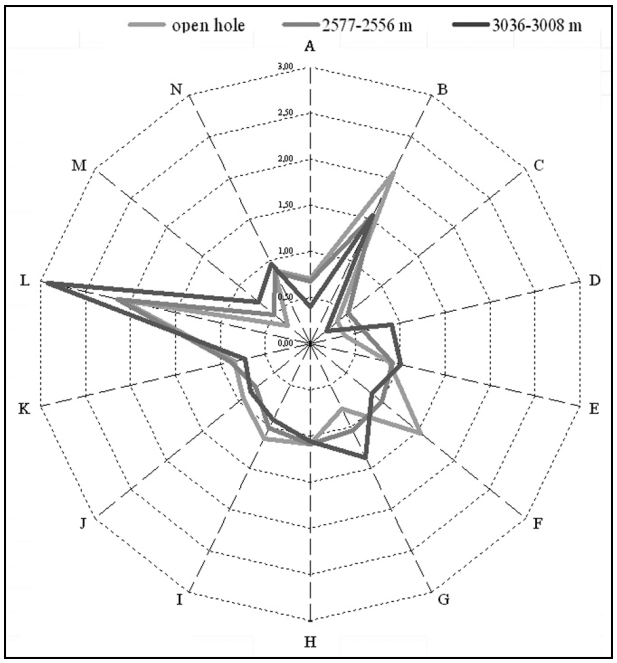
U sedimentima od 1350 do 1970 m količina EOM zamjetno raste (1050–19635 ppm) te su sukladno tomu i EOM/TOC vrijednosti izuzetno visoke (30,39–31,57%). Uzimajući u obzir i rezultate Rock Eval pirolize visoki EOM/TOC odnosi upućuju na primarno generiranje ugljikovodika (PALACAS, 1984). Ipak komponentni sastav bitumena ostaje praktički isti. Veliki udio visokomolekularnih, težih ugljikovodika tumači se lakšim pucanjem slabijih S–S veza u sumporom bogatom kerogenu (s.v. 7,6% S), pri čemu se i pri nižem stupnju maturacije istovremeno s manjom količinom zasićenih ugljikovodika oslobađaju i veći fragmenti. To omogućava formiranje uglavnom težih visokomolekularnih i aromatskih spojeva (ORR, 1986). Plinski kromatogrami pokazuju unimodalnu distribuciju s dominacijom u nižem molekularnom području (C_{16}–C_{19}), te prevladavanjem fitana nad pristanom (Pr/Ph<1) kao i alkana prema odgovarajućim



Slika 1. Komponentni sastav bitumena (TLC/FID detekcija).
Figure 1. Bulk composition of bitumen (TLC/FID detection).



Slika 2. Odnos F/H gazolinske frakcije.
Figure 2. Gasoline fraction ratio F/H.



Slika 3. Dijagram parametara po ROF metodi.
Figure 3. Star diagram by ROF method.

izoprenoidima (Pr/n-C_{17}<1; Ph/n-C_{18}<1). Kromatogrami su tipični za zrele bitumene generirane iz marinsko/algalnih izvora deponiranih u reduktivnim uvjetima okoliša.

Sedimenti formacije *Kurrachine Dolomite* (2640–3190 m) sadrže povišenu količinu organske tvari (s.v. 0,74% TOC) u glavnoj fazi termalne maturacije (naftni prozor) i to s prosječnim do dobrim generativnim potencijalom. Ekstrakti iz uzoraka krhotina iz isplake i jedne jezgre bez obzira na različitu količinu bitumena (482–4483 ppm) pokazuju povećanje u koncentraciji alkana (26,1–52,3 %) što je u suglasju s promjenama uzrokovanim termalnim procesima tokom katageneze kao i većom dubinom zalijeganja (Sl. 1). Unimodalna distribucija, prevladavanje lakših ugljikovodika (C_{18}–C_{21}) s izrazitim maksimumom na n-C_{17} te sastavom izoprenoidnih biomarkera (Pr/Ph≈1) definiraju bitumen generiran iz zrelih marinskih izvora deponiranih u anoksičnim i suboksičnim uvjetima okoliša.

Slobodni fluidi (dvije nafte i jedan kondenzat) su po svojim fizikalnim karakteristikama međusobno slični i svojstveni za lake, nisko sumporne parafinske nafte (41° do 45° API; S=0,34–0,07%). Rezultati plinsko kromatografskih analiza prema svim dobivenim parametrima (max. C_{17}; Pr/Ph ≈1,08; Pr/n-C_{17}<1; Ph/n–C_{18}≈1) pretpostavljaju prisutnost nafte generirane iz marinskih zrelih izvora deponiranih u reducirajućim do lagano oksičnim uvjetima sedimentacije.

Detaljna analiza gazolinske frakcije omogućava izračunavanje pokazatelja prema kojima se može izvršiti klasifikacija nafti (THOMPSON, 1983). Visoke heptanske i izoheptanske vrijednosti ukazuju na zrele i superzrele nafte, odnosno na visoki stupanj katageneze kod kojeg već dolazi do otvaranja prstena i skraćivanja lanaca (Sl. 2). Pokazatelji visoke maturacije su i parafinski i aromatski odnosi koji pokazuju početak procesa stvaranja plina i s time povećavanje parafiničnosti od dubljih prema plićim sistemima. S druge strane primjećuje se osiromašenje u laganim ugljikovodicima i slijedom toga niskim LER indeksima što pretpostavlja parcijalni utjecaj procesa evaporizacijske frakcionacije.

Zaključno, plinsko kromatografske analize tri analizirana fluida definiraju zrele nafte u kasno katagenetskom stadiju pretvorbe generirane iz vodikom bogate alifatske izvorne organske tvari. Nafte su prvenstveno primarno izmijenjene procesima termalne maturacije, ali djelomično i procesom evaporizacijskefrakcionacije.

Prema ROF metodi koja uzima u obzir izabrane ugljikovodične parove prvenstveno manje naftenske i aromatske pikove izveden je "zvjezdasti dijagram". Ovaj dijagram upotrebljava se za bolje razlučivanje razlika među kromatogramima s namjerom da bitne podudarne karakteristike nafti otkriju njihov međusobni odnos obzirom na porijeklo iz istih i/ili različitih rezervoara (HUNT, 1995). Dijagram pokazuje da se "fingerprinti" podudaraju u velikom broju parametara te iako su nafte u vertikalno odvojenim rezervoarima može se pretpostaviti da postoji neka vrsta komunikacije između rezervoara (Sl. 3).

LITERATURA

HUNT, J.M. (1995): Petroleum Geochemistry and Geology.– W.H. Freeman and Company, NY.

ORR, W.L. (1986): Kerogen/asphaltenes/sulphur relationships in sulphur-rich Monterey oils.– Org. Geochemistry, 10, 499–516.

PALACAS, J.G. (1984): Petroleum geochemistry and source rock potential of carbonate rocks.– AAPG Studies in Geology, 18, 45–62.

THOMPSON, K.F.M. (1983): Classification and thermal history of petroleum based on light hydrocarbons.– Geochim. Cosmochim. Acta, 47, 303–316.

Sedimentološke karakteristike miocenskih sedimenata plinsko-kondenzatnog polja Gola (SZ dio Dravske depresije)

Sedimentological properties of Miocene sediments in the Gola gas-condensate field (NW part of Drava Depression)

Jasna Tadej[1], Željka Marić-Đureković[1], Neven Tadej[2] & Ana Majstorović Bušić[1]

[1]INA-Naftaplin, Sektor za geologiju i upravljanje ležištima, Šubićeva 29, 10 000 Zagreb, Hrvatska
[2]Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zavod za mineralogiju, petrologiju i mineralne sirovine, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: miocen, jezgre, litofacijes, okoliš taloženja
Key words: Miocene, cores, lithofacies, depositional environment

Plinsko-kondenzatno polje Gola smješteno je u sjeverozapadnom dijelu Dravske potoline između rijeke Drave i hrvatsko-mađarske granice. U geotektonskom smislu struktura Gola predstavlja uzdignuti dio duboko utonulog sedla koji razdvaja glavnu potolinsku zonu Dravske potoline i depresije Berzence u Mađarskoj. Struktura Gola ima dva maksimuma – sjeverozapadni neproduktivni (negativne bušotine Go-1,-3,-7) i jugoistočni proizvodni (bušotine Go-2, -4, -5, -6, -8, -9 i GoD-1). Generalno pružanje duže osi je sjeverozapad – jugoistok.

Polje je otkriveno je 1973. godine bušotinom Gola-2 (Go-2). Zalihe plina utvrđene su unutar pješčenjaka gornjopontske starosti koji čine ležišta "*Gola plitka*" (p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6, p_7 i p_{10}), a unutar donjomiocenskih bioklastičnih vapnenaca formirano je ležište plina i kondenzata "*Gola duboka*". Danas na polju postoji 9 bušotina od čega je 5 bušotina proizvodnih.

Litološke i sedimentološke značajke sedimenata određene su na temelju petrografskih odredbi jezgara (cca 150 m) i uzoraka krhotina stijena iz isplake, opisa teksturnih karakteristika stijena, te podataka dobivenih korelacijom EK dijagrama.

Ležište "*Gola plitka*" predstavljaju nepravilna pješčana tijela koja nisu kontinuirano razvijena u horizontalnom i vertikalnom smjeru, već ovise o sedimentacijskim uvjetima. Ležišne stijene su litološki vrlo neujednačene u svom prostiranju i podložne čestim kvalitativnim promjenama ležišnih svojstava. Stijene nosioci plina su sitno do srednjozrnasti dobro vezani pješčenjaci (litoareniti) s primarnom, međuzrnskom poroznošću i dobro sortiranim detritusom. Litoareniti su izgrađeni od uglatih do poluzaobljenih zrna kvarca, feldspata (svježi i trošni ortoklas i plagioklasi), tinjaca (muskovit, rjeđe biotit) i klorita. Fragmenti stijena, čije porijeklo je vezano za istočne Alpe, imaju značajan udio u sastavu pješčenjaka. Najčešće su to odlomci kristaliničnog dolomita, mikritskih vapnenaca, niskometamorfnih škriljavaca, pelita i čerta. Akcesorno su prisutni granat, cirkon, glaukonit a od opakih minerala pirit i leukoksen. Vezivo pješčenjaka je pretežno Fe-kalcit, rjeđe dolomit.

Ležište "*Gola duboka"* predstavljaju bioklastični vapnenci izgrađeni od srednje do dobro sortiranog kršja skeleta koralinacejskih algi iz roda litotamnijum, kršja briozoa, bodljikaša, školjkaša, puževa i ljušturica bentičkih foraminifera, a ponekad sadrže i siliciklastični detritus. Međuprostori skeletnog kršja uglavnom su zapunjeni rekristaliziranim sitnozrnastim karbonatnim matriksom i promjenljivom količinom mikrokristalastog kalcitnog cementa. Mjestimično je oko kršja skeleta bodljikaša izlučen sintaksijalni obrubni cement koji je karakterističan za ranodijagenetsku submarinsku cementaciju. Uočena centripetalna mikritizacija bioklasta je također ranodijagentski proces koji se zbiva u zaštićenim morskim plićacima i lagunama s relativno niskom energijom vode. Dio fosilnih ostataka je ooidno obavijen, što upućuje na plićake s pokretljivom vodom ili alohtono porijeklo ooida. Rijetke mikropukotine te intergranularne i intraskeletne šupljine su djelomično do potpuno zapunjene mozaičnim kalcitnim cementom. Prisutne su i sekundarne šupljine otapanja te stilolitski šavovi zapunjeni organskom tvari.

Analizom jezgrovanih intervala izdvojena su 3 litofacijesa koji se razlikuju po litološkim, sedimentacijskim, fizikalnim i kemijskim odlikama stijena:

– litofacijes bioklastičnih vapnenaca (*prigreben/zagreben*) – sedimenti nastali razaranjem i abrazijom biogenih grebena i taloženjem veliklih količina fosilnoga kršja u području prigrebena/zagrebena s promjenljivom energijom vode. Njihova relativno visoka poroznost rezultat je nepotpune cementacije interskeletnih, moldičkih i šupljinskih pora.

– litofacijes lapora s proslojcima siltita i pješčenjaka (*jezerski okoliš*) – taloženje pretežito pelitnih sedimenata u distalnijem, slatkovodnom do brakičnim jezerskom okolišu.

– litofacijes pješčenjaka, siltita i lapora (*distribucijski kanalni sustav)* – homogeni pješčenjaci, mjestimično s ero-

zijskom bazom i klastima lapora, paralelna i kosa laminacija, glineni jezičci, lamine bogate biljnim trunjem. Ovi sedimenti nastali su brzim donosom detritusa i taloženjem iz suspenzije uslijed smanjivanja energije vode, a predstavljaju ispune distribucijskih kanala. U periodima smanjenog donosa detritusa, djelovanjem jezerskih procesa, nastaju sedimenti koje karakteriziraju paralelna, valovita i ripple-laminacija, te lećasta slojevitosti i bioturbacije.

Organic petrology of the External Dinarides, Croatia
Organska petrologija Vanjskih Dinarida, Hrvatska

Tamara Troskot-Čorbić & Darko Španić

INA-Industrija nafte d.d., Exploration & Production BD, Field Engineering & Operation Sector, E&P Research Laboratory Department, Lovinčićeva bb, 10 002 Zagreb, Croatia

Key words: organic petrology, Dinarides, organic facies, source rock, bitumen, maturity
Ključne riječi: organska petrologija, Dinaridi, organsi facijesi, matične stijene, bitumen, zrelost

The External (Karst or Outer) Dinarides are a complex folded, faulted and imbricate belt which developed along the northeastern margin of the Adriatic Sea. They are characterized by very thick carbonate succession that ranges in age from the Middle Permian (or even Late Carboniferous) to the Eocene. The entire carbonate succession was deposited within carbonate platform environments (VELIĆ et al., 2002, TARI, 2002, VLAHOVIĆ et al., 2002, 2005). Platform carbonate deposits are characterized by frequent lateral and vertical alternations of different facies mostly associated with diverse shallow marine environments, but there are also carbonate slope deposits and those representing temporarily drowned platform facies and intraplatform troughs (TIŠLJAR et al., 2002). All these carbonate deposits are the long-term objective of detailed organic geochemical characterization (BARIĆ et al., 2003). The aim of this paper is to represent organic petrology as useful tool for defining organic matter.

Outcrop samples of either laminated and fine-grained limestones and shales that contain autochthonous organic matter (kerogen and associated bitumen) or dolomites and limestones with pores, fissures and cavities filled with migrated bitumen were collected from localities of Dinarides (Gorski Kotar, Lika, Dalmatia). Total organic carbon of all samples was analyzed because TOC is the basic parameter which categorizes whether rocks will be additionally analyzed. Based on detailed microscopic description, appearance, maceral composition, type and origin of organic matter organic facies are determined. Maturity stage of organic matter is defined by vitrinite and bitumen reflectance measurements, color of the fluorescence and thermal alteration indices (STACH et al., 1982; JONES, 1987; TYSON, 1995; TAYLOR et al., 1998). Organic rich sediments are classified as source rock, oil shale and coal (HUTTON, 1987; COOK & SHERWOOD, 1991; HUNT, 1995).

The results of the analyses show that all organic rich rocks of the Permian and Triassic age are in higher catagenetic to metagenetic or even metamorphous stage of thermal transformation (VR 1.7–2.70%, vitrinite anisotropy). Organic matter in clastic sedimentary rocks is of terrestrial origin mostly represented by macerals of vitrinite group. In siliciclastic carbonates vitrinite particles are incorporated in amorphous organic matter while in carbonates amorphous organic matter is dominated. Micrinite structure of amorphous organic matter could be connected with bituminite and its algal-bacterial origin. These rocks are overmature source rock. Regular appearances of pyrobitumen (impsonite) in samples confirm hydrocarbon generation in the past.

Organic rich sediments of the Jurassic megafacies of mudstones and wackestones deposited in lagoon and subtidal and/or isolated and restricted lagoon/deeper subtidal areas of the inner platform as well as megafacies of "limestones with cherts", deposited within intraplatform troughs with temporary or continuous connection to the open sea (TIŠLJAR et al., 2002) are the main objective of study. Optical examination of the Jurassic organic-rich laminated limestones reveals absolute predomination of amorphous organic matter.

Lower Jurassic laminated carbonates contain thermally altered amorphous organic matter. Organic matter is in higher catagenetic to metagenetic stage. Micrinite texture of amorphous organic matter could be associated with bituminite origin.

In maceral composition of Upper Jurassic laminated carbonates and calcitic shales ("Lemeš facies") dominate amorphous unstructured organic matter sporadically with traces of algal liptinite (mainly dinoflagellata cysts) and rarely fusinite. Organic matter in these sediments is typical oil prone. According to microsolubility and strong yellow to yellow-orange fluorescence effect, organic matter is a mixture of algal, bacterially degraded kerogen and migrated bitumen. Bitumen reflectance is from 0.15 to 0.30 % Ro (asphaltite group). Examinations of whole rock samples reveal dominantly presence of bituminite and in smaller portion of lamalginite. Generally, organic matter is in the diagenetic stage of thermal transformation or have just reached onset of oil generation (catagenesis). High biomass productions as well as high percentages of organic-bonded sulfur are evidence that organic matter formation took place in marine, carbonate environment (intraplatform trough) with contemporaneously sulfur incorporation in a kerogen macro-

molecular structure. Bitumen is a product of early generation from sulfur rich kerogen.

During the Cretaceous, restricted lagoons and shallow, intraplatform lakes were favorable for formation of the fine-grained, laminated, organic rich carbonates (limestones and dolomitised limestones). This type of facies is most abundant during the Albian-Cenomanian, Late Santonian-Early Campanian and Maastrichtian. Source material for organic matter is of microbial and algal origin, which forms lamalginite and bituminite. In the deeper parts of intraplatform depressions and in slope deposits (especially during the Late Santonian and Early Campanian transgression) some strong fluorescing alginite (mostly cysts of dinoflagellates) is incorporated in bituminite (or "organic-mineral groundmass"). Organic facies is typical oil prone and also enriched in sulfur incorporated in kerogen structure which additionally points out carbonate-evaporite environments and anoxic conditions during deposition. This kind of organic facies enabled hydrocarbon generation at lower degree of thermal transformation. So, this is the reason why microscopic examinations of whole rock reveal increased solid bitumen content in all samples. Bitumen color of the fluorescence is orange to brown and reflectance below 0.2 % Ro.

According to microscopic characteristics, migrabitumen in pores, fissures and cavities of the Jurassic and Cretaceous rocks in most cases belong to asphaltite group. Asphaltites are derived from heavy, asphaltenes rich oils (JACOB, 1989). However, it can be presumed that they are product of early generation from sulfur rich kerogens. After short migration viscous liquid filled the cavities in the rocks and transform into solid bitumen by devolatilization and polymerization. These bitumens have characteristics of determined oil-prone Jurassic and Cretaceous source rocks.

In the Paleogene sediments, especially in the subtidal and lagoon environments, continued occurrence of immature marine amorphous organic matter of algal and bacterial origin is determined. On the other hand, development of terrestrial and fresh water to brackish facies is evidenced by increased expansion of coal facies. Coals are dominantly of terrestrial origin in the peat to sub-bituminous stage. Sapropelic coal is sporadically also present.

REFERENCES

BARIĆ, G., TARI, V. & IVKOVIĆ, Ž. (2003): Petroleum system in the southern Part of the Pannonian Basin and in the Adriatic Offshore, Croatia.– Nafta, 54/7–8, 299–307.

COOK, A.C. & SHERWOOD, N.R. (1991): Classification of oil shales, coals and other organic-rich rocks.– Organic Geochemistry, 17/2, 211–222.

HUNT, J.M. (1995): Petroleum Geochemistry and Geology.– W.H. Freeman and Company, 743 p., San Francisco.

HUTTON, A.C. (1987): Petrographic classification of oil shales.– Int. J. Coal Geol., 8, 203–231.

JACOB, H. (1989): Classification, structure, genesis and practical importance of natural solid bitumen („migrabitumen").– Int. J. Coal Geol., 11, 61–79.

JONES, R.W. (1987): Organic facies.– In: BROOKS, J. & WELTE, D. (eds.): Advances in Petroleum geochemistry 2. Academic Press, London, 1–90.

STACH, E., MACKOWSKY, M.TH., TEICHMÜLLER, M., TAYLOR, G.H., CHANDRA, D. & TEICHMÜLLER, R. (1982): Coal Petrology.– Gebrüder Borntraeger, Berlin-Stuttgart, 535 p.

TARI, V. (2002): Evolution of the northern and western Dinarides: a tectonostratigraphic approach.– EGU Stephen Muller Spec. Pub. Ser., 1, 223–236.

TAYLOR, G.H., TEICHMÜLLER, M., DAVIS, A., DIESSEL, C.F.K., LITTKE, R. & ROBERT, P. (1998): Organic Petrology.– Gebrüder Borntraeger, Berlin-Stuttgart, 704 p.

TIŠLJAR, J., VLAHOVIĆ, I., VELIĆ, I. & SOKAČ, B. (2002): Carbonate Platform Megafacies of the Jurassic and Cretaceous Deposits of the Karst Dinarides.– Geologia Croatica, 55/2, 139–170.

TYSON, R.V. (1995): Sedimentary organic matter – Organic facies and palynofacies.– Chapman & Hall, London-Glasgow-Weinheim-New York-Tokyo-Melbourne-Madras, 615 p.

VELIĆ, I., VLAHOVIĆ, I. & MATIČEC, D. (2002): Depositional sequences and Palaeogeography of the Adriatic Carbonate Platform.– Mem. Soc. Geol. It., 57, 141–151.

VLAHOVIĆ, I., TIŠLJAR, J., VELIĆ, I. & MATIČEC, D. (2002): The Karst Dinarides are Composed of Relics of a Single Mesozoic Platform: Facts and Consequences.– Geologia Croatica, 55/2, 171–183.

VLAHOVIĆ, I., TIŠLJAR, J., VELIĆ, I. & MATIČEC, D. (2005): Evolution of the Adriatic Carbonate Platform: Palaeography, main events and depositional dynamics.– Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeecology, 220, 333–360.

Unconventional hydrocarbon source rocks of Croatia

Nekonvencionalne ugljikovodične matične stijene u Hrvatskoj

Ivica Vulama[1] & Vesna Špiljak Vulama[2]

[1]Exploration Department, Southern Easter EU E&P Sector, INA-NAFTAPLIN, Šubićeva 29, 10 000 Zagreb, Croatia (ivica.vulama@ina.hr)

[2]Reservoir Medeling & Engineering Dept., Geology & Reservoir Management Sector, INA-NAFTAPLIN, Šubićeva 29, 10 000 Zagreb, Croatia
(vesna.spiljakvulama@ina.hr)

Key words: source rock, well logging, geochemical analyses, Miocene, Pliocene, Pannonian Basin, Middle Adriatic Ridge, Drava Depression, Sava Depression, Mura Depression, Croatia
Ključne riječi: matične stijene, karotažna mjerenja, geokemijske analize, miocen, pliocen, Panonski bazen, Srednjojadranski prag, dravska depresija, savska depresija, murska depresija, Hrvatska

This paper summarizes several exploration results on different Source Rocks localities in the Croatian part of the Pannonian Basin and the Middle-Adriatic Ridge. Well logging methods and interpretations were correlated with geochemical analyses and applied here to evaluate Source Rocks and their maturity, VULAMA (2009) and cites therein.

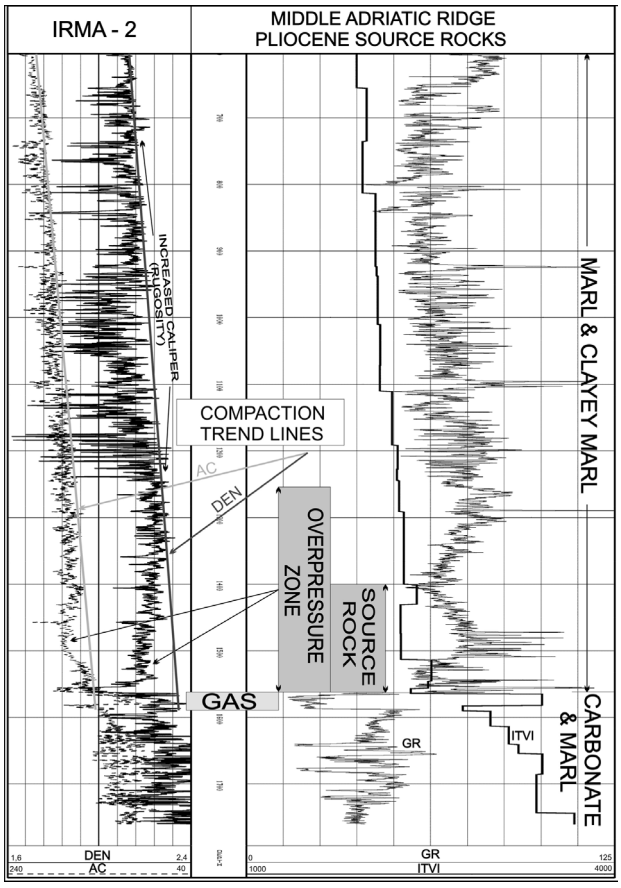


Figure 1. Overpressure immature Pliocene Source Rocks.
Slika 1. Nadpritisnute nezrele pliocenske matične stijene.

Pliocene Source Rocks of the Middle-Adriatic ridge were immature for hydrocarbon generation by thermal degradation, but they were capable of producing biogenic gas. The geological conditions of the Source Rocks indicate a short migration gas path way in downward direction, from the porous, fractured Pliocene Source Rocks to the Miocene reservoirs, due to overpressure (Fig. 1). Unconventional Eastern Drava Depression Source Rocks (especially of the Števkovica Oilfield) maturity has been determined from the formation resistivity through correlation with geochemical analyses. The formation resistivity of R_t = 32 Ωm is typical of the area and it represents the threshold value between immature and mature Source Rocks. Intensive tectonic activity formed fractured zones as favourable reservoir rocks so there are practically no migration pathways at all. Formation resistivity map of "E" reservoir has been made as an indicator of hydrocarbon saturation, marking potential oil producing zones, finally giving significant oil production (Fig. 2). In the Mura Depression mature oil – and gas-prone Source Rocks were confirmed. They reach total net pay of 740 m. Correlation with geochemical analyses pointed out R_t = 25 Ωm as resistivity threshold value from which oil-prone Source Rocks are mature. Gas-prone Source Rocks shows R_t = 40 Ωm. Over pressured Gas-prone Source Rocks and tight sands/silts bear high potentiality as a prospective unconventional reservoir *in situ* (Fig. 3). By means of interpretation of Natural Gamma-Ray Spectralog in the middle part of the Sava Depression, clay mineral content was defined (Fig. 4). This Source Rocks are intercalated with low permeable thin silt/ sandstone reservoirs. They also shows high unconventional reservoir potential. Correlation with geochemical analyses pointed out both resistivity threshold values, giving R_t = 22 Ωm from which Oil-prone Source Rocks are mature at the same time the Gas-prone Source Rocks shows value of R_t = 28 Ωm (Fig. 5).

Interpretation of Wire-line (well) logging has confirmed the existence of various types and thermal stage maturity of Unconventional hydrocarbon Source Rocks in the broader

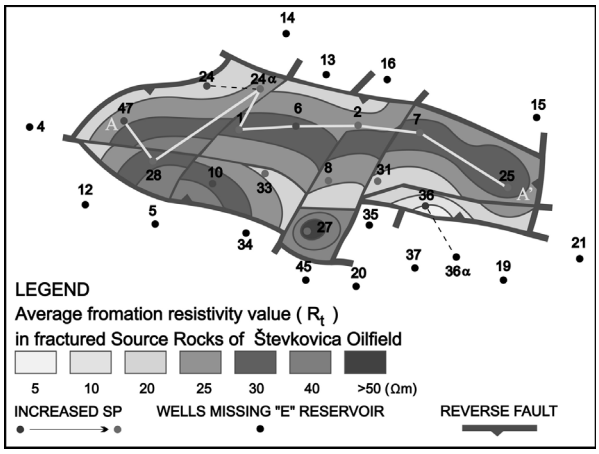


Figure 2. Formation resistivity distribution map of Miocene fractured oil-burning Source Rocks of Ševkovica Oilfield.
Slika 2. Karta raspodjele vrijednosti električne otpornosti raspucanih miocenskih naftno-generativnih matičnih stijena naftnog polja Ševkovica.

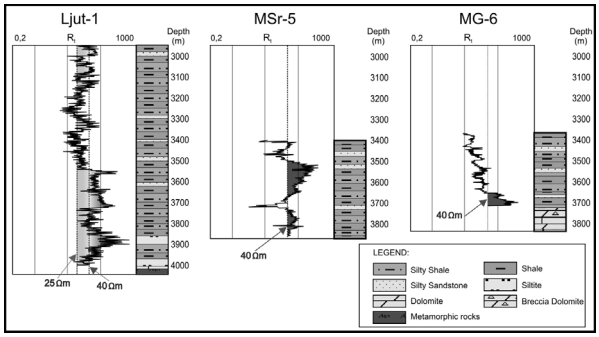


Figure 3. Mura Depression Oil/Gas-prone Source Rocks.
Slika 3. Naftno – plinsko-generativne matične stijene murske depresije

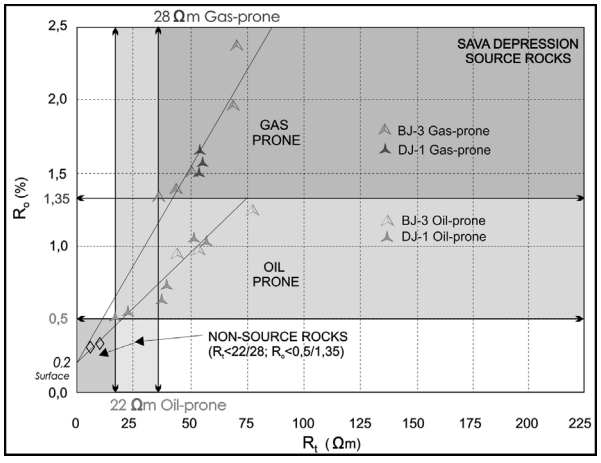


Figure 4. Sava Depression Oil/Gas-prone Source Rocks.
Slika 4. Naftno – plinsko-generativne matične stijene savske depresije

areas of Croatia. There were identified as: Pliocene – immature, biogenic gas producing Source Rocks; Miocene mature Oil- and Gas-prone Source Rocks and for statistic purpose – Triassic over mature Source Rocks of HZ-1 well (Pannonian Basin; NW Croatia). In all this different cases was confirmed that Source Rocks were possible to be recognized, evaluated and be able to define their maturity and hydrocarbon potentiality using wire-line logs in correlation with geochemical

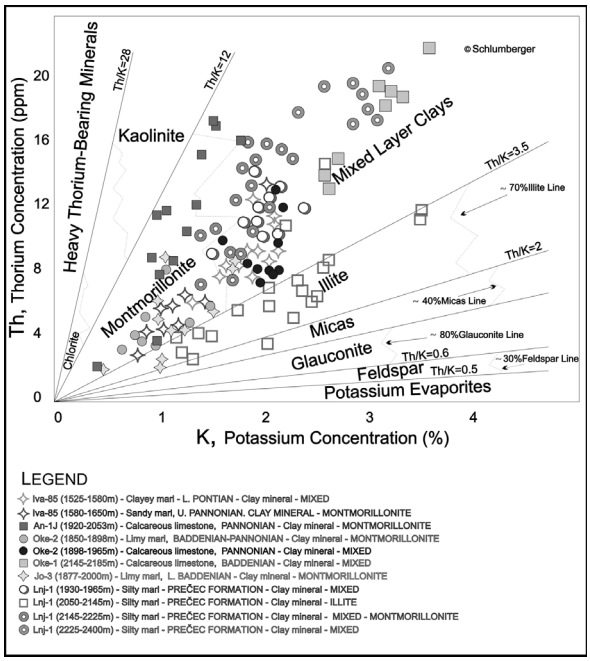


Figure 5. Clay mineral content of Sava Depression Oil/Gas-prone Source Rocks.
Slika 5. Sadržaj minerala glina naftno – plinsko-generativnih matičnih stijena savske depresije

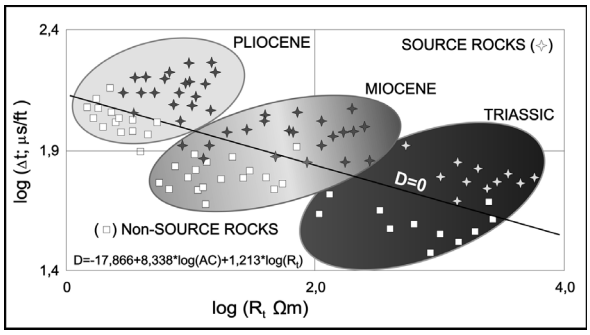


Figure 6. Discriminant analysis cross-plot of sonic (Ät) and formation resistivity (R_t) of explored Source Rocks in Croatia (Triassic, as over mature Source Rocks, were not shown here in detail).
Slika 6. Diskriminantna analiza križnog dijagrama brzine zvuka (Δt) i električne otpornosti (R_t) proučavanih matičnih stijena u Hrvatskoj (trijaske, prezrele matične stijene, nisu ovdje detaljno prikazane).

analyses. For all locations same discriminate function was used. Function divide source from non Source Rocks (D=0), confirming that Source Rock statistical analysis and interpretation is wide useful and successful within acceptable statistical margin of error (Fig. 6).

REFERENCES

VULAMA, I. (2009): Geološke značajke i procjena naftnoplinskoga generativnog potencijala neogenskih i trijaskih matičnih stijena iz bušotina u Hrvatskoj i Siriji na temelju sinteze rezultata karotažnih, geokemijskih i seizmičkih mjerenja [Geological characteristics and estimation of hydrocarbon potential of Neogene and Triassic Source Rocks from wells in Croatia and Syria based on the synthesis of the well log, geochemical and seismic data – in Croatian, with an English Abstract].– Unpubl. PhD Thesis, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb, 205 p.

Plinski potencijal paludinskih ležišta na polju Stružec

Gas potential of Paludina's layers on Stružec field

Vesna Žužul, Darko Tomičić & Ana Pintar

INA-Naftaplin, Šubićeva 29, Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: naftno-plinsko polje, Stružec, proizvodnja, paludina
Key words: oil-gas field, Struzec, production, paludina

Ležišta p9-p1 (paludine) na Struščcu, zasićena su naftom i plinom, i podijeljena su u 3 hidrodinamske jedinice. Proizvodnja prirodnog plina odvijala se je od 1965 do 1978. godine i ukupno je proizvedeno 23 841 869 m^3 plina.

Sve bušotine prestale su proizvoditi zbog prodora pijeska. Proizvodnju iz navedenih ležišta karakterizirao je prodor pijeska što za posljedicu ima mali postignuti iscrpak plina (7,9 %), kao i nafte (17,5 %).

Tijekom zadnjih nekoliko godina uspješno su obavljeni kapitalni remonti na nekoliko bušotina i nastavljena je proizvodnja iz paludinskih ležišta. Preostalo je oko 75 500 m^3 nafte i 150 000 000 m^3 pridobivih rezervi plina. Ležišta su strukturno najplića na polju Stružec.

Paludina layers in Stružec, saturated with oil and gas are divided in three hydrodynamic parts. Production of the natural gas was from 1965 to 1978 and the total production was 23.8 million m^3 of gas.

All wells are closed because of sand breakthrough. In production period we had sand breakthrough and small recovery of gas (7.9 %), as of oil (17.5 %).

During some last years it has made useful workovers and paludina layers are again in production. Remaining reserves are approximately 75 500 m^3 of oil and 150 000 000 m^3 of gas. Paludina layers are the shallowest structures in the Stružec field.

EU 7th Framework Program Presentation (RESTCA-TERCE-NIMPSS) – Slovenian activities and cooperation of GeoZS in geochemical investigation in former Yugoslavia

Predstavljanje FP 7 Projekta RESTCA-TERCE-NIMPSS: Slovenske aktivnosti i suradnja GeoSZ u geokemijskim istraživanjima na tlu bivše Jugoslavije

Jasminka Alijagić & Robert Šajn

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

Key words: geochemical investigation, FP7 – RESTCA
Ključne riječi: geokemijska istraživanja, FP 7 Projekt – RESTCA

RESTCA is aimed at reinforcing the scientific and technological standards of two promising research centers which have a great potential for study of natural and industrial solid pollutants: University of Belgrade – Faculty of Mining and Geology, Serbia and Department of Geochemistry and Environmental Geology, Geological Survey of Slovenia. These two institutions will establish a strategic partnership among each other and with the Institute of Geosciences, Division of Mineralogy and University of Frankfurt, Germany. The main planes what will be done during project is to make strategic improvements of the research standards for study soil pollutants at the faculty of mining and Geology (Serbia) and the geological Survey of Slovenia, in order to integrate these institution into European Research Area.

The major project objectives are (1) strengthening the international co-operation networking and partnership between the UB-FMG, GUF and GeoZS and setting-up a brain-gain environment; (2) improving material research standards at the UB-FMG by renewal and upgrade of the facilities; (3) exploiting the research and technological demonstration results of the GeoZS and UB-FMG and promoting them to national/regional centers of excellence; (4) networking among the institutions from the European region of convergence and Western Balkan and (5) promoting the ideas of the EU 7th Framework Program.

The main activities of Geological survey of Slovenia in FP7 – RESTCA

Initialization of environmental geochemical studies in areas of W Balkan: (1) researching design; (2) methods of sampling and in-situ measurements based on sampling schemes; (3) optimal methods of analyzing and QA/QC control; (3) data geo-referencing and transmission in GIS environment; (4) data processing and using of statistical analyses and neural networks methods; (5) method of visualizations; (5) determination of the natural conditions and the rate of anthropogenic impact of heavy metals and (6) assessment of the environment vulnerabilities and endangerments.

Using of archive data for determination the areas critically polluted due to mining and smelting and war operations: (1) archeological and historical publication – mining and smelting activities in the antic and middle age; (2) archives of geological surveys – age of industrial revolution; (3) archives of geological surveys of former Yugoslav Republic – modern age; (4) war operation and big explosion of munitions magazines (Balkan wars, 1912 – 1913; I World War, 1914 – 1918; II World War, 1941 – 1945; Civil war in former Yugoslavia, 1991 – 2000.

Application of scanning electron microscope – energy dispersive spectrometer (SEM/EDS): (1) optimal methods for exploitation of instrument; (2) support to introducing modern way of researching (mineralogical composition of particles with heavy metals); (3) source and origin of heavy metals in sampling materials; (4) species and form of heavy metals in sampling materials and accessibility of heavy metals for organisms) and (5) transfer of knowledge and experience.

Geološki procesi i mehanizmi uskladištenja ugljičnog dioksida u dubokim slanim vodonosnicima

Geological processes and mechanisms of carbon dioxide storage in deep saline aquifers

Iva Kolenković & Bruno Saftić

Rudarsko-geološko naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Pierottijeva 6, 10 002 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: mehanizmi uzamčivanja, geološko skladištenje ugljičnog dioksida, duboki slani vodonosnici
Key words: trapping mechanisms, geological storage of carbon dioxide, deep saline aquifers

U sklopu borbe za ublažavanje klimatskih promjena su i planovi ulaganja u novi način korištenja fosilnih goriva na ekološki prihvatljiviji način. U perspektivi je nadogradnja postojećih energetskih sustava na globalnoj razini čime bi se u potpunosti mogao eliminirati porast emisija CO_2 do 2050. godine. Potencijalno najveći učinak postigao bi se izgradnjom sustava za kaptiranje i geološko uskladištenje ugljičnog dioksida. On uključuje postrojenja za pročišćavanje dimnih plinova na stacionarnim industrijskim izvorima, transport cjevovodima ili brodovima i zatim utiskivanje u podzemlje na dubine od 1000 do 2500 m, u propusne stijene na lokacijama gdje će ostati trajno zarobljen u podzemlju najmanje 10^3 do 10^4 godina, odnosno nakupit će se u zamkama slično kao nafta i prirodni plin. U podzemlju su već otkrivena brojna prirodna ležišta ugljičnog dioksida i poznato je da se uzamčivanje odvija kroz niz fizičkih i kemijskih mehanizama. Oni djeluju u različitim vremenskim rasponima, jedni odmah a drugi tek tisućama godina nakon utiskivanja (IPCC, 2005).

Tijekom utiskivanja, put kretanja CO_2 kroz vodonosnik u najvećoj je mjeri uvjetovan uzgonom koji uzrokuje kretanje vertikalno prema gore, a manje je izražena lateralna komponenta toka (kao posljedica gradijenta tlaka nastalog utiskivanjem i prirodnog hidrauličkog gradijenta). Po prestanku utiskivanja, "oblak" CO_2 nastavlja migrirati u smjeru uzgona istiskujući vodu iz pora. Kako fronta slobodnog CO_2 napreduje, na donjem kraju "oblaka" voda se vraća u zonu zasićenu ugljičnim dioksidom. Budući da kao izdvojena faza predstavlja nemočivi fluid, CO_2 je kontinuiran u porama pri većim zasićenjima, a sa smanjenjem zasićenja ta kontinuiranost biva prekinuta u suženjima pora. Jednom kada dio CO_2 bude odvojen od ostatka CO_2, dolazi do njegovog uzamčivanja uslijed kapilarnog tlaka. Mjehurić CO_2 zaostaje u pori jer ne može proći kroz suženje zbog međupovršinske napetosti (SUEKANE et al., 2008). Ovaj mehanizam fizičkog uzamčivanja naziva se **uzamčivanje rezidualnim zasićenjem**.

Slobodni CO_2 koji nije uzamčen djelovanjem kapilarnog tlaka nastavlja se vertikalno kretati kroz vodonosnik sve dok ne naiđe na slabopropusne naslage u krovini, a zatim se, i dalje pod djelovanjem uzgona, nastavlja lateralna migracija prema strukturno višim dijelovima vodonosnika. Pri tome slobodni CO_2 ispunjava manje izbočine uz krovinsku plohu propusnih stijena, te strukturne i stratigrafske zamke ukoliko su prisutne. Na taj način nastaju umjetna ležišta ugljičnog dioksida, slična ležištima ugljikovodika i ona tvore podzemna skladišta ugljika. Ovaj mehanizam **statičkog uzamčivanja** smatra se najvažnijim za uskladištenje ugljičnog dioksida u dobrim dijelom iscrpljenim naftnim i plinskim ležištima, ali i u vodonosnicima (IPCC, 2005).

Prema CSLF (2007) **hidrodinamičko uzamčivanje** odnosi se na "oblak" slobodnog CO_2 koji se giba kroz vodonosnik pokretan uzgonom i hidrodinamičkim uvjetima vodonosnika. Ukoliko je tok podzemne vode vrlo spor, 10^{-3} do 10^{-2} m/god. (što je slučaj u mnogim sedimentnim bazenima) vrijeme zadržavanja CO_2 u vodonosniku bit će dovoljno da je time učinkovito uzamčen u sustavu.

Uzamčivanje otapanjem je kontinuirani proces za koji se procjenjuje da je najučinkovitiji tijekom dužeg vremenskog perioda. Ugljični dioksid može se miješati sa slojnom vodom i otapati djelovanjem procesa difuzije, disperzije i konvekcije (BACHU et al., 2007). Po utiskivanju u vodonosnik prvo dolazi do disperzije, a kada slojna voda u kontaktu s CO_2 postane zasićena s CO_2, dolazi do miješanja difuzijom. Proces miješanja može ubrzati postojanje toka slojne vode kroz vodonosnik ili djelovanje konvekcije. Voda zasićena s CO_2 je za oko 1% gušća od slojne vode, pa u slučaju dovoljno velike vertikalne propusnosti i debljine vodonosnika, postupno dolazi do konvekcijskog strujanja i kontinuirane zamijene sloja vode zasićene s CO_2 iz područja kontakta sa slobodnim CO_2 s vodom nezasićenom s CO_2 (ENNIS-KING & PATERSON, 2002).

Voda u kojoj je otopljen ugljični dioksid može otapati silikatne minerale u stijenama kroz koje migrira pri čemu joj se mijenja kemijski sastav, a pri promjeni uvjeta može doći i do precipitacije karbonatnih minerala iz slojne vode koja sadrži otopljeni CO_2. Na taj način ugljik bi ostao trajno vezan u stijenama u podzemlju. No, iako **mineralno uzamčivanje**

predstavlja siguran način za dugotrajno zadržavanje ugljika u podzemlju (BENSON & COLE, 2008), to je spor i dugotrajan mehanizam, jer su za geokemijske reakcije potrebne tisuće godina (XU et al., 2003).

Za učinkovitost uskladištenja ugljika u određenom podzemnom skladištu bitni su svi mehanizmi uzamčivanja, jer njihovo djelovanje ne utječe samo na kapacitet određenog podzemnog skladišta već i na sigurnost trajnog uskladištenja. Razlike u geološkoj građi podzemlja presudno utječu na brzinu fizičkih i kemijskih promjena a time i na djelovanje pojedinih mehanizama uzamčivanja. Zbog same svrhe izgradnje sustava za geološko skladištenje ugljičnog dioksida, a to je ublažavanje antropogenih utjecaja na klimatske promjene, cijeli sustav kaptiranja i geološkog skladištenja ugljičnog dioksida treba dostići puni učinak u predstojećih četrdeset godina pa stoga procjene kapaciteta imaju i praktičnu vremensku dimenziju. Brojni autori zato pri tom daju prednost mehanizmima čija je učinkovitost kritična u periodu samog utiskivanja ugljičnog dioksida u podzemno skladište, te neposredno po utiskivanju (BACHU et al., 2007). U periodu utiskivanja najveću važnost ima uzamčivanje u strukturnim i stratigrafskim zamkama, a po utiskivanju raste značaj uzamčivanja rezidualnim zasićenjem CO_2, dok su mehanizmi uzamčivanja otapanjem i precipitacijom karbonatnih minerala toliko spori procesi da mogu imati značajan utjecaj na učinkovitost uskladištenja tek stotinama, pa i tisućama godina nakon utiskivanja.

Zahvale

Kapacitet geološkog uskladištenja CO_2 u dubokim slanim vodonosnicima u Hrvatskoj po prvi put je procijenjen u sklopu rada na FP6 projektu EU GeoCapacity. Autori su zahvalni na potpori koju su za to dobili i od Fonda za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost.

LITERATURA

BACHU, S., BONIJOLY, D., BRADSHAW, J., BURRUSS, R., HOLLOWAY, S., CHRISTENSEN, N.P. & MATHIASSEN, O.M. (2007): CO_2 storage capacity estimation: Methodology and gaps.– International Journal of Greenhouse Gas Control, 1, 430–443.

BENSON, S.M. & COLE, D.R. (2008): CO_2 Sequestration in Deep Sedimentary Formations.– Elements, 4, 325–331.

CSLF (2007): Phase II Final Report from the Task Force for Review and Identification of standards for CO2 Storage Capacity Estimation, 2007. (http://www.cslforum.org/publications/documents/PhaseIIReportStorageCapacityMeasurementTaskForce.pdf)

ENNIS-KING, J. & PATERSON, L. (2002): Engineering Aspects of Geological Sequestration of Carbon Dioxide.– SPE paper no. 77809.

IPCC (2005): IPCC Special Report on Carbon dioxide Capture and Storage, 2005. (http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srccs/srccs_wholereport.pdf)

SUEKANE, T., NOBUSO, T., HIRAI, S. & KIYOTA, M. (2008): Geological storage of carbon dioxide by residual gas and solubility trapping.– International Journal of Greenhouse Gas Control, 2, 58–64.

XU, T., APPS, J.A. & PRUESS, K. (2003): Reactive Geochemical Transport Simulation to Study Mineral Trapping for CO_2 Disposal in Deep Saline Arenaceous Aquifers.– Journal of Geophysical Research, 108 (B2), 2071–2084.

Mogućnost smanjenja emisije stakleničkih plinova u Hrvatskoj izgradnjom podzemnih skladišta ugljičnog dioksida

Potential of greenhouse gas emission reduction in Croatia by storage of carbon dioxide in the subsurface

Bruno Saftić, Josipa Velić, Vesnica Garašić, Iva Kolenković & Tomislav Malvić

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

Ključne riječi: klimatske promjene, kaptiranje i skladištenje ugljičnog dioksida, geološko skladištenje CO_2, geosekvestracija
Key words: climate change, carbon capture and storage, geological storage of CO_2, geosequestration

Činjenica je da globalna temperatura raste i da se mijenjaju klimatska područja. Veliki utjecaj na prosječnu globalnu temperaturu imaju i procesi koji se odigravaju na Suncu (MARSH & SVENSMARK, 2003; VEIZER, 2005), no mnogobrojni modeli sugeriraju da je za zatopljenje u zadnjih šezdesetak godina prvenstveno odgovoran porast koncentracije CO_2 u atmosferi (STOTT et al., 2003; IPCC, 2005). Glavni izvor promjene sastava atmosfere je proizvodnja primarne energije koja se sad 80% bazira na fosilnim gorivima. Zbog njihove dostupnosti i relativno niskih troškova ovo se neće promijeniti još nekoliko desetljeća (KOONIN, 2008), no može se smanjiti utjecaj na klimatske promjene ako se izgrade sustavi za "kaptiranje i uskladištenje ugljika" (engl. *Carbon Capture and Storage – CCS*) izdvajanjem CO_2 iz dimnih plinova na stacionarnim industrijskim izvorima i njegovim trajnim uskladištenjem duboko u podzemlju gdje barem 10^3 ili 10^4 godina neće moći doprijeti do atmosfere.

Geosekvestraciji, tj. trajnom uskladištenju CO_2 se može pristupiti na tri načina. **Geološko uskladištenje** bazira se na injektiranju CO_2 u porozne stijene na dubine veće od 1 km. Primjeri već aktivnih programa ovog tipa jesu norveški projekt Sleipner u Sjevernom moru i projekt Weyburn u Kanadi. Na tim je mjestima do sad utisnuto ukupno više od 20 Mt i to na polju Sleipner radi izbjegavanja emisija s off-shore postrojenja, a na polju Weyburn radi povećanja iscrpka nafte (OELKERS & COLE, 2008). **Oceansko uskladištenje** uključivalo bi utiskivanje CO_2 na dubine veće od 3,5 km. Pri tlaku na tim dubinama CO_2 je u tekućem stanju i ima veću gustoću od morske vode pa stoga tone na veće dubine gdje reagira s morskom vodom i daje blato koje se akumulira na morskom dnu, te se zatim postupno otapa i dalje dispergira (ADAMS & CALDEIRA, 2008). Većina znanstvene javnosti smatra da je ova metoda nesigurna, prvenstveno zbog moguće pojave velikih podmorskih klizišta ili novih strujanja u oceanima koja bi onda dovela do naglog oslobađanja ugljičnog dioksida u atmosferu, a to bi imalo katastrofalne posljedice. **Uskladištenje vezanjem u karbonatne minerale** obuhvaća formiranje stabilnog karbonatnog minerala kao što je magnezit ili kalcit reakcijom CO_2 sa silikatnim mineralima koji sadrže Mg i Ca (OELKERS et al., 2008). Ovakvi minerali su stabilni tijekom geološkog vremena, pa je rizik kasnijeg oslobađanja CO_2 u atmosferu minimalan. Praktično, ona uključuje iskapanje i drobljenje stijena koje sadrže Mg- i Ca-silikatne minerale, te odlaganje velikih količina karbonatnih minerala koji nastaju kao krajnji produkt.

Glede okolnosti u Hrvatskoj samo se u području Panonskog bazena i u Jadranskom podmorju mogu procijeniti povoljni uvjeti za geološko uskladištenje CO_2. Dinaride se može isključiti jer se sastoje najvećim dijelom od karbonatnih stijena koje su okršene do dubina od 1000 m i sadrže velike zalihe pitke vode, te zato što tamo postoji pojačana neotektonska aktivnost koja bi mogla ugroziti prvenstveno površinske instalacije ali i podzemne dijelove objekata. Najizglednije stijene za utiskivanje u duboke regionalne vodonosnike u Panonskom bazenu su gornjomiocenski slojevi pješčenjaka i lapora. Brojni slojevi pješčenjaka s međuzrnskom poroznosti već su djelomično istraženi i tamo gdje nisu otkrivena ležišta nafte ili plina, a ustanovljeno je i da su prekriveni mlađim naslagama debljim od 1000 m (EU GEOCAPACITY, 2009). Kao druga mogućnost izdvojen je jedan dio naftnih i plinskih polja čija bi ležišta mogla postati pogodni objekti utiskivanja kad jednom budu iscrpljena. U Tablici 1 dan je pregled emisija ugljičnog dioksida i procijenjenih kapaciteta geološkog uskladištenja. Procjene za vodonosnike su teoretske i u optimističnom slučaju se temelje na predviđenom koeficijentu uskladištenja od 3%, a u pesimističnom 2% od ukupnog pornog prostora. U iscrpljenim ležištima ugljikovodika kapacitet je puno manji, ali to je efektivni kapacitet jer je opterećen manjom nesigurnošću zato što su numeričke procjene napravljene na temelju detaljnijih podataka.

Zaključno, Republika Hrvatska je obvezna smanjiti ispuštanje ugljikova dioksida u bliskoj budućnosti. To se može postići izgradnjom kapaciteta za kaptiranje CO_2 na velikim stacionarnim izvorima i njegovo geološko skladištenje za što postoje povoljni uvjeti u Panonskom bazenu i

Tablica 1. Emisije CO_2 i procjene kapaciteta uskladištenja u Republici Hrvatskoj (FP6 EU GeoCapacity).
Table 1. CO_2 emissions and estimates of storage capacity in the Republic of Croatia (EU FP6 GeoCapacity).

Emisije CO_2		Godina procjene	Prosječna emisija CO_2 (Mt)
Emisije CO_2 iz stacionarnih izvora iznad 100 kt/god.		2003	5
Ukupne emisije CO_2		2003	23
Kapacitet uskladištenja CO_2	Kategorija	Konzervativna pr. (Mt)	Srednja procjena (Mt)
U regionalnim vodonosnicima	Teoretski	2710	4067
U naftnim i plinskim poljima	Efektivni	189	189
Ukupno procijenjeni kapacitet	Teoretski	2899	4256

u Jadranskom podmorju. Većina domaćih ležišta ugljikovodika i dalje će ostati vrlo vrijedni objekti kao energetski izvori, te se ipak neće moći ubrzo konvertirati u podzemna skladišta ugljika, ali se može nastaviti s proizvodnjom uz istovremeno utiskivanje ugljičnog dioksida radi povećanja iscrpka i pri tome te postupke iskoristiti za prikupljanje još detaljnijih podataka o promjenama koje će se događati u podzemlju. Znatno veći kapacitet uskladištenja procjenjuje se u formacijama regionalnih vodonosnika na dubinama većim od 1000 m, ali su dubinskogeološki podaci puno oskudniji nego u području naftnih i plinskih polja tako da će biti potrebno izdvojiti najperspektivnija područja i tamo pokrenuti istraživanja usmjerena na točnije definiranje građe i sastava stijena u podzemlju sa svrhom projektiranja izgradnje podzemnih skladišta ugljika.

Zahvale

Prikazani su rezultati istraživanja na projektu FP6 projektu EU GeoCapacity kojeg je financirala Europska unija, a autori su zahvalni i na potpori koju su za to dobili od Fonda za zaštitu okoliša i energetsku učinkovitost.

LITERATURA

ADAMS, E.E. & CALDEIRA, K. (2008): Ocean storage of CO2.– Elements, 4, 319–324.

EU GeoCapacity (2009): Assessing European capacity for Geological Storage of Carbon Dioxide – Final Report (FP6-518318).

IPCC (2005): IPCC Special Report on Carbon dioxide Capture and Storage, 2005. (http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srccs/srccs_wholereport.pdf)

KOONIN, S.E. (2008): The challenge of CO2 stabilization.– Elements, 4, 293–294.

MARSH, N. & SVENSMARK, H. (2003): Solar influence on Earth's climate.– Space Science Reviews, 107, 317–325.

OELKERS, E.H. & COLE, D.R. (2008): Carbon dioxide sequestration. A solution to a global problem.– Elements, 4, 305–310.

OELKERS, E.H., GISLASON, S.R., MATTER, J. (2008): Mineral carbonation of CO2.– Elements, 4, 333–337.

STOTT, P.A., JONES, G.S. & MITCHELL, J.F.B. (2003): Do models underestimate the solar contribution to recent climate change.– Journal of Climate, 16, 4079–4093.

VEIZER, J. (2005): Celestial climate driver: A perspective from four billion years of the carbon cycle.– Geoscience Canada, 32, 13–28.

Ocjena prihvatljivosti planova programa i zahvata za ekološku mrežu i Naturu 2000 – stručno metodološki pristup s osvrtom na geološke aspekte ocjene

Assessement of plans, programs and projects for ecological network and Natura 2000 – expert methodological approach with comments on geological aspects of assesement

Neven Trenc

Državni zavod za zaštitu prirode, Mažuranićev trg 5, 10 000 Zagreb, Hrvatska
(neven.trenc@dzzp.hr)

Ključne riječi: ocjena prihvatljivosti za ekološku mrežu, natura 2000, gologija, Hrvatska
Key words: appropriate assessement, natura 2000, geology, national ecological network, Croatia

Zaštita biološke raznolikost na razini EU temelji se na dvije direktive: Direktivi o zaštiti ptica (Council Directive 79/409/EEC) (EC, 2010) i Direktivi o zaštiti prirodnih staništa i divlje faune i flore (Council Directive 92/43/EEC). (EC, 2010). Ove direktive obvezuju zemlje članice da očuvaju u povoljnom statusu divlje vrste i staništa od europskog značenja (navedene u prilozima direktiva), u području njihove prirodne rasprostranjenosti te one u tu svrhu utvrđuju područja očuvanja (SPA, SAC) sukladno svakoj od direktiva koja zajedno čine europsku ekološku mrežu Natura 2000 (DZZP, 2010).

Jedan od najvažnijih mahanizama za zaštitu područja Natura 2000 je ocjena prihvatljivosti za ekološku mrežu (Appropriate Assessement) zahvata i planova utvrđena stavcima 3 i 4 članka 6 Direktive o staništima. Na taj način se se osigurava da provedba različitih zahvata i planova ne ugrožava povoljni status ciljeva očuvanja područja Natura 2000 (vrste i staništa zbog kojih je proglašeno) i njihov ekološki integritet. Sukladno tome za svaki zahvat ili plan koji bi mogao imati značajan utjecaj na područja Nature 2000 potrebno je provesti odgovarajuću ocjenu kako bi se utvrdilo da li će njegovim izvedbom doći do značajnih negativnih utjecaja, uzimajući pri tome u obzir i posredne i skupne utjecaje zahvata ili plana. Ukoliko se utvrdi da i uz primjenu odgovarajućih mjera ublažavanja značajni negativni utjecaji ostaju zahvat odnosno plan nije prihvatljiv. U tome slučaju provedba plana ili zahvata se može dopustiti samo ako se utvrdi prevladavajući javni interes no tada država članica mora osigurati koherentnost mreže Natura 2000 provođenjem odgovarajućih kompenzacijskih mjera te izvjestiti a u nekim slučajevima i konzultirati Europsku Komisiju.

Hrvatsko zakonodavstvo je Zakonom o zaštiti prirode (NN70/05, NN 139/08) (MINK, 2010) te Uredbom o proglašenju ekološke mreže (NN 109/07) (MINK, 2010), i Pravilnikom o ocjeni prihvatljivosti plana, programa i zahvata za ekološku mrežu (NN 118/09) (MINK, 2010) usvojilo navedene odredbe europskih direktiva. Po pristupu Hrvatske Europskoj Uniji područja ekološke mreže Republike Hrvatske (CRO-NEN, 2005) od međunarodnog značenja postati će dio europske ekološke mreže Natura 2000.

Standardna metodologija ocjene prihvatljivosti zahvata za Naturu 2000 predložena je za cijelu EU (EC, 2002). Ona dijeli postupak ocjene na četiri dijela: prethodne ocjenu, glavnu ocjenu, ocjenu drugih pogodnih mogućnosti te utvrđivanja prevladavajućeg javnog interesa. Glavni cilj ovakve podjele je efikasnost odnosno izbjegavanje provođenja ocjene za zahvata za koje nije potrebno i usmjeravanje ocjene na ciljeve očuvanja i integritet područja ekološke mreže kako se ocjena ne bi provodila u nepotrebnoj širini.

Ocjena prihvatljivosti za ekološku mrežu je usredotočena na vrste i staništa koji su cilj očuvanja područja Natura 2000 i pokušava sagledati sve utjecaje zahvata: kako neposredne, tako posredne i skupne utjecaje s drugim postojećim ili planiranim zahvatima. Ovo je stručna ocjena u kojoj ključnu ulogu imaju eksperti biolozi-ekolozi koji dobro poznaju vrste i staništa koja su cilj očuvanja određenog područja. Isto tako je važno da se ocjena provodi temeljem kvalitetnih podataka i rezultata novih pravilno usmjerenih i relevantnih istraživanja (ROTH & VENN, 2009)). Pri njenom provođenju potrebno je uvažavati načelo predostrožnosti te u slučaju nesigurnosti ili nedostatnih podataka dati prednost zaštiti područja. Ova ocjena mora donijeti jasan i nedvosmislen zaključak da li će zahvat ili plan imati značajan negativni utjecaj na ciljeve očuvanja područja ekološke mreže odnosno da li se zahvat može prihvatiti ili ne.

Dosadašnja praksa provedbe Ocjene prihvatljivost planova, programa i zahvate za ekološku mrežu pokazala je da su uz rad stručnjaka biološkog porofila često za kvaliteno sagledavanje utjecaja značajni doprinosi stručnjaka iz drugih područja prirodnih i tehničkih znanosti a osobito iz

područja hidrogeologije i inženjerske geologije. Odgovarajući režim i kakvoća podzemnih i površinskih voda su osnovni čimbenici koji osiguravaju povoljno stanje vrsti i staništa u prirodi. Različiti zahvati vrlo često dovode do njihovih promjena u te je često ključna uloga geologa za utvrđivanju vjerojatnosti i značaja utjecaja takvih promjena na određeno područje ekološke mreže. U panonskom dijelu hrvatske ovakvi utjecaji najčešće se vežu uz hidrotehničke zahvate na rijekama, akumulacije i kanale. U krškom dijelu gdje je su općenito rapoložive količine vode ograničene, Hidrogeološke analize još su značajnije. Velik je broj planiranih zahvata koje karakteriziraju značajne potrebe za vodom npr. sustavi navodnjavanja, golf tereni i drugo te oni stoga mogu značajno utjecati na više područja ekološke mreže s obzirom na njihove ciljeve očuvanja. Specifičnost krškog područja je i kompleksan sustav podzemnih veza te vrlo često samo hidrogeolog s višegodišnim iskustvom na određenom prostoru može temeljem adekvatnih istraživanja procijeniti vjerojatnost utjecaja određenog zahvata ne neko ponekad i udaljeno područje ekološke mreže. Općenito zaštita speloeloških objekata kao elementa ekološke mreže RH s biološkom raznolikošću od globalnog značenja načešće nije moguća bez kvalitetnog uključivanja geologa u postupke ocjene.

Ciljevi europskih direktiva na kojima se temelje Natura 2000 i ekološka mreža RH usredotočeni su isključivo na ugrožene vrste i staništa na europskom i nacionalnom nivou te ocjena prihvatljivosti sukladno članku šest direktive o staništima stoga ne uzima u obzir geološku baštinu ili očuvanje georaznolikosti. Ipak, važnost geologa u provođenju ocjene prihvatljivosti je često ključna te osim što doprinosi boljoj detekciji i analizi ujecaja, vrlo često može u ranoj fazi ocjene argumentirano isključiti neke potencijalne utjecaje zahvata te tako dovesti i do značajnih ušteda vremana i novca za nositelje. S druge strane da bi dali takav kvalitetan doprinos geolozi se moraju upoznati s postupkom i stručnom metodologijom Ocjene prihvatljivosti planova, programa i zahvata za ekološku mrežu, sukladno direktivi o staništima, odnosno Zakonu o zaštiti prirode i pod zakonskim aktima te relevantnim stručnim smijernicama i standardima.

LITERATURA

CRO-NEN (2005), http://www.cro-nen.hr/home1.php–_lang=hr&_site=1&id=1

DZZP – DRŽAVNI ZAVOD ZA ZAŠTITU PRIRODE (2010). Natura 2000 u Hrvatskoj, http:www.natura200.hr, Zagreb

EC – EUROPEAN COMISSION EU NATURE LEGISLATION (2010): http://ec.europa.eu /environment/nature/legislation/index_en.htm., European Comisssion

EC EUROPEAN COMMISSION (2002): Assessment of plans and projects significantly affecting Natura 2000 sites, Office for Official Publications of the European Communities Luxembourg, 76 pp. http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/docs/art6/natura_2000_assess_en.pdf

MINK – MINISTARSTVO KULTURE (2010): Propisi – Zaštita prirode, http://www.min-kulture.hr/default.aspx–id=85, Ministarstvo kulture.

ROTH, P. & VENN, O. (2009): Natura 2000 i ocjena prihvatljivosti zahvata za prirodu u Hrvatskoj. http://www.natura2000.hr/UtilPages/GetDBDocument.aspx–id=50.– Državni zavod za zaštitu prirode, 20 str., Zagreb.

Sedra kao okolišni pokazatelj u krškim riječnim sistemima

Tufa as environmental proxy in the karst river systems

Neven Cukrov[1] & Sonja Lojen[2]

[1]Ruđer Bošković Institute, Bijenička 54, 10 000 Zagreb, Croatia
[2]Jožef Stefan Institute, Jamova cesta 39, 1000 Ljubljana, Slovenia

Ključne riječi: sedra, metali, paleookolišne interpretacije
Key words: tufa, metals, paleoenvironmental interpretations

Paleookolišne interpretacije temeljene na geološkim i geokemijskim pokazateljima osnovica su za naše razumijevanje prošlih i sadašnjih klimatskih i okolišnih promjena.

Točnost većine pokazatelja iz prošlosti temelji se na analogiji usporedbe s današnjim odnosima, a njihova ispravnost se već dugo ispituje. Paleookolišni podaci visoke rezolucije su nezaobilazni u procjeni regionalnih promjena povezanih s antropogenim utjecajem (uključujući antropogeno izazvano globalno zatopljenje). Takve primjene obično uključuju upotrebu podataka visoke rezolucije u sprezi s više drugih pokazatelja, tražeći kvantitativne, reprezentativne podatke s jasno izraženim nesigurnostima. Tipični podatak visoke rezolucije je sadašnja i paleo sedra (masivna i laminirana), koja je uobičajena u Dinaridima, ali još uvijek nedovoljno istražena i slabo razjašnjena.

Uz to, sedrene barijere formirane na krškim potocima i rijekama predstavljaju geološke i geomorfološke tvorbe izvanredne univerzalne vrijednosti iz znanstvenog i estetskog pogleda. One istovremeno predstavljaju jedinstveni životni prostor za neke ugrožene vrste i zbog toga se ubrajaju kao nacionalno baština prema UNESCO-u.

Tijekom zadnjih sedam godina kroz suradnju Instituta Ruđer Bošković iz Zagreba i Jožef Štefan iz Ljubljane ispitana je koncentracija metala i odnos stabilnih izotopa C i O u sedri s Plitvičkih jezera i Korane kao predstavnik zapisa kontinentalne klime, te sedri na Krki, Zrmanji, Čikoli i Krčiću kao predstavnicima mediteranske klime, te je dio rezultata objavljen (CUKROV et al., 2003, 2008a,b, 2009; LOJEN et al., 2002, 2003, 2004a,b, 2005, 2008, 2009a,b) Podaci dobiveni tim istraživanjima predstavljaju bazu za buduća detaljnija istraživanja i točniju interpretaciju prošlih i prognozu budućih događaja.

U Tablici 1 predstavljeno je područje koncentracija metala u svim dosada ispitanim sedrama na području Republike Hrvatske.

Iz raspona koncentracija metala (Tablica 1) vidljivo je da su sedre naših pet rijeka s kontinentalnog i obalnog dijela usporedive po koncentracijama ekotoksičnih metala što je

Tablica 1. Raspon koncentracija (mg/kg) ekotoksičnih metala u sedri.
Table 1. Concentration range (mg/kg) of selected metal in tufa.

	br.	Hg		Cd		Pb		Cu		Zn		Ni		Cr	
		MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
Krčić	10	0,008	0,018	0,22	1,63	0,97	77,2	1,11	27,5	3,60	131	6,70	31,7	2,40	33,3
Krka	13	0,008	0,092	0,10	0,52	2,02	15,0	2,45	8,89	8,60	93,3	8,30	21,6	2,90	18,3
Zrmanja	4	0,014	0,091	0,21	0,59	2,05	27,4	2,76	4,92	4,80	21,7	10,4	13,0	5,90	7,00
Čikola	2	0,022	0,031	0,28	0,30	3,48	3,71	2,75	4,30	11,8	14,8	11,7	11,7	6,60	6,60
Korana	24	0,010	0,020	0,30	0,48	3,02	6,74	1,80	2,82	9,65	16,2	3,23	6,99	2,45	9,48
	br.	As		Mn		Co		Sn		Ba		Ag		Mo	
		MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
Krčić	10	0,20	9,90	19,0	408	0,60	6,70	0,08	2,14	16,6	95,2	0,002	0,12	0,11	1,46
Krka	13	2,00	5,20	47,0	891	0,90	5,10	0,15	0,79	19,5	56,4	0,010	0,20	0,09	0,65
Zrmanja	4	2,70	5,30	100	303	1,70	2,40	0,19	0,34	18,7	26,9	0,010	0,04	0,27	0,36
Čikola	2	4,80	4,80	119	119	1,10	1,10	0,2	0,2	28,5	28,5	0,04	0,04	0,26	0,26
Korana	24	0,43	1,75	18,5	47,0	0,43	1,03	0,42	2,82	17,3	27,4	0,001	0,34	0,09	0,41

posljedica relativno malog antropogenog utjecaja riječnim okolišima njihovog nastanka. Međutim, nešto povišene koncentracije Hg, Cd i Pb kao izrazito toksičnih metala u nekim uzorcima sedre ukazuju da se antropogeni utjecaj ne smije zanemariti, te da se trebaju poduzeti odgovarajuće mjere da se sačuva taj jedinstveni okoliš.

Uslijed relativno niske koncentracije ekotoksičnih metala u sedrama, sedrotvorni okoliš je vrlo osjetljivi na svaku promjenu tj. unos i najmanjih količina metala, što je bitno imati na umu kod planiranja zahvata koji mogu prouzročiti promjenu i nepovratno ugroziti ovaj osjetljivi ekološki sustav s jedinstvenom faunom.

LITERATURA

CUKROV, N., LOJEN, S., MIHELIČIĆ, G., DOLENEC, T., BRANICA, M. & PAPESCH, W. (2003): Isotopic characteristics of tufa in Krka River, Croatia: relation to climate conditions.– 22nd IAS meeting of Sedimentology, Opatija, 37–37.

CUKROV, N., CMUK, P., MLAKAR, M. & OMANOVIĆ, D. (2008a): Spatial distribution of trace metals in the Krka River, Croatia: An example of the self-purification.– Chemosphere, 72/10, 1559–1566.

CUKROV, N., KWOKAL, Ž., LOJEN, S., VÁZQUEZ NAVARRO, J. & GRABAR, I. (2008b): Trace metals and C and O stable isotope composition in the recent tufa from four karstic rivers in Croatia.– 33rd International Geological Congress, Oslo.

CUKROV, N., KWOKAL, Ž., LOJEN, S. & MIKAC, N. (2009): Raspodjela metala i stabilnih izotopa O i C u laminarnoj sedri s Plitvičkih jezera.– Znastveno stručni skup Plitvice 2009, Plitvice, (u štampi).

LOJEN, S., VOKAL, B., PAPESCH, W., CUKROV, N. & MIHELČIĆ, G. (2002): Tufa barriers and laminated carbonate incrustations in Krka National Park, Croatia, as modern climate indicators.– Geochim Cosmochim Acta, 66/15A, A460–A460.

LOJEN, S., CUKROV, N., PAPESH, W. & MIHELČIĆ, G. (2003): Precipitation of tufa barriers from Krka River, Croatia.– International Symposium on Isotope Hydrology and Integrated Water Resources Management, IAEA, 260–262, Wiena.

LOJEN, S., CUKROV, N., MIHELČIĆ, G., TADEJ, D., VOKAL, B. & PAPESCH, W. (2004a): Tufas in the Krka river system (Croatia): a suitable climatic record.– 32nd International Geological Congress, Florence, Italy, 642–642.

LOJEN, S., DOLENEC, T., VOKAL, B., CUKROV, N., MIHELČIĆ, G. & PAPESCH, W. (2004b): C and O stable isotope variability in recent freshwater carbonates (River Krka, Croatia).– Sedimentology, 51/2, 361–375.

LOJEN, S., OUDANE, B., VOKAL, B., PAPESCH, W. & CUKROV, N. (2005): Geochemical and isotopic variations in recent freshwater carbonates in Krka river, Croatia: implication for climate reconstruction.– VIII Isotope Workshop, UFZ Centre for Environmental Research, Department of Hydrogeology, Department of Isotope Hydrology, Leipzig, 161–164.

LOJEN, S., NAVARRO, J. V. & CUKROV, N. (2008): A Comparison of Isotopic and Geochemical Environmental Records in a Modern Laminated Tufa (River Krka, Croatia).– Tufas speleothems and stromatolites workshop, The University of Hull, 11–11, Hull.

LOJEN, S., TRKOV, A., ŠČANČAR, J., VAZQUEZ-NAVARRO, J. A. & CUKROV, N. (2009a): Continuous 60-year stable isotopic and earth-alkali element records in a modern laminated tufa (Jaruga, river Krka, Croatia): Implications for climate reconstruction.– Chem Geol, 258/3–4, 242–250.

LOJEN, S., TRKOV, A., ZAVADLAV, S., DOLENEC, M., VAZQUEZ-NAVARRO, J. & CUKROV, N. (2009b): Comparison of tufas as geochemical environmental proxies in continental and mediterranean dinaric karst.– 27nd IAS meeting of Sedimentology, Alghero, 252–252.

An environmental assessement of Sasa Mine tailings dam accident

Utjecaj na okoliš rudničkog otpada nakon havarije jalovišta rudnika Sase

Petra Vrhovnik[1], Nastja Rogan Šmuc[1], Matej Dolenec[1], Todor Serafimovski[2], Goran Tasev[2] & Tadej Dolenec[1]

[1]Faculty of Natural Sciences and Engineering, University of Ljubljana, Department of Geology, Aškerčeva cesta 12,1000 Ljubljana, Slovenia (petra.vrhovnik@ntf.uni-lj.si)

[2]Faculty of Mining, Geology and Polytechnics, University "Goce Delčev–Štip", Goce Delčev 89, 2000 Štip, Macedonia

Key words: tailings dam, heavy metals, enrichment factor, geoaccumolation index, Lake Kalimanci
Ključne riječi: jalovište, teški metali, faktor obogaćenja, indeks geoakumulacije, Jezero Kalimanci

Tailings dams are special type of dam built to store tailings material from mining activities. Tailings dam accidents have a large ecological impact on the environment and usually cause a serious contamination of surface waters, groundwater, soils, sediments and biota. This kind of major disaster also happened in eastern Macedonia, where a part of the Sasa Mine tailing dam collapsed and caused an intensive flow of tailings material which ended up in Lake Kalimanci. Therefore a lot of tailings material accumulated in the environment along Kalimanci River and in the Kalimanci Lake. The aim of this research was to evaluate the heavy metal contamination of the surfical sediments from Kalimanci Lake. Heavy metals Ag, As, Cd, Cu, Mo, Pb, Sb and Zn were analyzed for their abundance in the surfical sediments from Lake Kalimanci. The results of geochemical analysis revealed high average concentrations of heavy metals. Surfical sediment pollution evaluation was also calculated with two environmental factors. The enrichment factor values (Cd 735; Pb 386; Zn 151; Ag 146; As 48; Cu 21; Sb 10 and Mo 2) showed extremely increased heavy metal concentrations in analyzed samples. The geoaccumulation index indicated that surfical sediments of Lake Kalimanci can be treated as moderately to strongly polluted with heavy metals. High concentrations of heavy metals in surfical sediments cause high environmental risk for surrounding ecosystem which can be solved with remediation processes.

Prirodna ranjivost vodonosnika Parka prirode "Žumberak – Samoborsko gorje"

Intrinsic vulnerability of the "Žumberak – Samoborsko gorje" Nature Park aquifers

Tatjana Vujnović

Park prirode "Žumberak-Samoborsko gorje", Grdanjci 57, 10 432 Bregana, Hrvatska
(tvujnovic@yahoo.com)

Ključne riječi: prirodna ranjivost, krš, COP metoda, pojednostavljena metoda, Park prirode "Žumberak – Samoborsko gorje"
Key words: intrinsic vulnerability, karst, the COP method, the simplified method, "Žumberak – Samoborsko gorje" Nature Park

Unatoč postojanju brojnih metoda i uloženim nastojanjima COST akcija 65 i 620 pri Europskoj Uniji do danas nije usuglašen jedinstveni sustav određivanja ranjivosti na onečišćenje u Europi, a naravno i šire. Brojni komparativni radovi različitih metoda procjenjivanja ranjivosti vodonosnika su pokazali kako primjena različitih metoda na istom području često pokazuju vrlo različite, pa čak i suprotne rezultate.

Na temelju rezultata trogodišnjeg hidrogeološkog istraživanja procijenjena je prirodna ranjivost podzemnih voda krškog područja Parka prirode "Žumberak-Samoborsko gorje" temeljem Europskog pristupa te korištenjem Pojednostavljene metode (NGUYET & GOLDSCHEIDER, 2006) i modifikacijom COP metode (VÍAS et al., 2004, 2006).

Ovaj rad uspoređuje rezultate obje metode. Modificirana COP metoda pod klase umjerene, niske i vrlo niske ranjivosti smješta 63% površine terena istraživanja, dok Pojednostavljena metoda u iste klase smješta 79% površine istraživanja što i nije velika razlika. No, Pojednostavljena metoda je previše pojednostavljena te se gubi utjecaj gotovo svih parametara, a strogo naglašava utjecaj ponora i ponornica. Ta metoda ipak ima potencijala i u budućnosti bi ju trebalo znatnije modificirati kako bi dala točnije rezultate.

Modificirana COP metoda daje realne rezultate i ovdje se dokazala dobrom i primjenjivom metodom. Jasno izdvaja sva područja gdje je moguće direktno i brzo zagađenje podzemnih voda koja je nužno spriječiti kako bi se zaštitio resurs od vitalnog značaja-podzemna voda.

LITERATURA

NGUYET, V.T.M. & GOLDSCHEIDER, N. (2006): A simplified methodology for mapping groundwater vulnerability and contamination risk, and its first application in a tropical karst area, Vietnam.– Hydrogeology Journal, 14, 1666–1675, Berlin-Heidelberg.

VÍAS, J.M., ANDREO, B., PERLES, J.M., CARRASCO, F., VADILLO, I. & JIMENEZ, P. (2004): The COP method.– In : ZWAHLEN, F. (ed.): COST Action 620. Vulnerability and Risk Mapping for the Protection of Carbonate (Karstic) Aquifers. Final report COST Action 620. European Commission, Directorate-General for Research, 163–171, Brüssel-Luxemburg.

VÍAS, J.M., ANDREO, B., PERLES, J.M., CARRASCO, F. & VADILLO, I. (2006): Proposed method for groundwater vulnerability mapping in carbonate (karstic) aquifers: the COP method. Application in two pilot sites in Southern Spain.– Hydrogeology Journal, 14/6, 912–925, Berlin-Heidelberg.

Tracing the anthrophogenic effects on marine ecosystem with nitrogen stable isotope rations in particulate organic matter (Adriatic Sea, Croatia)

Praćenje antropogenih utjecaja na marinski ekosustav pomoću izotopa dušika u česticama organske tvari (Jadransko more, Hrvatska)

Petra Žvab Rožič[1], Tadej Dolenec[1], Sonja Lojen[2], Nastja Rogan Šmuc[1], Petra Vrhovnik[1], Živana Lambaša Belak[3], Goran Kniewald[4] & Matej Dolenec[1]

[1]University of Ljubljana, Faculty of Natural Sciences and Engineering, Department of Geology, Aškerčeva 12, 1000 Ljubljana, Slovenia

[2]Jožef Stefan Institute, Jamova 39, 1000 Ljubljana, Slovenia

[3]Šibenik-Knin County Administration, Vladimira Nazora 1, 22 000 Šibenik, Croatia

[4]Ruđer Bošković Institute, Bijenička 54, 10 000 Zagreb, Croatia

Key words: particulate organic matter, nitrogen ($d^{15}N$) isotope composition, anthropogenic effects, Adriatic Sea
Ključne riječi: čestice organske tvari, izotopni sastav dušika, antropogeni utjecaj, Jadransko more

Introduction

Numerous studies of stable isotopes, mainly nitrogen $d^{15}N$, of marine organisms were used to trace anthropogenic pollution in the Adriatic Sea (DOLENEC & VOKAL, 2002; DOLENEC et al., 2005, 2006a, 2006b, 2006c, 2007; ROGAN et al., 2007; ŽVAB et al., 2010). Coastal parts are exposed to the inputs of anthropogenic nitrogen from untreated domestic and municipal wastes of cities, marinas, tourist areas, camping sites as well as aquaculture activities. This study observed nitrogen isotopic measurements of particulate organic matter (POM) in the areas with various amounts of anthropogenic pollution in Central and Northern Adriatic Sea.

Materials and methods

Marine water was sampled for particulate organic matter (POM) from spring to autumn from 2005 to 2009. Sampling sites with different amounts of anthropogenic inputs were chosen. 10 liters of water was collected at about 1 m depth and filtered through glass fibre microfilters (GF/C, Whatman). In the laboratory, filters were freeze-dried and prepared for isotopic analyses. Nitrogen isotopic composition of samples was measured using a Europa 20–20 mass spectrometer.

Results and discussion

Particulate organic matter (POM) generally representing a mixture of phyto- and zooplankton, bacteria and detritus. Samples were collected manly in coastal areas with different amount of anthropogenic inputs. The nitrogen values of POM varied between –1.27‰ and +13.79‰, with a mean value of 4.84‰ and show significant $\delta^{15}N$ differences between unpolluted and polluted sites. Generally, the highest $\delta^{15}N$ values were measured in samples collected along the coastal areas around Murter Island, in the semi-enclosed Pirovac Bay and the Istra Peninsula. These areas are highly affected with dissolved faecal organic matter due to untreated human sewage derived mostly from towns and tourist centers. The $d^{15}N$ values collected around the fish farms at the Vrgada Island are also slightly elevated, varied between +1.40‰ and +6.80‰. These values are mainly the result of uneaten feed and fish feaces. The lowest values were measured in relatively unaffected areas of Kornati Island that present the natural variability of stable nitrogen isotope composition (reference sites).

Apart from geographic position, $d^{15}N$ values additionally show prominent temporal fluctuations within individual sites. For example, generally polluted areas occasionally show $d^{15}N$ values even lower than the values of reference sites. These, relatively large variations in nitrogen values of POM samples are referred to the rapid movement of floating material owing to the wind, current circulation and tides.

REFERENCES

DOLENEC, T. & VOKAL, B. (2002): Isotopic composition of nitrogen and carbon in *Anemonia sulcata* as a possible indicator of anthropogenic impacts on marine costal ecosystems of the Adriatic.– Materials and Geoenvironment, 49/4, 449–457.

DOLENEC, T., VOKAL, B. & DOLENEC, M. (2005): Nitrogen – 15 signals of anthropogenic nutrient loading in *Anemonia sulcata* as a possible indicator of human sewage impacts on marine coastal ecosystem s: a case study of Pirovac Bay and the Murter Sea (Central Adriatic).– Croat. Chem. Acta, 78/4, 593–600.

DOLENEC, T., LOJEN, S., LAMBAŠA, Ž. & DOLENEC, M. (2006a): Effects of fish farm loading on sea grass *Posidonia oceanica* at

Vargada Island (Central Adriatic): a nitrogen stable isotope study.– Isot. Environ. Health Studies, 42/1, 77–85.

DOLENEC, T., LOJEN, S., DOLENEC, M., LAMBAŠA, Ž., DOBNIKAR, M. & ROGAN, N. (2006b): ^{15}N and ^{13}C enrichment in *Balanus perforatus*: tracers of municipal particulate waste in tha Murter Sea (Central Adriatic, Croatia).– Acta Chim. Slov., 53, 469–476.

DOLENEC, T., LOJEN, S., KNIEWALD, G., DOLENEC, M. & ROGAN, N. (2006c): $\delta^{15}N$ of particulate organic matter and *Anemonia sulcata* as a tracer of sewage effluent transport in the marine costal ecosystem of Pirovac Bay and the Murter Sea (Central Adriatic).– Materials and Geoenvironment, 53/1, 1–13.

DOLENEC, T., LOJEN, S., KNIEWALD, G., DOLENEC, M. & ROGAN, N. (2007): Nitrogen stable isotope composition as a tracer of fish farming in invertebrates *Aplysina aerophoba*, *Balanus perforatus* and *Anemonia sulcata* in central Adriatic.– Aquaculture, 262, 237–249.

ROGAN, N., DOLENEC, T., LOJEN S., LAMBAŠA, Ž. & DOLENEC, M. (2007): ^{15}N signal of *Aplysina aerophoba* as a tracer of anthropogenic nitrogen in the Murter Sea and Pirovac bay (central Adriatic).– Materials and Geoenvironment, 54/1, 63–76.

ŽVAB, P., DOLENEC, T., LOJEN S., KNIEWALD, G., VODOPIJA, J., LAMBAŠA BELAK, Ž. & DOLENEC, M. (2010): Use of stable nitrogen ($\delta^{15}N$) isotopes in food web of the Adriatic Sea, Croatia.– Materials and Geoenvironment, 57/1, 41–52.

Environmental impacts of aquaculture activity: the case study of fish farm near Vrgada Island (Central Adriatic, Croatia)

Utjecaj akvakulture na okoliš: utjecaj ribogojilišta blizu otoka Vrgade (Središnje Jadransko More)

Petra Žvab Rožič[1], Vatroslav Karamarko[2], Branimir Baždarić[2], Goran Kniewald[3], Matej Dolenec[1] & Tadej Dolenec[1]

[1]University of Ljubljana, Faculty of Natural Sciences and Engineering, Department of Geology, Aškerčeva 12, 1000 Ljubljana, Slovenia
[2]Dalmar d.o.o., Jadranska cesta 4, Pakoštane, Croatia
[3]Ruđer Bošković Institute, Bijenička 54, 10 000 Zagreb, Croatia

Key words: environmental impacts, aquaculture activity, Vrgada Island, Central Adriatic Sea
Ključne riječi: utjecaj na okliš, akvakultura, otok Vrgada, Središnje jadransko more

Introduction

Intensive aquaculture activity has increased greatly during the last decades and is becoming increasingly problematic in marine coastal environments. Many studies show intensive aquaculture activity can negatively affect surrounding ecosystem; i.e. numerous benthic communities as well as sediment and water chemical conditions (PERGENT et al., 1999; MIRTO et al., 2002; SARA et al., 2004; DOLENEC et al., 2006, 2007; and many others). The main outputs that affect the ecosystem around farms are uneaten feed, feaces, excreted metabolic wastes and medicines (DEAN et al., 2007). In this study, the nitrogen isotope composition and heavy metal concentrations were used to observe the influence of fish farming on different parts of adjacent costal ecosystem.

Materials and methods

The study was carried on fish farms located near Vrgada Island in Central Adriatic where seabream and seabass are produced. For isotope analysis numerous organisms around farms were collected; plankton, POM, benthic organisms and fishes. Nitrogen isotope composition was measured with a Europa 20–20 mass spectrometer.

Heavy metals were measured in sediment at three different distances regarding to the fish cages. Two sampling sites were positioned below and in the close vicinity of the fish cages. The third site was located some tens meters away from the farm and presented the reference site. Samples were collected by scuba diving at depth of about 20 m with plastic corers (ϕ = 10cm). All sediment samples were analysed for major, minor, trace elements and REEs in ACMELAB (Acme Analytical Laboratories, Vancouver, Canada).

Results and discussion

With aim to assess the impact of selected fish farms on surrounding ecosystem various organisms, from primary producers to higher consumers, were sampled. The same samples were collected also in other areas with different levels of anthropogenic pollution. For the reference site the Kornati Islands were chosen where the amount of anthropogenic input is negligible. Contrary, the semi-enclosed Pirovac bay as well as coastal areas around Murter Island and along Istra Peninsula present the areas of high pollution due to untreated domestic, municipal and industrial wastes from towns, marinas, tourist areas and camping sites.

Almost identical pattern of $d^{15}N$ signal was observed in all sampled organisms. Generally, the highest $d^{15}N$ enrichment was detected in samples collected in Pirovac bay, coastal areas around Murter Island and along Istra Peninsula. The lowest $d^{15}N$ values were measured in samples at reference locations, away from pollution sources. Nitrogen $d^{15}N$ values around fish farm activities near Vrgada Island were also elevated regarding to the reference site but still lower as in higher polluting coastal areas.

Heavy metals were measured in sediment collected in different distances from fish cages. The results show the decrease of values of all measured metals with the distance of the fish farming activity. Otherwise, heavy metals are evidently lower in all locations comparing to mean concentrations of the Adriatic Sea (DOLENEC et al., 1998). This indicates that the negative influence of aquaculture activity on marine environment is minor and limited to areas located directly below the farms.

REFERENCES

DEAN, R.J., SHIMMIELD, T.M. & BLACK, K.D. (2007): Cooper, zinc and cadmium in marine cage fish farm sediments: An extensive survey.– Environmental Pollution, 145, 84–95.

DOLENEC, T., FAGANELI, J. & PIRC, S. (1998): Major, Minor and Trace Elements in Surficial Sediments from the Open Adriatic

Sea: A Regional Geochemical Study.– Geologia Croatica, 51/1, 59–73.

DOLENEC, T., LOJEN, S., LAMBAŠA, Ž. & DOLENEC, M. (2006): Effects of fish farm loading on the sea grass Posidonia oceanica at Vrgada Island (Central Adriatic): a nitrogen stable isotope study.– Isotopes in Environmental and Health Studies, 42, 77–85.

DOLENEC, T., LOJEN, S., KNIEWALD, G., DOLENEC, M. & ROGAN, N. (2007): Nitrogen stable isotope composition as a tracer of fish farming in invertebrates Aplysina aerophoba, Balanus perforatus and Anemonia sulcata in Central Adriatic.– Aquaculture, 262, 237–249.

MIRTO, S., LA ROSA, T., GAMBI, C., DANOVARO, R. & MAZZOLA, A. (2002): Nematode community response to fish-farm impact in the western Maditerranean.– Environmental pollution, 116, 203–214.

PERGENT, G., MENDEZ, S., PERGENT-MARTINI, C. & PASQUALINI, V. (1999): Preliminary data on the impact of fish farming facilities in Posidonia oceanica meadows in the Mediterranean.– Oceanologica Acta, 22, 95–107.

SARA, G., SCILIPOTI, D., MAZZOLA, A. & MODICA, A. (2004): Effects of fish farming waste to sedimentary and particulate organic matter in a southern Mediterranean area (Gulf of Castellammare, Sicily): a multiple stable isotope study ($d^{13}C$ and $d^{15}N$).– Aquaculture, 234, 199–213.

Speleološki objekti kao dio hrvatske geobaštine

Karst caves – a part of Croatia's geoheritage

Neven Bočić

Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geografski odsjek, Zavod za fizičku geografiju, Marulićev trg 19/II, Zagreb, Hrvatska
(nbocic@geog.pmf.hr)

Ključne riječi: speleološki objekti, Dinarski krš, geobaština, zaštita prirode, speleologija, Hrvatska
Key words: caves, Dinaric karst, geoheritage, nature protection, speleology, Croatia

Baština, pojednostavljeno, obuhvaća prirodne i kulturne vrijednosti nekog područja koje trebaju biti sačuvane za buduće generacije. Najvažnije društvene aktivnosti usmjerene na baštinu su njeno prepoznavanje, istraživanje, zaštita i promidžba. Vrijednosti prirodne baštine obuhvaćaju živu i neživu komponentu, a njezina zaštita provodi se različitim formalnim, ali i neformalnim metodama. Nažalost, zaštita neživih prirodnih vrijednosti – georaznolikosti danas je, kao društvena potreba, znatno manje naglašena od potrebe zaštite živog svijeta – bioraznolikosti. Posebno je to naglašeno u zaštiti krša i njegovog podzemlja jer se, u smislu zaštite, o speleološkim objektima sve više govori samo kao o staništu.

Speleološki objekti (špilje i jame) su oblici podzemne krške geomorfologije. Nastali su specifičnim procesima u određenim uvjetima krške geomorfologije i hidrogeologije. Oni predstavljaju različite, često zanimljive i rijetke oblike koji čuvaju tragove prirodnih uvjeta koji su vladali tijekom njihova nastanka i razvoja te su kao takvi važna komponenta geobaštine.

U okviru rada kritički se sagledava sadašnje stanje zaštite speleoloških objekata u Hrvatskoj kao dijela geobaštine u kršu. Trenutno su u RH ukupno zaštićena 42 pojedinačna speleološka lokaliteta, od kojih je najveći dio geomorfoloških spomenika prirode. Najviše su sporni kriteriji proglašavanja špilja i jama kao zaštićenih lokaliteta jer je analiza pokazala da se među zaštićenim lokalitetima nalaze špilje i jame koje nemaju potrebne vrijednosti, a s druge strane nisu zaštićene one špilje i jame koje imaju veliku vrijednost i visok stupanj ugroze. Također je utvrđeno da je oko 1800 speleoloških objekata zaštićeno u okviru zaštićenih područja (NP i PP). Naglašava se da je danas zaštita prirode, a posebno speleoloških objekata uglavnom usmjerena na zaštitu žive prirode; krško podzemlje se zaštićuje kao stanište, a ne kao dio geobaštine. To se potvrđuje i uvidom u zakonsku regulativu.

U radu se naglašavaju različiti aspekti vrijednosti špilja i jama (intrinzična, znanstvena, estetska, edukativna i rekreativna). Posebno se naglašavaju geoznanstveni aspekti vrijednosti špilja i jama (geomorfološki – makro, mezo i mikro, geološko-petrografski, mineraloški, sedimentološki, hidrografsko-hidrogeološki, klimatološki, paleontološki, geoarheološki i dr.). Ukazuje se na ukupnost svih prirodnih, a i kulturnih vrijednosti speleoloških objekata te potrebe njihove zaštite. Prikazani su i osnovi tipovi (mehanički – destrukcija, mehanički – konstrukcija, kemijski, fizikalni, biološki) i načini (direktno i indirektno) ugroze speleoloških objekata te izvori tih ugroza.

Ukazuje se na neke probleme zaštite krša i njegovog podzemlja te se daju preporuke za njegovu kvalitetniju zaštitu. Naglašava se da je za kvalitetnu zaštitu potrebno provoditi istraživanje, neposredno prepoznavanje vrijednosti, inventarizaciju, vrednovanje te određivanje prioriteta i stupnjeva zaštite. U tom procesu je neophodna suradnja državnih institucija, speleologa, speleoloških udruga, znanstvenih institucija i drugih stručnjaka. Radi kvalitetnije zaštiti predlažu se i kriteriji vrednovanja speleoloških objekata s geoznanstvenog aspekta: morfometrija, položaj i uvjeti nastanka; raznolikost, brojnost i rijetkost speleothema, speleogena i drugih geomorfoloških i geoloških pokazatelja georaznolikosti; stupanj potencijalne i postojeće ugroze; drugi geoznanstveni značaj; geoestetika; edukativni značaj. U radu se posebno naglašava važnost istraživanja speleoloških objekata te uloga speleologa-amatera u procesu istraživanja, vrednovanja i zaštite speleoloških objekata u Hrvatskoj.

Razvoj podzemnih i površinskih oblika na prostoru krške zaravni

Morphogenesis of the underground and surface forms in the area of the karst plateau

Neven Bočić

Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geografski odsjek, Zavod za fizičku geografiju, Marulićev trg 19/II, Zagreb, Hrvatska
(nbocic@geog.pmf.hr)

Ključne riječi: Dinarski krš, geomorfologija krša, krška zaravan, fluviokrš, speleološki objekti, speleogeneza, Hrvatska
Key words: Dinaric karst, karst geomorphology, karst plateau, fluviokarst, caves, speleogenesis, Croatia

Krške zaravni, uz polja u kršu, predstavljaju najveće oblike reljefa u kršu, a odlikuju se složenim poligenetskim i polifaznim nastankom. U smislu sitnog mjerila to su velike, slabo raščlanjene zaravnjene površine dok u krupnom mjerilu i ovi oblici mogu biti znatno raščlanjeni. Zaravni se u Dinarskom kršu pojavljuju kao velike samostalne zaravni, kao dijelovi zavala polja u kršu te kao manji, tektonski izdignuti fragmenti nekada većih zaravni. U Hrvatskom dijelu Dinarskog krša egzistiraju tri velike zaravni (Istarska, Karlovačka i Sjevernodalmatinska) s ukupnom površinom od oko 4000 km^2 što je oko 7% kopnene površine RH tj. preko 14% površine hrvatskog krša.

Dosadašnja istraživanja geomorfologije krških zaravni uglavnom su bila usmjerena na procese i vrijeme nastanka samih zaravni. S obzirom na dominantne egzomorfološke procese ova istraživanja se mogu svrstati u erozijske, korozijske i abrazijske teorije dok se vremenske odrednice nastanka zaravni kreću od mezozoika do pleistocena. Ovo istraživanje usmjereno je na morfogenezu površinskih i podzemnih oblika na području Slunjske zaravni u hrvatskom dijelu Dinarskog krša

Područje Slunjske zaravni dio je prostrane Karlovačke (ili tzv. Unsko – koranske) zaravni koja se prostire između Dinarskog gorskog sustava na jugozapadu i Panonskog bazena na sjeveroistoku. Istraživano područje izduženo je dinarskim pravcem, površine oko 336 km^2, a najveći dio nalazi se na visini 250–400 m. Glavni tok i erozijska baza najvećeg dijela istraživanog područja je rijeka Korana. Najstarije stijene su pješčenjaci perma, a cijelo područje je najvećim dijelom izgrađeno od karbonatnih stijena mezozojske karbonatne platforme koje su mjestimično transgresivno pokrivene jezerskim i aluvijalnim naslagama miocenske, pliocenske i kvartarne starosti. Glavne strukture i rasjedi imaju dinarsko pružanje. Pod utjecajem neotektonskih pokreta i promjene orijentacije stresa trase rasjeda su svijene, a izraženija je postala desna horizontalna komponenta pomaka.

U postmiocenskom razdoblju na razvoj reljefa značajan utjecaj imala je denudacija neogenskih klastita i postepena ekshumacija karbonatne podine. Tijekom tog procesa površina krškog reljefa se povećavala na račun prostora s fluviodenudacijskim reljefom. To je dovelo do razvoja brojnih krških oblika (ponikava, grižina, uvala), ali i okršenih ostataka površinske paleohidrografske mreže (suhih i slijepih dolina). U takvim uvjetima razvili su se brojni speleološki objekti (103 registrirana) među kojima dominiraju špilje, dok se jame pojavljuju uglavnom u područjima izdignutih morfostruktura. Neotektonski pokreti su uzrokovali izdizanje čitavog područja te kompenzacijsko usijecanje toka rijeke Korane s prosječnom dubinom ureza od oko 50 m čija vrijednost predstavlja recentnu visinsku razliku od erozijske baze za najveći dio zaravni.

Razrada gustoća ponikava krških područja u sklopu izrade OIGK

The analysis of sinkhole densities in karstic areas for the basic engineering geologic map

Iris Bostjančić, Vlatko Gulam, Laszlo Podolszki & Hrvoje Burić

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

Ključne riječi: ArcGIS, karta gustoća ponikava, kvaliteta stijenske mase, osnovna inženjerskogeološka karta
Key words: ArcGIS, sinkhole density map, rock mass quality, basic engineeering geologic map

Uvod

Krški krajobraz vrlo često karakterizira pojava morfoloških oblika koje nazivamo ponikve ili vrtače. To su ljevkasta udubljenja na površini krškog terena, okruglastog ili izduženog tlocrtnog oblika. Najčešće nastaju na presjecištu jače izraženih lomova ili sustava diskontinuiteta. Ta je činjenica vrlo važna u inženjerskogeološkim razmatranjima, jer je zbog toga područje ponikve znatno oslabljeno u usporedbi s okolnom stijenskom masom. Zbog toga se u ovom radu razmatra gustoća ponikava i njena povezanost s drugim geološkim faktorima u krškom području lista Ogulin OIGK M 1:100.000. Kartu gustoća ponikava moguće je koristiti i pri hidrogeološkoj kategorizaciji onih područja u kojima je u izrazitom skladu s hidrogeološkom funkcijom terena (ŠARIN & HRELIĆ, 1984). Podloge koje su pružile potrebne ulazne podatke za izradu karte gustoće ponikava su topografske karte Republike Hrvatske M 1:25.000. Geološke podloge za izradu OIGK su Osnovna geološka karta Republike Hrvatske lista Ogulin (VELIĆ et al., 1980) M 1:100.000 i pripadajući tumač (VELIĆ et al., 1980a).

Metode istraživanja

Geološke jedinice lista Ogulin podijeljene su u tri kategorije: pokrivač, klastiti i karbonati. Ta je podjela napravljena u svrhu izdvajanja karbonatnih jedinica, jer u njima možemo i očekivati pojavu ponikava. Iz pregledne tektonske karte u tumaču za list Ogulin su izdvojeni rasjedni sustavi (njih 5) koji definiraju glavne tektonske jedinice (njih 6). Oko tih pet glavnih rasjednih sustava su izdvojene i zone različite udaljenosti od rasjeda kako bi se istražio njihov utjecaj na gustoću ponikava. Postoji više načina definiranja granica ponikava (TELBISZ et al., 2009): topografska metoda, volumna metoda, metoda slivova, a u ovom radu je svakoj ponikvi pridružena točka. Za dobivanje karte gustoća ponikava korištena je jedna od GIS prostornih analiza (softver ArcGIS) (Point Density) koja se temelji na metodi susjedstva. Na taj način dobivene su vrijednosti po jedinici površine, izračunate za sve točke koje padaju unutar definiranog radijusa oko svake ćelije izlaznog grida. Ukupno je izbrojeno 63391 ponikava na području površine 1455,57 km^2. Na karti gustoće ponikava izdvojeno je slijedećih 5 kategorija/razreda (PAHERNIK, 2000): vrlo mala gustoća – < 10 ponikava/km^2, mala gustoća – 10–40 ponikava/km^2, srednja gustoća – 40–70 ponikava/km^2, velika gustoća – 70–100 ponikava/km^2, vrlo velika gustoća – > 100 ponikava/km^2. Prema takvoj kategorizaciji najveću površinu promatranog područja, 513.56 km^2, zauzimaju ona sa malom gustoćom ponikava. Razred vrlo velike gustoće ponikava pokriva 114.31 km^2, a površina od 284.78 km^2 je u razredu sa gustoćom ponikava manjom od 10.

Praktična primjena karte gustoće ponikava

Prilikom probijanja tunela Mala Kapela na dionici autoceste Josipdol-Mala Kapela kod stacionaže 8+610 km dana 25. listopada 2002. godine dogodilo se urušavanje svoda tunela. Inženjerskogeološka istraživanja provedena prije početka radova na probijanju tunela uključivala su i izradu karte gustoće ponikava. Na gore navedenoj stacionaži gustoća ponikava se kretala u rasponu od 100 do 200 ponikava na km^2 što je na toj dionici bila i najveća vrijednost gustoće. Taj podatak je upućivao na postojanje opasnosti od upravo ovakvih događaja, što je u kombinaciji s tankim nadslojem i rezultiralo propadanjem svoda tunela.

Diskusija i zaključak

Nastanak ponikava obično se veže uz postojanje razlomljenih zona, cirkuliranje vode kroz te zone, te kemijsko i mehaničko trošenje. Iako su navedeni čimbenici najvažniji postoje i drugi, a neki od njih su razmatrani i u okviru ovog rada. To su stratigrafska pripadnost, nagib padine, nadmorska visina, litologija, te udaljenost od glavnih rasjeda. Prostorne analize podataka na području lista Ogulin su pokazale da se za dotični list najveća gustoća ponikava nalazi u okviru krednih karbonatnih naslaga, a najmanja u području trijaskih vapnenaca i dolomita. Nadalje, najveću gustoću ponikava imaju padine s nagibom 5–12°, dok ponikve uopće nisu uočene na padinama nagiba većeg od 55°. Što se pak tiče nadmorske visine, najveću gustoću ponikava imaju područja od 500 do 1000 m n.m, a najmanju ona s visinom manjom od 200 m n.m. Iz veze gustoće ponikava s litologijom se jasno

vidi da najviše ponikvi ima u karbonatnim terenima, a najmanje u terenima prekrivenim klastičnim nevezanim sedimentom. Zadnja prostorna analiza obuhvaćala je odnos gustoće ponikava s udaljenošću od glavnih rasjednih zona. Ona je pokazala da se gustoća ponikava bitno ne mijenja s obzirom na različite udaljenosti od rasjeda. Ono što vjerojatno utječe na gustoću ponikava je kvaliteta stijenske mase. Sa stanovišta inženjerske geologije, veća gustoća ponikava upućuje na slabiju kvalitetu stijenske mase, što je potkrijepljeno primjerom propadanja svoda tunela Mala Kapela. Navedeni primjer je dobra ilustracija nužnosti izrade analize gustoća ponikava za inženjerske potrebe. Treba reći da su takve analize relativno jeftine i mogu se provoditi na topografskim podlogama vrlo različitih mjerila i za različite namjene. Isto tako, treba biti svjestan da su analize gustoće ponikava samo indikativne prirode i mogu predstavljati samo dopunu cjelokupnih inženjerskogeoloških istraživanja koja se trebaju provoditi u krškim područjima. To znači da ona samo upućuje na možebitna problematična mjesta i ne može zamijeniti prihvaćene metode kategorizacije stijenske mase (GSI, RMR, Q, itd.) u višim fazama projektiranja.

LITERATURA

PAHERNIK, M. (2000): Prostorni raspored i gustoća ponikava SZ dijela Velike Kapele – rezultati računalne analize susjedstva.– Geoadria, 5, 105–120.

ŠARIN, A. & HRELIĆ, Đ. (1984): Ocjena hidrogeoloških svojstava karbonatnih naslaga na temelju gustoće ponikava u niskom i dijelu visokog krša Hrvatske.– VII. Jugoslavenski simpozij Budva, Knjiga 1, 117–125.

TELBISZ, T., DRAGUšICA, H. & NAGY, B. (2009): Morfometrijska anliza ponikava i krških reljefnih oblika Biokova (Hrvatska) temeljena na digitalnoj analizi reljefa i terenskom istraživanju.– Hrvatski geografski glasnik, 71/2, 5–22.

VELIĆ, I., SOKAČ, B., GALOVIĆ, I., MARKOVIĆ, S., BUKOVAC, J., ŠUŠNJAR, M., SIKIRICA, V., SAVIĆ, D. & KOROLIJA, B. (1980): Osnovna geološka karta za list Ogulin M 1:100.000.– Geološki zavod – OOUR za geologiju i paleontologiju, Zagreb.

VELIĆ, I., SOKAČ, B. & ŠĆAVNIČAR, B. (1980): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. Tumač za list Ogulin L33-103.– Geološki zavod, Zagreb, 1–46.

Hidrogeološke značajke zaštićenog područja prirode Slunjčica i mogućnosti zaštite riječnih staništa

Hydrogeological characteristics of the protected natural area Slunjčica and possibilities for riverine habitats protection

Marina Trpčić & Nikola Pletikosić

Speleološki klub "Ozren Lukić", Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: rijeka Slunjčica, zaštićeno područje, hidrogeološke značajke, antropogeni utjecaji, geološko kartiranje, karta ranjivosti, zaštita ugroženih riječnih staništa
Key words: Slunjčica River, protected area, hydrogeological characteristics, anthropogenic influence, geological mapping, vunerability map, riverine habitats protection

Uvod

Rijeka Slunjčica nalazi se u središnjem dijelu Karlovačke županije, izvire 5 km južno od grada Slunja na 240 m n.m. i nakon 6 km toka prema sjeveru ulijeva se u 30 m nižu Koranu preko razgranatog slapišta u Rastokama.

Zbog svoje krajobrazne vrijednosti rijeka Slunjčica zaštićena je 1964. godine u kategoriji značajnog krajobraza (Rješenje Zavoda za zaštitu prirode br. 24/1–1964 od 17. siječnja 1964.). Zaštićeno područje obuhvaća cijeli tok Slunjčice i 1 km Korane nizvodno od mosta u Rastokama. Naknadnim vrednovanjem utvrđena je važnost Slunjčice i za očuvanje biološke raznolikosti te je ona uvrštena u Nacionalnu ekološku mrežu i prijedlog EU ekološke mreže NATURA 2000 (DUPLIĆ et al., 2008). Zaštićenim područjem upravlja Javna ustanova za upravljanje zaštićenim prirodnim vrijednostima Karlovačke županije koja od 2005. godine pokreće niz projekata s ciljem adekvatne zaštite i upravljanja Značajnim krajobrazom Slunjčica, odnosno istim područjem kao dijelom ekološke mreže. U sklopu redovnog poslovanja Javna ustanova dužna je donijeti Plan upravljanja zaštićenim područjem i pojedine akcijske planove zaštite prirodnih vrijednosti. Riječ je o zahtjevnom i dugotrajnom procesu jer je čitavo područje izuzetno ranjivo zbog brojnih postojećih utjecaja, posebice zbog neposredne blizine naselja i frekventne prometnice (D1, tzv. Lička magistrala: Karlovac-Slunj-Split).

Godine 2009. u okviru projekta Javne ustanove "Akcijski plan zaštite ugroženih staništa u području ekološke mreže Slunjčica" provedena su preliminarna speleološka i hidrogeološka istraživanja te geološko kartiranje dijela utjecajnog i potencijalno utjecajnog područja na tok Slunjčice, odnosno ugrožena riječna staništa i vrste.

Očuvanje krajobraznih vrijednosti i bioraznolikosti nije jedini smisao zaštitnih aktivnosti u području Slunjčice. Naime, istraživanje nultog stanja u okolišu i sve posljedične odluke važni su i za zaštitu vode kao resursa, odnosno ljudskog zdravlja. Trenutno je u funkciji površinski zahvat na rijeci Slunjčici kapaciteta 50l/s, izveden kilometar uzvodno od Slunja koji služi za vodoopskrbu grada i okolice. U planu je napuštanje toga zahvata, upravo zbog otežane zaštite toka rijeke do vodozahvata uslijed svih postojećih utjecaja (KOVAČEVIĆ, 2005). Do uvođenja novog rješenja vodoopskrbe potrebno je ograničiti i eventualno smanjiti opasnost od zagađenja vodonosnika, za što je potrebna suradnja svih relevantnih sektora: upravnog, vodnogospodarskog, sektora zaštite prirode te stručnog i znanstvenog sektora.

Geološke i hidrogeološke značajke zaštićenog područja

Izvor Slunjčice je krški uzlazni izvor koji se pojavljuje u graničnoj zoni plitkog i dubokog krša, uz rasjedni kontakt srednje-trijaskih dolomita u sjeveroistočnom izdignutom krilu i donjokrednih vapnenaca u jugozapadnom krilu reversnog rasjeda (KOROLIJA et al., 1981). Minimalna izdašnost izvora je oko 400 l/s. Trasiranjem je utvrđena podzemna veza s ponorom potoka Rakovica te s ponorom Ličke Jesenice, a ne isključuje se niti veza s ponornom zonom Korane nizvodno od Plitvičkih jezera (KOVAČEVIĆ, 2005).

Nizvodno od izvora Slunjčica prima manje pritoke s jugoistoka, iz pukotinskih izvora u trijaskim dolomitima (izvor Šušnjar, potok Pećina te brojni manji izvori i povremeni tokovi). Još sjevernije, u području jurskih vapnenaca, također ima nekoliko izvora i vezanih tokova koji mjestimično poniru i teku podzemno te voda ponovno izvire u blizini obale Slunjčice i putem manjih korita dospijeva u rijeku.

U dolomitima trijasa i malma dolina Slunjčice je duboka, ali s relativno blago položenim stranama, dok u donjokrednim vapnencima bliže Slunju poprima gotovo kanjonski karakter s brojnim "travertinskim kaskadama" (KOVAČEVIĆ, 2005).

Analiza osjetljivosti vodonosnika i mogućnosti zagađenja rijeke Slunjčice obzirom na postojeće antropogene utjecaje

Tijekom terenskih istraživanja u okviru projekta "Akcijski plan zaštite ugroženih staništa u području ekološke mreže

Slunjčica" evidentirane su hidrogeološke pojave koje su u neposrednom kontaktu s tokom Slunjčice (izvori i pritoke), kao i one koje mogu biti podzemno vezane na tok (ponori, speleološki objekti) te je na 39 lokacija prijenosnim uređajima izmjereno nekoliko osnovnih parametara kvalitete vode (temperatura, pH, elektrovodljivost, ukupna mineralizacija, redoks potencijal) i temperatura zraka.

U zaštićenom području i neposrednom utjecajnom okolišu locirana su divlja odlagališta, uz procjenu volumena i vrste odloženog otpada. Obuhvaćeno je područje s obje strane kanjona Slunjčice koje uglavnom odgovara II. zoni zaštite vodocrpilišta. Inventarizacija speleoloških objekata u utjecajnom i potencijalno utjecajnom području provedena je radi pripreme predstojećih ciljanih istraživanja čija je svrha evidentiranje objekata s hidrološkom funkcijom koji predstavljaju privilegirane putove onečišćenja do Slunjčice. Na temelju rekognosciranja ulaznih dijelova u tri speleološka objekta zabilježeno je odlaganje veće količine otpada.

Radi preciznijeg određivanja zona veće i manje propusnosti, u prvoj fazi provedeno je geološko kartiranje dijela zaštićenog područja u mjerilu 1:10.000. Isto se predviđa za ostatak područja značajnog krajobraza u nastavku priprema za donošenje Plana upravljanja. Sastavni dio toga dokumenta biti će karta ranjivosti zaštićenog područja prirode Značajni krajobraz Slunjčica s izdvojenim zonama određenog stupnja rizika za prirodna staništa i vrste, izrađena na osnovu analize prikupljenih podataka i svih utjecajnih faktora (TRPČIĆ et al., 2009).

Podaci prikupljeni tijekom istraživanja 2009. godine ukazuju na relativno dobro stanje voda u zaštićenom području, obzirom na postojeće antropogene utjecaje i evidentirane izvore zagađenja. Najveći problemi koji su postavljeni pred sektor zaštite prirode, a predstavljaju i opasnost za vodoopskrbni sustav na Slunjčici su neadekvatno zbrinjavanje otpadnih voda iz kućanstava putem septičkih jama s propusnim dnom, divlja odlagališta i poljoprivredne površine uz Slunjčicu te prometnica D1 koja dijelom prolazi uz samu granicu značajnog krajobraza i vrlo blizu toka rijeke. Na temelju in situ analiza pritoke 700 m nizvodno od ušća Slunjčice u Koranu pretpostavljeno je da dio postojećeg kanalizacijskog sustava grada Slunja opterećuje vode Korane u krajnjem sjeverozapadnom dijelu značajnog krajobraza. Adekvatna zaštita voda Slunjčice svakako podrazumijeva i istraživanje utjecaja iz vezanih ponornih zona u područjima Ličke Jesenice i Rakovice, a otkriveno je i više speleoloških objekata koji bi mogli biti hidrodinamički vezani za tok rijeke. Stoga će se navedena područja uvrstiti u planove zaštite ugroženih riječnih staništa i vrsta.

LITERATURA

DUPLIĆ, A., FABRIO, K., PLAVAC, I., POSAVEC-VUKELIĆ, V., RADOVIĆ, J., TOPIĆ, R. & ZWICKER, G. (2008): Značajni krajobraz Slunjčica – stručna podloga sa smjernicama za upravljanje zaštićenim područjem.– Državni zavod za zaštitu prirode, Zagreb.

KOROLIJA, B., ŽIVALJEVIĆ, T. & ŠIMUNIĆ, A. (1981): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, list Slunj L 33-104.– Institut za geološka istraživanja – Zagreb (1972), Geološki zavod – Sarajevo (1968), Savezni geološki zavod, Beograd.

KOROLIJA, B., ŽIVALJEVIĆ, T. & ŠIMUNIĆ, A. (1981): Tumač za Osnovnu geološku kartu SFRJ 1:100.000, list Slunj.– Institut za geološka istraživanja Zagreb (1972), Geološki zavod – Sarajevo (1968), Savezni geološki zavod, 47 str., Beograd.

KOVAČEVIĆ, A. (2005): Hidrogeološke značajke Karlovačke županije.– Magistarski rad. Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.

TRPČIĆ, M., PRESEČKI, F., PETIKOSIĆ, N. & ŠUICA, N. (2009): Terenska istraživanja i druge aktivnosti u okviru projekta "Akcijski plan zaštite ugroženih staništa u području ekološke mreže Slunjčica".– Speleološki klub "Ozren Lukić", Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb.

Sanacija kaverne i izgradnja mosta u kaverni u tunelu "Vrata" na autocesti Zagreb – Rijeka

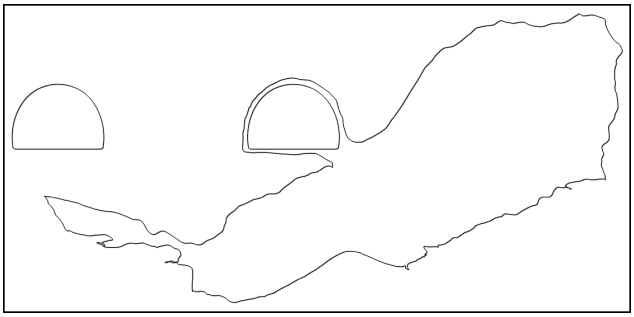
Remediation and construction of the bridge in cavern in the tunnel "Vrata" on the highway Zagreb – Rijeka

Mladen Garašić

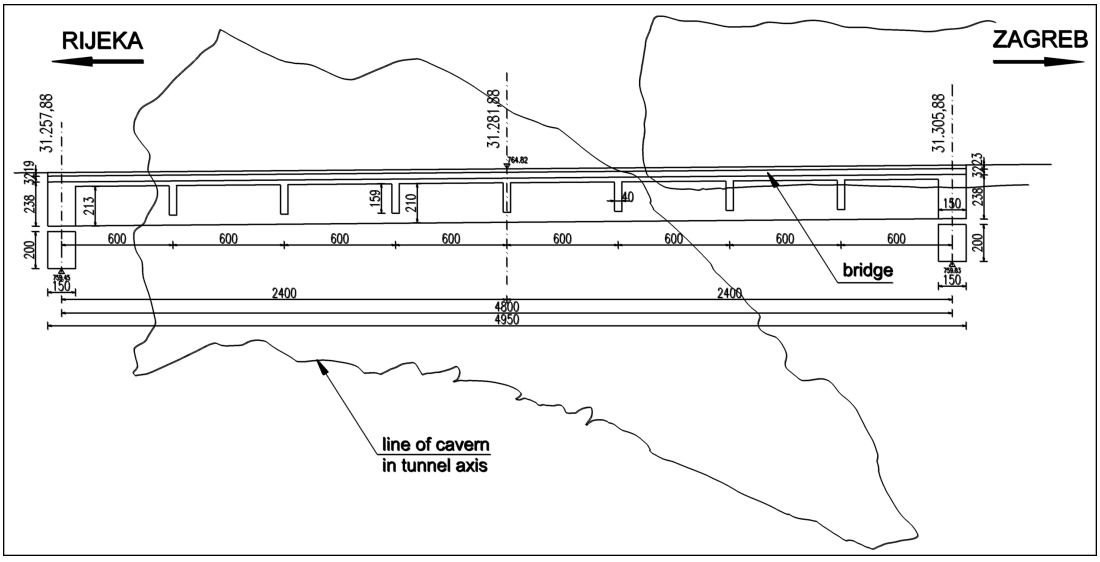
Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, Zagreb, Hrvatska i Hrvatski speleološki savez, Nova Ves 66, Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: tuneli, speleologija, kaverne, krš, Hrvatska
Key words: Tunnels, Speleology, Cavern, Karst, Croatia

Za potrebe izgradnje druge cijevi tunela "Vrata" na autocesti Zagreb-Rijeka, od listopada 2006. do listopada 2008. godine obavljana su dodatna speleološka istraživanja u novootkrivenoj kaverni, koja je nabušena 15. rujna 2006. Osim speleoloških provedena su opsežna geološka, hidrogeološka, inženjerskogeološka i geotehnička istraživanja i ispitivanja radi izrade projekta za sigurnu sanaciju kaverne. Radovi su se sastojali od detaljnog speleološkog istraživanja i preciznog snimanja, izrade detaljnih panoramskih foto i video zapisa kompletnog svoda kaverne iz kojih se izradila detaljna inženjerskogeološka karta stropa kaverne (GARAŠIĆ, 2009). Primarni ulaz u kavernu dimenzija 1,70 × 2,25 metara, bio je nepravilnog, pravokutnog oblika nakon miniranja i proširenja 15. rujna 2006. godine. To je bio ulaz u kavernu s desne (jugoistočne) strane tunela gledajući prema čelu tunela koje je bušeno u smjeru Rijeke. Nekoliko dana kasnije, tj. 21. rujna 2006. godine, ulaz je miniranjem još proširen na dimenzije 4,35 × 3,20 metara te je dobio nepravilni i eliptičan oblik. Sjeverni (primarni) ulaz u kavernu smješten je u tunelu "Vrata" (desna, južna tunelska cijev) na stacionaži



Slika 1. Poprečni presjek kaverne i tunela "Vrata".
Figure 1. Profile of cavern and tunnel "Vrata".



Slika 2. Uzdužni profil tunela s mostom u kaverni.



Slika 3. Kaverna s otvorima tunela.
Figure 3. Cavern with tunnel entrances.



Slika 4. Gradnja mosta u kaverni.
Figure 4. Buliting of bridge in cavern.

km 31+292 na nadmorskoj visini od 764 m n.m., na trasi autoceste Zagreb – Rijeka, dionica Oštrovica – Vrata, kod Fužina u Gorskom kotaru (Slika 1, Slika 2).

Stijene u kojima je formirana kaverna pripadaju gornjotrijaskim dolomitima (T_3) čija debljina slojeva varira između 15 i 75 cm. Dolomiti su svjetlo do tamnosive boje, a ponegdje se između slojeva zamjećuju smeđi proslojci karbonatnog kalcitnog veziva. U neposrednoj blizini i u samom speleološkom objektu, nagib karbonatnih naslaga (dolomita) iznosi između 15° i 20°, a smjer nagiba im je prema jugu i jugozapadu (od 180° do 225°). Prema klasifikaciji RMR stijene u kojima je formirana jama mogu se klasificirati u dobru stijensku masu (III kategorija), a rjeđe i u IV kategoriju (uz rasjedne zone i speleološke objekte). U neposrednoj blizini speleološkog objekta (u tunelu 25 metara prema smjeru Zagreba) uočena je rasjedna zona ispunjena glinovitim materijalom. Ukupni volumen kaverne procijenjen je na 57.950 m^3. Najveće dimenzije dvorane su 73,25 × 57,50 × 37,50 metara. Dno dvorane prekriveno je siparom i velikim kamenim blokovima. Nagib dna je prema sjeveru gdje se između dvije tunelske cijevi nalazi najdublja poznata točka u kaverni.

Istraženi speleološki objekt svojim se poznatim dijelom prostire ispod i sa strane desne i lijeve tunelske cijevi te predstavljao veliki problem promjene stabilnosti ili čvrstoće stijena u trasi tunela. Izrađen je projekt stabilizacije stropa kaverne, te projekt izrade mosta (Slika 3, Slika 4) unutar kaverne, jer je bilo neophodno zaštititi kretanje podzemnih voda, a temeljenje stupovima nije bilo moguće jer je riječ o siparišnom materijalu unutar kaverne (GARAŠIĆ et al., 2010).

LITERATURA

GARAŠIĆ, M. (2009): Problems with caverns which were found on the route of the highways in Croatian karst region (Dinaric Karst).– 15th International Congress of Speleology, Texas, USA. Proceedings, Vol. 3, Contributed Papers, 1500–1506, Kerrville.

GARAŠIĆ, M., KOVAČEVIĆ, S.M. & KAČUNIĆ, D. (2010): Investigation and remediation of the cavern in the Vrata tunnel on the Zagreb – Rijeka highway (Croatia).– Acta Carsologica, 39/1, 5–21, Ljubljana.

Prinos poznavanju i novi tipovi speleogeneze proučavane prilikom istraživanja spilja, jama i kaverni u Hrvatskom kršu

Contribution of knowledge for the new speleogenesis types studied during the research of caves and caverns in the Croatian karst area

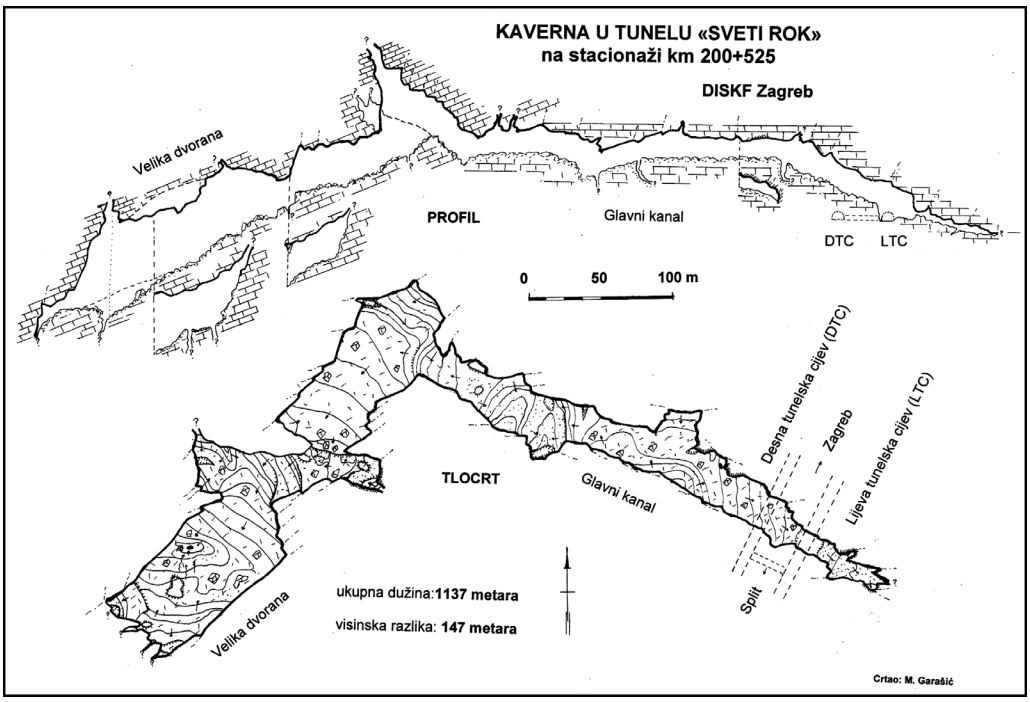
Mladen Garašić

Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 26, Zagreb, Hrvatska i Hrvatski speleološki savez, Nova Ves 66, Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: speleogeneza, speleologija, kaverne, Hrvatska, krš
Key words: Speleogenesis, Speleology, Cavern, Croatia, Karst

Speleogeneza je sastavni dio procesa okršavanja i uočavanje različitih tipova speleogeneze omogućuje bolju spoznaju kompliciranih dijelova procesa karstifikacije. Istraživanjima je dokazano da speleološki objekti u tektonski aktivnim zonama u našem kršu u velikom postotku imaju vrlo značajnu hidrogeološku ulogu, ali koji puta i različit tip speleogeneze. Riječ je o relativno mlađim spel. objektima (od miocena do kvartara) koji još nisu u fosilnoj (kasnoj) fazi speleogeneze. Speleogeološkim istraživanjima na posebno odabranim lokacijama kao i mjerenjima unutar spilja i jama, potvrđeno je da je riječ o različitim oblicima procesa karstifikacije (okršavanja u širem smislu riječi), speleomorfologije, kao i rezultata zajedničkog korelacijskog djelovanja u kršu. Ponegdje su pri istraživanju različitih tipova speleologeneze pronađene nove do tada nepoznate količine, smjerovi tečenja i kakvoća podzemnih voda u okršenim stijenama. Intenzitet, smjer i vrsta okršavanja temelj su za određivanja tipova speleologeze.

Novija istraživanja koja su zbog intenzivnog građenja autocesta u Hrvatskoj provođena u posljednjih dvadesetak godina uključivala su česte obilaske terena i to u različitim godišnjim dobima. To je bilo neophodno kako bi se upoznale eventualne različite komponente hidrološkog ciklusa u pojedinim područjima krša. U početnoj fazi pozornost je bila usmjerena na proučavanje literature, karata te dostupnih podataka i s time su bile određene potencijalne lokacije za istraživanje. Pri odabiru vodilo se računa da je riječ o tektonski



Slika 1. Nacrt kaverne u tunelu "Sveti Rok" gdje su obavljana speleogeološka ispitivanja vrste speleogeneze.
Figure 1. Map of the cavern in the tunnel of "Sveti Rok" where speleogeological research of spelegenesis were made.

aktivnim zonama, hidrogeološki značajnim, a ujedno da su to područja u blizini većih građevinskih zahvata. Kasnije su se posebno izdvojile lokacije koje su zadovoljile neke litostratigrafske uvjete koji su izdvojeni posebnim geofizičkim mjerenjima. Naknadno su obavljana i dodatna geofizička mjerenja unutar spel. objekata i uspoređivana s onima mjerenim na površini terena. U detaljnoj fazi speleološkim je metodama snimana osnovna speleomorfologija. Na temelju preciznih karata speleoloških objekata date su naznake za dodatno speleogeološko istraživanje. Konačno, nakon svega toga uslijedio je čitav niz speleogeoloških mjerenja i istraživanja unutar i izvan spel. objekata. Uočeni se osnovni i sporedni tipovi speleogeneze. Odabrani su uzorci za laboratorijska ispitivanja koji su dali dodatne parametre koji su ih svrstali u pojedine skupine, s pretenzijom da je riječ o posebnim tipovima speleogeneze.

Cilj istraživanja bilo je odrediti tipove, vrste i intenzitete speleogeneze unutar procesa okršavanja, kao jednog od najintenzivnijih geoloških procesa koji se odvijaju u krškim područjima Hrvatske. Pronađene su nove, dosad nepoznate zakonitosti pojavljivanja i speleogeneze te podzemne vodne veze između speleoloških objekata (kaverni), određena je količina, ponegdje kvaliteta i vrsta podzemne vode unutar krškog podzemlja. U pojedinim primjerima predložena je zaštita za podzemnu vodu prilikom gradnji u kršu (tuneli, prometnice, akumulacije, brane, aerodromi itd.). U nekoliko objekata od skoro 1000 posebno obrađivanih (od poznatih cca 11.500), numerički su prikazana izmjerena apsolutna tektonska gibanja u pojedinim dijelovima, a ustanovljeno je da su ta gibanja u svezi sa speleogenezom istraživanih objekata.

U našem kršu intenzivna je izgradnja prometnica s mnogo tunela koji prosijecaju desetke većih i stotine manjih kaverni. Budući da je krško područje izgrađeno od vodopropusnih stijena s intenzivnom (sekundarnom) pukotinskom poroznošću, tu su moguća direktna, brza i intenzivna onečišćenja podzemlja. Ako se ne znaju zakonitosti kretanja podzemnih voda u pojedinim područjima moguće su katastrofalne posljedice. U kavernama se speleogeološkim istraživanjima ustanovila količina, kakvoća i načini zaštite podzemnih voda, prilikom novih građevinskih zahvata u kršu, naročito u tunelogradnji.

Primjena speleogeoloških istraživanja procesa speleogeneze značajna u izradi detaljnih inženjerskogeoloških i hidrogeoloških karata krških područja, morfostrukturnih i tektostrukturnih analiza, te temeljnih spoznaja o speleogenezi, procesima karstifikacije i hidrogeologije krša. Rezultati neotektonskih istraživanja i direktnih mjerenja unutar speleoloških objekata nedvojbeno su pokazala povezanost neotektonike, indeksa okršavanja i speleogeneze (GARAŠIĆ, M. & GARAŠIĆ, D., 2009).

Pri graditeljskim zahvatima u kršu speleogeološka istraživanja u velikome su pomogla pri pravilnom projektiranju nekih dijelova tunela i brana. Navest ćemo samo značajnije primjere u tunelima "Učka", "Tuhobić", "Mala Kapela", "Sveti Rok", "Vrata", "Sveti Ilija", "Veliki Gložac" itd. Tamo su napravljeni dodatni projekti za sanaciju kaverni koji su omogućili pravilnu vodoprovodljivost, kakva je postojala i prije graditeljskih zahvata. Zaštita okoliša je dakle obuhvaćena speleogeološkim istraživanjima kaverni. Velika vrijednost izvučena je iz rezultata koji su pokazali količine i kvalitete podzemnih voda, jer je bezvodica na površini u kršu uvijek prisutna. Pojam okršavanja je uži od pojma karstifikacije koja sadrži i sekundarno, tercijarno i kvartarno taloženje, urušavanje, koroziju u nekoliko tipova itd. Ponegdje su s većom sigurnošću utvrđene podzemne razvodnice, naročito u područjima gdje nema rezultata bušenja, a obavljena su speleogeološka istraživanja. Primjerice u području tunela "Sveti Rok", gdje je istraženo skoro 50 kaverni od koji je najznačajnija kaverna na stacionaži km 200+525 u lijevoj tunelskoj cijevi (Slika 1).

Do sada su napravljene tipizacije procesa karstifikacije (GARAŠIĆ, 1991), opće podjele speleoloških objekata s vodom prema speleogenezi. Na više mjesta unutar speleoloških objekata voditelj projekta i autor članka obavljao je mjerenja apsolutnih neotektonskih pomaka kao i mjerenja pojave plina radona, koja ukazuje na povećanu tektonsku aktivnost u tom području. Rezultati su značajni, ali treba progustiti mrežu repernih speleoloških objekata (naročito u kavernama unutar tunela). Prilikom gradnje tunela na autocesti Rijeka – Karlovac kroz Gorski kotar, na autocesti Zagreb – Split –Vrgorac (GARAŠIĆ, 2009), te kroz Biokovo, korištenjem rezultata speleogeoloških istraživanja omogućen je pravilan odabir vodozaštite i odvodnog sustava unutar tunela. Ušteda pri gradnji prometnica zahvaljujući speleološkim istraživanjima bila je značajna. Veći dio našega krša nije istražen dovoljno u speleogeološkom smislu. Od svih speleoloških objekata kod nas je oko 35 % onih koji imaju podzemnu vodu. Samo su na posebnim lokacijama obavljana preliminarna istraživanja speleogeološkim metodama, a proučavanje speleogeneze rijetko je rađeno u kavernoznim objektima.

Ukupno je određeno 14 tipova speleogeneze, te 6 polutipova speleogeneze u kršu Hrvatske na temelju novijih istraživanja u kavernama. Osnovni tipovi podijeljeni su u skupine gravitacijske, regresivne i kombinirane speleologeneze, a polutipovi u skupine tektonske, abrazijske, erozijsko-korozijske i glacijalne speleologeneze. Posebno je obrađena speleogeneza ispod razine podzemne vode (KLIMCHOUK, 2007) prilagođena uvjetima koji su prisutni u Dinarskom kršu.

LITERATURA

GARAŠIĆ, M. (1991): Morphological and Hydrogeological Classification of Speleological structures (Caves and Pits) in the Croatian Karst area.– Geol. vjesnik, 44, 289–300, Zagreb.

GARAŠIĆ, M. (2009): Karst and Caves in Post orogenetic carbonate breccias in Croatia.– Geophysical research abstracts, 11/2, 68–72, Wien.

GARAŠIĆ, M. & GARAŠIĆ, D. (2009): Geological and hydrogeological conditions in speleogenesis of the longest and deepest caves in karst of Croatia.– 15th International Congress of Speleology, Texas, USA, Proceedings, Vol. 3, Contributed Papers, 1495–1499, Kerrville.

KLIMCHOUK, A. (2007): Hypogene Speleogenesis: Hydrogeological and Morphogenetic Perspective.– National Cave and Karst Research Institute, Special Paper, no. 11–106, Carlsbad.

Speleološka istraživanja na trasi Jadranske autoceste od Zagvozda do Ravče

Speleological exploration on the Adriatic Highway from Zagvozd to Ravča

Mladen Kuhta, Tihomir Frangen & Andrej Stroj

Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Hrvatska
(mladen.kuhta@hgi-cgs.hr)

Ključne riječi: krš, speleološki objekti, autocesta, Zagvozd, Ravča
Key words: karst, caves, highway, Zagvozd, Ravča

Uvod

Krški tereni obično se smatraju povoljnom inženjerskogeološkom sredinom za izvođenje građevinskih zahvata. Razlozi za to prvenstveno su velika čvrstoća, nosivost i stabilnost karbonatnih stijena, što omogućava temeljenje i izgradnju najsloženijih zahvata. Ipak, na tom se prostoru mogu javiti poteškoće koje su vrlo rijetke na drugim terenima. To je prvenstveno pojava podzemnih šupljina različitih dimenzija (špilje, jame i kaverne), a koje su jedna od temeljnih značajki krša.

Poteškoće koje uzrokuju, te obim i troškovi sanacije ovise prvenstveno o morfologiji i hidrogeološkim karakteristikama samih speleoloških objekata. Premda ih je većina manjih dimenzija poznati su slučajevi nailaska i na preko 1 km duge sustave podzemnih kanala, sa ili bez vodenih tokova (tuneli Učka, RHE Obrovac, Sv. Rok), ili na vrlo prostrane podzemne dvorane volumena i preko 350 tisuća m^3 (tunel RHE Obrovac).

Temeljem dosadašnjih iskustava može se konstatirati da su na području našeg krša ove pojave vrlo česte. Premda su poznati primjeri nailaska na dotad nepoznate podzemne šupljine u temeljima manjih ili većih stambenih objekata, tvorničkih hala pa čak i brana (Kruščica), one su posebno brojne duž linijskih građevinskih objekata poput autocesta i tunela. To se potvrdilo u posljednjih desetak godina intenzivne cestogradnje u Hrvatskoj, kako na pravcu prema Rijeci, tako i na Jadranskoj autocesti.

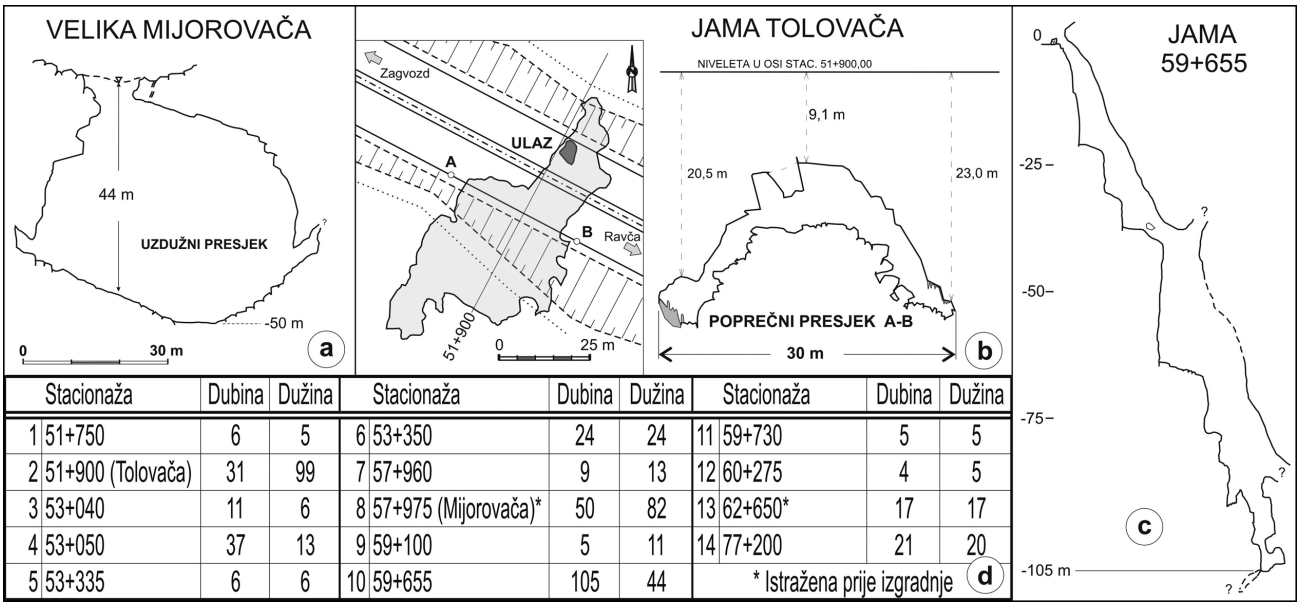
Osnovna zadaća speleoloških istraživanja takvih objekata je izrada topografskog nacrta, koji omogućava definiranje prostornog odnosa podzemnih šupljina i prometnice (građevinskog objekta), procjena mogućeg utjecaja na gradnju i korištenje, te utvrđivanje inženjerskogeoloških i hidrogeoloških elemenata bitnih za projektiranje načina sanacije i premošćenja.

Speleološki objekti na dionici Zagvozd – Ravča

Dionica Zagvozd – Ravča prolazi područjem Biokovske zagore na nadmorskim visinama od 250 do 640 m. Teren izgrađuju karbonatne naslage među kojima dominiraju debelo uslojeni do masivni vapnenci gornje krede ($K_2^{2,3}$). Pored njih javljaju se vapnenci i dolomiti cenomana (K_2^1) i foraminiferski vapnenci eocena ($E_{1,2}$). Samo na jednom kraćem segmentu (140 m) trasa presijeca područje izgrađeno od eocenskih lapora s glaukonitom (E_2). Svi istraženi speleološki objekti formirani su u debelo uslojenim do masivnim vapnencima gornje krede ($K_2^{2,3}$). U hidrogeološkom smislu svi se nalaze u nesaturiranoj zoni, pa stoga u njima nema tragova recentnih pojava podzemnih voda.

Tijekom geološkog i inženjerskogeološkog kartiranja trase u pojasu širine 100 m lijevo i desno od projektirane osi prometnice, terenske ekipe naišle su na 5 speleoloških objekata jamskog tipa. Kako bi se ustanovio njihov utjecaj na izgradnju, objekti su detaljno speleološki istraženi, pri čemu je konstatirano da se samo dvije jame nalaze unutar građevinskog koridora. Unatoč tome, prethodna speleološka istraživanja pokazala su se vrlo svrsishodnim, a prvenstveno zbog jame Velike Mijorovače južno od Župe Srednje (stac. 57+975). Jama je formirana u vapnencima gornje krede, a morfološki predstavlja prostranu podzemnu šupljinu duboku 50, dugu 53 i široku do 25 metara (slika 1a). Ulazni otvor nalazio se svega 2 m južno od planirane osi autoceste. S obzirom na tako velike dimenzije podzemnog prostora (30 000 m^3) i činjenicu da je debljina nadsloja u području kolnika bila svega 4–10 m, odlučeno je da se jama zaobiđe. Premještanje trase bilo je moguće budući je jama istražena još u vrijeme projektiranja.

Iskustva s ove, ali i drugih dionica na krškom području pokazuju da se većina speleoloških objekata, a najčešće je riječ o kavernama, otkriva u vrijeme izgradnje. Zbog troškova, tehničkih i drugih komplikacija koje uzrokuje promjena položaja već započete trase, oni se u pravilu saniraju, bez obzira na dimenzije. Na razmatranoj dionici tijekom gradnje naišlo se na 11 dotad nepoznatih kaverni (tablica na Slici 1), te na jamu Tolovaču, koja je jedina imala prirodni ulaz na površini terena. Upravo je ova jama zadala najviše problema graditeljima. Njen ulaz nalazio se ispod sjevernog kolničkog traka na nadmorskoj visini od 515,5 m (stac.



	Stacionaža	Dubina	Dužina		Stacionaža	Dubina	Dužina		Stacionaža	Dubina	Dužina
1	51+750	6	5	6	53+350	24	24	11	59+730	5	5
2	51+900 (Tolovača)	31	99	7	57+960	9	13	12	60+275	4	5
3	53+040	11	6	8	57+975 (Mijorovača)*	50	82	13	62+650*	17	17
4	53+050	37	13	9	59+100	5	11	14	77+200	21	20
5	53+335	6	6	10	59+655	105	44		* Istražena prije izgradnje		

d

Slika 1. Uzdužni presjek jame Velika Mijorovača (a), Tlocrt i karakteristični poprečni presjek jame Tolovače (b), profil jame na stacionaži 59+655 koja je s dubinom od 105 m najdublji speleološki objekt na razmatranoj dionici (c), popis speleoloških objekata istraženih na dionici Zagvozd – Ravča.

Figure 1. Longitudinal cross section of Velika Mijorovača cave (a), plan and characteristic cross section of Tolovača cave (b), cross section of the cave on chainage 59+655 (c) – the deepest speleological object on the observed section, list of caves explored along the highway section Zagvozd – Ravča.

51+900). U prirodnom stanju ulazna vertikala bila je duboka 26 m, a spuštala se u prostranu podzemnu dvoranu dužine 90 i širine do 41 m, koja se većim dijelom našla u području izgradnje (Slika 1b). Na tom se dijelu autocesta izvodila u usjeku, s planiranom niveletom 508,5 m n.m., dakle 7 m ispod kote ulaza. Najnepovoljnija situacija konstatirana je uz južni rub trase gdje raspon stropne kupole podzemne šupljine iznosi 30 m, a debljina nadsloja do nivelete ceste je svega 9 m. U takvim okolnostima usjek je izveden posebno prilagođenim načinom miniranja. Premda je naknadnim speleološkim pregledom utvrđeno da tijekom tih radova nije došlo do značajnijih promjena na svodu kaverne, radi sigurnosti prometnice kaverna je premoštena nosivom betonskom konstrukcijom.

Između preostalih istraženih speleoloških objekata dimenzijama se ističe jama otkrivena zasijecanjem kolnika na stacionaži 59+655. S istraženom dubinom od 105 m to je najdublji speleološki objekt istražen na dionici Zagvozd – Ravča, ali i jedan od najdubljih objekata na trasi autocesta uopće (Slika 1c). Unatoč takvoj dubini, pa i znatnoj širini kanala u dubljim dijelovima, zbog malih dimenzija ulaza 2,6×1,4 m i kompaktnih stijena, njeno premošćenje nosivom armirano betonskom pločom izvedeno je bez većih poteškoća.

Zaključak

Na dionici Jadranske autoceste između Zagvozda i Ravče dugoj 27 km istraženo je 14 speleoloških objekata (Tablica na Slici 1d). Većinom su to manji objekti, no zbog mogućnosti njihovog širenja u podzemlju i opasnosti koje u tom slučaju mogu predstavljati za sigurnost prometnice (ili nekog drugog objekta) izvedeno je njihovo stručno i detaljno speleološko istraživanje. Dio istraženih objekata u potpunosti je opravdao primjenu takvog pristupa.

Promjena paleookoliša i nagli pad razine vode u krškom drenažnom sustavu: dokazi na temelju položaja i mjerenja siga špilje Veternice u Hrvatskoj

Paleoenvironmental change associated with an abrupt water level lowering in a karst drainage system: Evidence from distribution and dating of Veternica cave deposits in Croatia

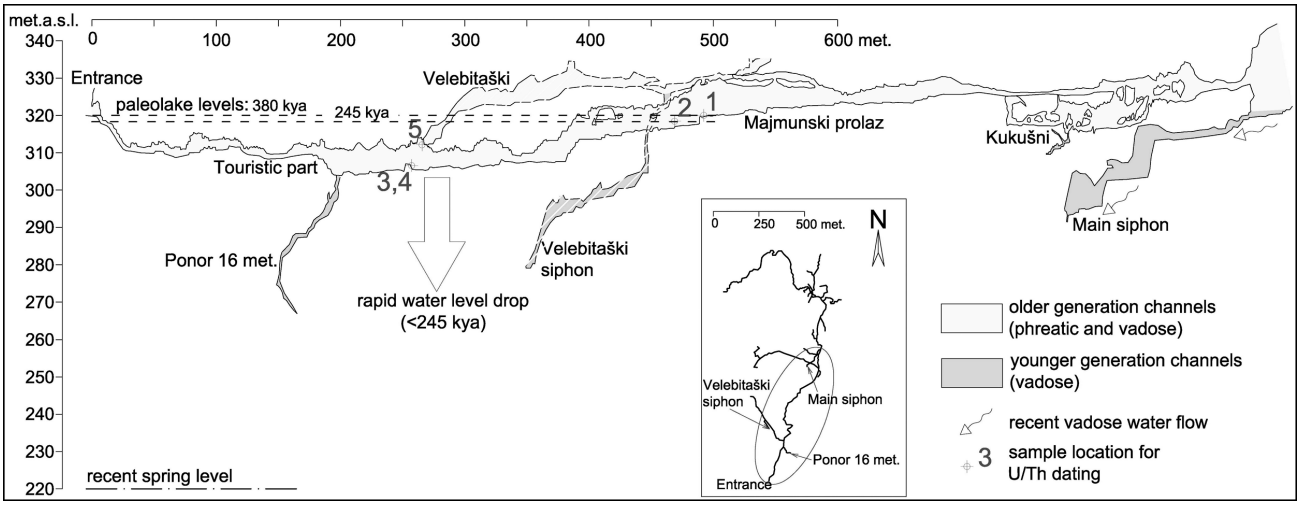
Damir Lacković[1], Bosiljka Glumac[2], Yemane Asmerom[3] & Andrej Stroj[4]

[1]Hrvatski prirodoslovni muzej, 10 000 Zagreb, Hrvatska
[2]Dept. of Geosciences, Smith College, Northampton, Massachusetts, USA
[3]Dept. of Earth & Planetary Sciences, University of New Mexico, Albuquerque, New Mexico, USA
[4]Hrvatski geološki institut, 10 000 Zagreb, Hrvatska

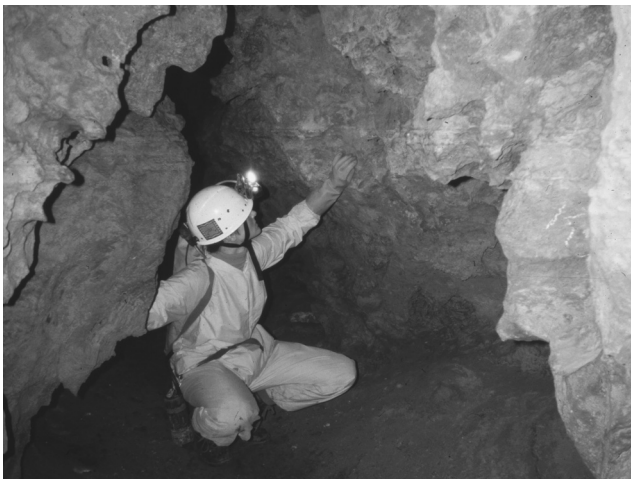
Ključne riječi: krš, špilja Veternica, paleookoliš, saljev, obalna ploča (shelfstone), razina podzemne vode
Key words: karst, Veternica cave, paleoenvironment, flowstone, shelfstone, underground water level

Istraživanje saljeva i obalnih ploča špilje Veternice (Medvednica, Hrvatska) dokumentira značajne promjene okoliša u geološkoj povijesti špilje i okolnog područja. Ulaz u špilju nalazi se na 320 m iznad morske razine. Ukupna dužina špiljskih kanala iznosi 7128 m (www.speleogija.hr) a visinska se razlika kreće u rasponu od 265 do 435 m iznad morske razine (ČEPELAK, 1977; SUTLOVIĆ, 1991). Kanali su različite morfologije a smješteni su većinom duž transgresivnog kontakta miocenskog vapnenca na trijaski dolomit u podlozi. Neki kanali prate pukotine u objim vrstama stijena (MALEZ, 1965; ČEPELAK, 1977).

Naše je istraživanje obavljeno u hidrološki neaktivnom (fosilnom) dijelu glavnog kanala špilje (Sl. 1). Prvi dio kanala, od ulaza pa do 390 m dužine, karakteriziran je širokim kružnim do eliptičnim presjecima kanala koji sugeriraju freatički postanak. Taj dio kanala sadrži na 250 m udaljenosti od ulaza saljeve na nadmorskoj visini od 306 do 313,5 m, koji su bili objekt ovog istraživanja. Drugi dio istraživanog kanala nalazi se uzvodno na većoj nadmorskoj visini, i predstavlja uzak i visok kanal tipičnog vadoznog postanka. U tom dijelu kanala istraživani su ostaci obalnih ploča pronađeni u 9 razina u rasponu od 318,8 to 320,2 m nadmorske



Slika 1. Profili dijela glavnog kanala špilje Veternice te dijelom i bočnih sporednih kanala, sa ucrtanim lokacijama istraživanih saljeva (3, 4 i 5) i obalnih ploča (1 i 2), te razinama rekonstruiranog paleojezera.
Figure 1. Profiles of the main channel and parts of other Veternica cave channels with location of investigated flowstones (3, 4 and 5) and shelfstones (1 and 2), and with reconstructed paleolake water levels.



Slika 2. Ostaci obalnih ploča (shelfstona) na stijeni kanala ukazuju na razine nekadašnjeg jezera u špilji Veternici (Snimio: D. LACKOVIĆ).
Figure 2. Shelfstone remnants on the channel walls indicate paleolake water levels in Veternica Cave (photo by: LACKOVIĆ, D.).

visine. Bočno pružanje obalnih ploča pokazuje prijelaz u prošlosti od otvorene vodene površine u sifonske ili freatičke uvjete na 390 m udaljenosti od ulaza špilje, što se ujedno i podudara sa glavnom promjenom u morfologiji kanala (vadozni u freatski) (vidi rekonstruirano paleojezero na Sl. 1).

Mjerenjem U–Th-a otkrivena je starost najviše obalne ploče (sa 320,2 m iznad mora) od 380000 godina te starost obalne ploče sa visine od 318,9 m iznad mora od 245000 g. Mjerenje U–Th-a slojeva saljeva u nizvodnom dijelu špilje pokazuje vrijeme njihovog taloženja od 235000 do 205000 g prije sadašnjosti. U vremenskom razdoblju između taloženja najmlađih obalnih ploča (koje ukazuje na freatske uvjete u nizvodnom dijelu kanala), i najstarijih slojeva saljeva (koji označavaju početak vadoznih uvjeta), od 245000 do 235000 g prije sadašnjosti, dolazi u nizvodnom dijelu kanala do naglog pada razine vode i promjene iz freatskih u vadozne uvjete.

LITERATURA

ČEPELAK, M. (1977): Novija i buduća speleološka istraživanja u Veternici.– Speleolog, 24–25, 1–8, Zagreb.

MALEZ, M. (1965): Pećina Veternica u Medvednici. I opći speleološki pregled, II stratigrafija kvartarnih taložina.– Acta Geol., 5, 175–229.

SUTLOVIĆ, A. (1991): Novi metri u staroj Veternici.– Velebiten 8, 34–36, Zagreb.

www.speleologija.hr (2009): Speleološki objekti u Hrvatskoj dulji od 1000 metara.– Hrvatski speleološki poslužitelj.

Monitoring speleoloških objekata u Parku prirode Biokovo

Monitoring of caves/pits in the Biokovo Nature Park

Ksenija Protrka[1] & Ozimec Roman[2]

[1]JU Park prirode Biokovo, Marineta-mala obala 16, Makarska, Hrvatska (ksenija.protrka@biokovo.com)
[2]Hrvatsko Biospeleološko društvo (HBSD), Demetrova 1, Zagreb, Hrvatska (roman.ozimec@hbsd.hr)

Ključne riječi: monitoring, speleološki objekti, Park prirode Biokovo
Key words: monitoring, speleological objects, Nature Park Biokovo

Biokovski hrbat građen je od mezozojskih vapnenaca, koji su uslijed izrazite tektonike ispresijecani mrežom pukotina. Korozivno djelovanje vode na ove pukotine ima za posljedicu nastanak podzemnih krških fenomena, mnogobrojnih špilja i jama, koje su jedna od najvažnijih prirodnih vrijednosti Parka prirode Biokovo. Speleološki objekti su iznimni elementi geološke baštine i geomorfološkog bogatstva Biokova, ali ujedno i paleontološka i arheološka nalazišta, te jedinstvena podzemna staništa sa stenoendemičnom, rijetkom, često još i znanstveno neopisanom špiljskom faunom. Provedbom petogodišnjih sustavnih biospeleoloških istraživanja Parka prirode Biokovo (2002–2006), uz otkriće brojnih novih predstavnika špiljske faune za Biokovo, ali i brojnih svojti novih za znanost, istražen je i veći broj do tada neistraženih objekata, pri čemu su u nekima utvrđena nova arheološka i paleontološka nalazišta. Sintezom ostvarenih podataka, objedinjenih u završnom Elaboratu, ukazala se potreba za monitoringom najvažnijih speleoloških objekata Biokova.

Odabir speleoloških objekata za monitoring, odnosno definiranje najvažnijih objekata, provedeno je na osnovi više kriterija. Uključeni su speleološki objekti koji su: tipski lokaliteti špiljske faune, objekti s iznimnom bioraznolikosti, značajna staništa šišmiša, paleontološka nalazišta, arheološka nalazišta, često posjećivani objekti i potencijalni turistički objekti. Uključen je i kriterij potencijalne ugroze, pri čemu je definirano deset speleoloških objekata za koje je planiran i proveden monitoring krajem 2009. godine.

U okviru sustavnog monitoringa provodi se: monitoring stanja špiljskih nalazišta i staništa, monitoring mikroklimatskih i ekoloških čimbenika te monitoring odabranih populacija špiljske faune. Na osnovi provedenog monitoringa izrađuje se stručni izvještaj koji uključuje: izradu preporuka za potrebne aktivnosti za zaštitu speleoloških objekata, potrebu daljnjih istraživanja, postavljanje stacionarnih mjerača mikroklime, potrebu fizikalno-kemijske analize vode, mjere za očuvanje špiljskih staništa i špiljskih organizama, mogućnosti potencijalnog korištenja objekta u edukativne i turističke svrhe, te prijedloge za daljnji monitoring, zaštitu, promociju, edukaciju i korištenje objekata i faune. U okviru izvještaja monitoringa vrši se i stalna dopuna i ažuriranje popisa utvrđenih špiljskih organizama Biokova, te njihove ekologije i endemičnosti, ovisno o daljnjim otkrićima, publiciranim radovima i obavljenim stručnim determinacijama.

Speleološko – geološka istraživanja špilje Ledenica u Špeharima

Speleogical and geological investigations of Ledenica Špehari cave

Neven Šuica

Speleološki klub "Ozren Lukić" & Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: speleologija, Bosiljevo, špilja, krš, limestones, kalkareniti
Key words: speleology, Bosiljevo, cave, karst, limestones, calcarenites

Špilja Ledenica u Špeharima nalazi se u selu Špehari u općini Bosiljevo, 12 km sjeverozapadno od Generalskog stola. Članovi Speleološkog kluba "Ozren Lukić" (SKOL) započeli su istraživanje špilje 2005. godine. Špilja je istraživana i ranije, od strane Speleološkog odsjeka Hrvatskog planinarskog društva "Željezničar" iz Zagreba, ali podatci o tome nisu objavljeni u speleološkoj literaturi. Istraživanje i topografsko snimanje špilje provedeno je u više terenskih akcija tijekom 2005. i 2006. godine. Trenutna dužina špilje je 270 m, a dubina 22 m (ŠUICA, 2006).

Šire područje na kojem se nalazi špilja izgrađeno je od krednih (cenomanskih) prigrebenskih vapnenačkih naslaga, koje su otvorene u jezgri asimetrične sinklinale. Radi se o vrlo kompaktnim biointrasparuditima s kršjem rudista i drugog biodetritusa, arenitnih do rudistnih dimenzija. Bankovito su uslojeni i generalno padaju prema sjeveroistoku. Područje tektonski pripada ljuski Mirna Gora – Črnomelj – Bosiljevo koja je navučena na rasjed dinarskog pravca pružanja, koji se pak od Dobliča, preko Vinice pruža prema Bosiljevu, Lešću i dalje na jugoistok. Špilja je formirana duž rasjeda s pravcem pružanja SZ – JI. (BUKOVAC et al., 1983, 1984).

Tijekom istraživanja špilje na nekoliko lokacija u glavnom kanalu, kao posebna zanimljivost-zamijećena su lećasta tijela srednje-zrnastih klastičnih stijena, interstratificirana unutar slojeva krednog vapnenca. Unutarnja struktura navedenih lećastih tijela pokazuje milimetarsku paralelnu laminaciju. Leće su također pronađene i na podu špilje, kao erozijski ostatak koji upućuje na njihovu veću otpornost prema trošenju od vapnenaca unutar kojih se nalaze. Uzorkovanje opisanih klastičnih leća, te vapnenaca iz njihove podine i krovine, provedeno je u završnom dijelu glavnog (sjevernog) kanala, u istočnom zidu špilje (otprilike 130 m od ulaza). Uzorci podinskih i krovinskih vapnenaca su mikropetrografski determinirani kao biomikriti, a uzorci klastičnih slojeva iz leća determinirani su kao dobro sortirani, srednje-zrnasti kalkareniti koji sadrže i zaobljena zrna opakih minerala (getita i hematita). Postanak kalkarenitnih leća stoga se može se povezati s kraćim fazama "izronjavanja" karbonatnog sedimentacijskog prostora i formiranjem kopnenih okoliša u kojima su navedeni opaki minerali formirani, trošeni, transportirani i sedimentirani zajedno s karbonatnim klastima.

Istraživanja će se nastaviti terenskim radom, s ciljem detaljnog opisivanja i prostornog okonturivanja klastičnih leća te laboratorijskim analizama, s ciljem detaljnog opisa mineraloškog i petrografskog sastava lećastih tijela i interpretacije njihovog postanka.

LITERATURA

BUKOVAC, J., ŠUŠNJAR, M., POLJAK, M. & ČAKALO, M. (1983): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, list Črnomelj L 33-91.– Savezni geološki zavod, Beograd.

BUKOVAC, J. POLJAK, M. & ČAKALO, M. (1984): Tumač Osnovne geološke karte SFRJ 1:100.000, list Črnomelj.– Savezni geološki zavod, 1–63, Beograd.

ŠUICA, N. (2006): Ledenica u Špeharima.– Speleosfera, 3, 12–18, Zagreb.

Distribution of chemical elements in the Stavnja Valley (Bosnia and Herzegovina)

Distribucija kemijskih elemnata u dolini Stavnje (Bosna i Hercegovina)

Jasminka Alijagić & Robert Šajn

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

Key words: Heavy metals; anthropogenic and natural distribution; multivariate statistic methods; Stavnja Valley; Bosnia and Herzegovina
Ključne riječi: Teške kovine, antropogena i prirodna distribucija, multivariatne staističke metode, dolina Stavnje, Bosna i Hercegovina

Abstract

The objective of this work is the study of the distribution of chemical elements in topsoil (0–5 cm), bottom soil (20–30 cm), stream sediments, alluvial sediments and attic dust in the Stavnja valley (Central Bosnia and Herzegovina) for the identification of anthropogenic (man-made) and geogenic (natural) element sources in an old metallurgic area. Analysis for 42 chemical elements was performed. Based on a comparison of statistical parameters and spatial distribution of particular elements in sampling materials, two natural and two anthropogenic geochemical associations were identified. Two natural geochemical associations (Al, Ca, Hf, Nb. Sc, Ta, Ti, Zr) and (Ce, La, Na, Rb, Th, Y) are influenced mainly by lithology. Anthropogenic associations (Bi, Cd, Cu, Fe, Mo, Sn, W, Zn) are the result mainly of iron metallurgy in the past and (Ag, As, Cd, Mn, Pb, Sb, Hg) are the result mostly of seep from the Veovača mine landfill.

Introduction

The river Stavnja has a length about 35 km, located in the Central Bosnia and Herzegovina, well known with mining and metallurgic activities. The earliest recorded evidence dates back to the Neolithic age. Mineral exploration is noticed in Medieval Bosnia. Today in the Stavnja valley (municipality of Vareš) are situated three abandoned iron ore deposits, the biggest Fe open pit in Bosnia and Herzegovina. Nearby is also situated lead, zinc and barite Veovača abandoned open pit. Abandoned Vareš ironworks was the second largest ironworks in Bosnia and Herzegovina. At the beginning of the civil war, in 1992, due to break of the railway and road communication lines the continuous production was almost stopped. Special problem in the mentioned research area are remain minefields (approximately 16 km^2), what cause problem with determination of sampling grid, sampling design and data processing as well.

Material and methods

Regarding the primary purpose of research, experience and the difficulties such as narrow gorge, inaccessible terrain and the presence of minefields, the sampling grid have been prepared so that the soil profiles were raised to the river flow transversely. In the urban and industrialized areas the sampling grid is denser. At the same time, the sampling grid has been created so that all the main lithologic types are covered, that helps in determination of bedrock influence on the environmental chemism. In total, 65 soil sampling sites were determined; 19 in the urban-industrial zone, 36 in its surroundings, and 10 locations were situated on the alluvial deposits in the lower part of river flow. In each sapling point, the topsoil (0–5 cm) and subsoil (20–30 cm) were collected. On the 15 selected locations (6 in the urban-industrial zone and 9 in the surroundings) attic dust samples were collected. River sediments were collected on the 17 sampling points along the river Stavnja and 5 along the Mala Reka. As for geology, 10 sites are situated on Quaternary alluvial sediments, 6 on the Quaternary river terraces, 15 on the Cretaceous flysch, 20 on the Jurassic–Cretaceous series of chert, carbonate and clastic rocks, 14 on the Triassic carbonates and spilites.

All samples, except of attaic dust were air dried. Soil samples were gently crushed and then the fraction <2 mm was pulverized. Stream sediments and attic dust were prepared for chemical analysis by sieving (<0.125 mm). The samples were analyzed in the laboratory ACME, Ltd. in Vancouver, Canada. 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 by (ICP-MS) after after aqua regia digestion (mixture HCl, HNO3 and water et 95°C).

Results and discussion

Based on a comparison of statistical parameters, correlation coefficients between chemical elements, and spatial distribution of particular elements in sampling materials, two natural and two anthropogenic geochemical associations were identified. Two natural geochemical associations (Al, Ca, Hf, Nb. Sc, Ta, Ti, Zr) and (Ce, La, Na, Rb, Th, Y) are influenced mainly by lithology. For the first natural geochemical association group is significant that high concen-

trations have found in autochthonous calcaric cambisol developed on Triassic carbonate rocks and in the second association high concentrations have found in eutric cambisols which are formed on outcrop Cretaceous flysch.

First anthropogenic group associates high concentrations of Bi, Cd, Cu, Fe, Mo, Sn, W and Zn. High concentrations are related to samples collected on autochthonous topsoil in metallurgic zone of Vareš. The concentrations rapidly decrease with distance. Interesting are and very high concentrations in alluvial sediments of downstream of the river Stavnja. Higher concentrations in bottom horizon of alluvial sediments and relatively low concentrations in stream sediments of the river Stavnja can be assigned to beginning of war in Bosnia and Herzegovina and cessation of ironworks working. Different situation is in second group of trace elements (Ag, As, Cd, Mn, Pb, Sb, and Hg). For this group around ironworks apply same as a first group, but concentrations in alluvial sediments significantly exceed concentrations of topsoil in urban and industrial zone. With certainty is claimed that their source is principally leaching from the Veovača waste residue.

Conclusion

High pollution with heavy metals in Stavnja catchment area has found. Most worry critically high concentrations of heavy metals are on alluvial sediments in downstream of the Stavnja i.e. on area of agriculture activities. This research will help to determine quantity of heavy metals that still is transported from the Vareš ironworks and also from the waste residues Smreka, Veovača, Brezik and Droškovac. Significant is their influence on groundwater and source of drinkable water for wider region.

Geochemical characteristics of the Rostovo calcite-barite-Hg-tetrahedrite ore deposits in the Mid-Bosnian Schist Mts.

Geokemijske karakteristike kalcit-barit-Hg-tetraedrit rudnih ležišta Rostovo u Srednjebosanskim škriljavim planinama

Vesnica Garašić & Ivan Jurković

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

Keywords: Midbosnian Schist Mts, Rostovo barite-Hg-tetrahedrite deposits, sulphur and oxygen isotope compositions, microelements and REE analyses
Ključne riječi: Srednjebosanske škriljave planine, barit-Hg-tetraedrit rudna ležišta Rostova, izotopni sastav sumpora i kisika, analize elemenata u tragovima i rijetkih zemalja

Rostovo area is part of the Mid-Bosnian Schist Mts (MBSM), located 18 km north-northeast of Gornji Vakuf, between Radovan Mt in the northwest and Goletica Mt in the south. The ore zone is 5 km long stretching from east to west and approximately 1½ km thick. Dolovi, Kapije and Brezovača ore deposits are situated on the western side of Rostovo area, whereas Medenik, Baška, Zgonovi and Ledine ore deposits lie on the eastern side. According to RAMOVIĆ (1976) more ore veins, stretching in north-south direction, very steeply dipping and having thicknes of 0.2 up to the 1 m have been found in Devonian marbles. Barite occurs as a main mineral with frequent occurrences of bigger calcite masses and sporadic nests and disseminations of Hg-tetrahedrite. Roman and Saxons have excavated this tetrahedrite due to its Hg, Au and Ag content. Subordinate amounts of quartz and galena are present in this paragenesis too. Numerous nests and lenses of barite, which thickness ranges from 0.5 to more than 1 m, as also limestone masses with diameter exceeding 10 m and being replaced by barite to more than 50 %, locally with significant amounts of calcite and some quartz and tetrahedrite have been discovered in the Paleozoic sandstones alternating with schists in contact zone with Devonian limestones near Medenik. In the last time only high-quality parts of deposits containing more than 90% barite have ben excavated due to the lack of suitable method for barite and calcite separation.

The aim of this study is to present more detailed geochemical analyses of barite samples of Rostovo area in order to contribute to better understanding of the MBSM metallogenesis. Four barite samples (RASB, RAS, MED-23 and MED-29) have been analyzed.

The analysis of main components were made only in very pure barite sample MED-23 (in %: 0.20 SiO_2; 0.04 Al_2O_3; 0.06 Fe_2O_3; <0.01 MgO, 0.08 CaO, <0.01 Na_2O; <0.01 K_2O; <0.01 TiO_2; <0.01 P_2O_5; <0.002 Cr_2O_3; 0.8 LOI and 98.80 Ba(Sr)SO_4). The $SrSO_4$ content has been analyzed in all four barite samples and the results are presented in the Table 1. Three samples have high $SrSO_4$ content (4.32%; 4.88 and 5.60%), whereas barite sample RASB shows only 1.2% $SrSO_4$. Until now 108 barite analyses from MBSM have been published and their $SrSO_4$ content ranges between 2.47 and 6.21 % (JURKOVIĆ et al., 1997). Therefore barites of Rostovo are very similar to other hydrothermal barite deposits of MBSM. Sr^{2+} ion isomorphically replaces Ba^{2+} ion in the barite lattice and this have been already demonstrated in the work of JURKOVIĆ et al. (2010, in print). The total REE contents are low in all four samples and range from 5.31 to 15.38 ppm (Table 1). Such results are in accordance with REE analyses in other barites from MBSM. In table 1 are also presented sulphur ($\delta^{34}S$) and oxygen ($\delta^{18}O$) isotopes in barites. Sulphur isotopes ($\delta^{34}S$) ranging from +9,2‰ to +12,1‰ (average +10,7‰) correspond to values in sulphates of Permian sea, as has been established for other barites from MBSM. The values of oxygen isotopes ($\delta^{18}O$) varying from +19,2‰ to +22,4‰ (average 20,9‰) are significantly elevated. This evidences that barite deposits of Rostovo underwent overprinting in the Upper Permian/Lower Triassic period. Additionally, sulphur isotopes ($\delta^{34}S$) have been also determinated in tetrahedrite of RASB sample. It shows pronounced negative values (–5.50‰) like all other until now measured Hg-tetrahedrites (18 samples) from MBSM.

The trace element compositions of studied barite samples are listed in Table 2. The values of Be, Sn, Se i W were in all samples below the detection limits of the analytical method. The five elements (Co, Ga, U, Cd and Au) were found only in the barite sample RASB. This sample includes some Hg-tetrahedrite and therefore contains its typical components: Cu (5869 ppm), Sb (543.5 ppm), As (131.3 ppm), Hg (53.5 ppm), Ag (13.9 ppm), Bi (2.5 ppm), Ni (3.0 ppm), Zn (519 ppm), Cd (4.6 ppm), Au (35.9 ppb). According this data it is one Hg-Cu-Sb tetrahedrite with abundant involvement of Au and Ag. Small amounts of Pb (2.2 to 16.9 ppm)

Table 1. REE and isotope analyses of barites.
Tablica 1. REE i izotopne analize barita.

Sample	RASB	RAS	ME-23	ME-29
	ppm	ppm	ppm	ppm
La	1.10	2.20	1.60	3.10
Ce	0.30	0.20	0.4	0.80
Pr	0.04	0.03	0.05	0.24
Nd	<0.30	<0.3	<00.3	<0.3
Sm	<0.05	<0.05	1.01	1.26
Eu	1.47	1.52	0.83	0.49
Gd	1.52	1.71	2.17	2.69
Tb	0.08	0.14	0.06	0.22
Dy	0.27	0.09	2.68	5.95
Ho	0.12	0.27	<0.02	0.07
Er	0.22	0.40	<0.03	0.12
Tm	0.02	0.03	0.01.	0.10
Yb	0.15	0.07	0.012	0.26
Lu	0.02	0.05	0.01	0.08
	5.31	**6.71**	**8.95**	**15.38**
$d^{34}S_{VCDT}$	+9.2‰		+12.1‰	+10.8‰
$d^{18}O_{SMOW}$	+19.2‰		+21.2‰	+22.4‰
$SrSO_4$	1.197%	4.322%	4.885%	5.598%
d^{34}SVCDT in tetrahedrite of sample RASB: –5.5‰				

Table 2. Trace element analyses in barites.
Tablica 2. Analize elementa u tragu u baritima.

Sample	RASB	RAS	ME-23	ME-29
	ppm	ppm	ppm	ppm
Ba	>5 x 104	>5 x 104	>5 x 104	>5 x 104
Be	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Co	0.7	<0.2	<0.2	<0.2
Cs	0.4	<0.1	0.1	<0.1
Ga	0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Hf	3.3	0.9	0.4	1.7
Nb	0.3	<0.1	0.2	<0.1
Rb	1.4	<0.1	0.6	0.1
Sn	<1.0	<1.0	<1.0	<1.0
Sr	5711.0	20616.0	23301.0	26705.1
Ta	9.5	1.9	1.4	8.1
Th	<0.2	<0.2	0.8	<0.2
U	0.2	<0.1	<0.1	0.2
V	<8.0	<8.0	<8.0	12
W	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Zr	1.1	<0.1	0.6	1.7
Y	1.3	1	1.7	1.3
Mo	6.5	<0.1	0.1	<0.1
Cu	5869	3.6	14.8	67.4
Pb	16.9	2	3.5	3.3
Zn	519	2	6.0	4
Ni	3.2	<0.1	0.5	0.2
As	131.3	<0.5	6.0	4.2
Cd	4.6	<0.1	<1.0	<0.1
Sb	543.5	2.3	27.2	2
Bi	2.5	<0.1	0.1	<0.1
Ag	13.9	0.2	0.6	0.1
Au (ppb)	35.9	<0.5	<0.5	<0.5
Hg	53.35	0.33	5.6	0.38
Tl	<0.1	<0.1	0.2	0.1
Se	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5

in all samples indicate the presence of galena as accessory mineral.

The geochemical study of barites from Rostovo area has revealed that: a) their $SrSO_4$ contents are high, b) the REE contents are low, c) their sulphur isotopes correspond to values in sulphates of Permian sea, d) their significantly elevated oxygen isotopes point to overpinting in the Upper Permian/Lower Triassic period; e) their trace element data indicate the presence of Au- and Ag rich Hg-Cu-Sb tetrahedrite and accessory galena. All this characteristics are also typical for other barites in MBSM.

REFERENCE

JURKOVIĆ, I., PALINKAŠ L., SLOVENEC, D., ŠIFTAR, D., MIKO, S., JAKŠIĆ, M. & PEZDIČ, J. (1997): Geochemical characteristics of mercurian tetrahedrites from the Middle Bosnian Schist Mountains. – In: PAPUNEN, H. (ed.): Mineral Depostis: Research and Exploration. Where do they meet? 4th Biennal SGA Meeting, Turku, Finland, August 1997. Publ. by A.A. Balkema, 829–832, Rotterdam.

JURKOVIĆ, I., GARAŠIĆ, V. & HRVATOVIĆ, H. (2010): Geochemical characteristics of the barite occurrences in the Paleozoic complex of the Southeastern Bosnia and their relationship to the barite deposits of the Mid-Bosnian Schist Mountains.– Geologia Croatica (in press).

RAMOVIĆ, M. (1976): Barit. Mineralne sirovine Bosne i Hercegovine. Knjiga II. Ležišta nemetalnih sirovina.– Geoinženjering, Sarajevo, 358–379.

Sadržaj Pb, Zn i Cd u recentnim sedimentim muljevima rijeka Mure i Drave

Content of Pb, Zn and Cd in recent muds of Mura and Drava Rivers

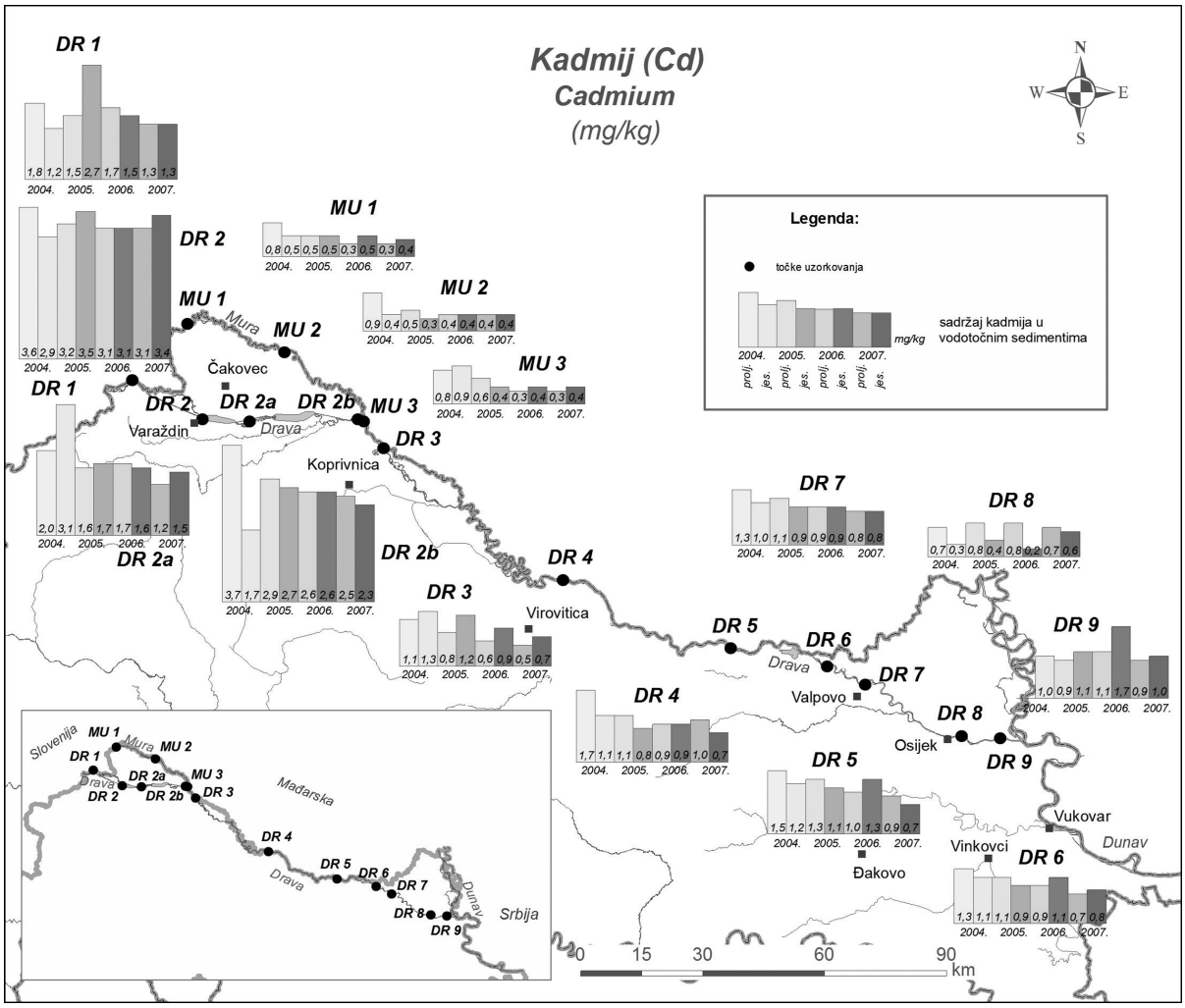
Josip Halamić & Ajka Šorša

Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Hrvatska
(josip.halamic@hgi-cgs.hr)

Ključne riječi: teški metali, vodotočni sedimenti, monitoring, Mura, Drava, Hrvatska
Key words: Heavy metals, Stream sediments, Monitoring, River Mura, River Drava, Croatia

1. Uvod

Postoji stalna opasnost od onečišćenja površinskih i podzemnih voda potencijalno toksičnim elementima izazvanih, kako kontroliranim, tako i nekontroliranim ispuštanjem štetnih tvari u vodotoke rijeka. Radi toga potrebno je redovito kontrolirati koncentraciju tih elemenata u recentnim vodotočnim muljevima (monitoring). Plavljenje poplavnih ravnica dovodi do povećanja koncentracija onečišćujućih tvari



Slika 1. Koncentracije kadmija u recentnim vodotočnim muljevima rijeka Mure i Drave u periodu od 4 godine.
Figure 1. Concentration of cadmium in recent stream muds of Mura and Drava Rivers in time period of 4 years.

u tlu, nakon čega se one pomoću oborinskih voda izlužuju i transportiraju u podzemne vodonosnike. To je naročito izraženo na područjima koja imaju tanak vodonepropusni sloj iznad vodonosnika. Neosporno je da je analiza vode nezaobilazan i precizan instrument za kontrolu opterećenosti voda riječnih tokova onečišćujućim tvarima. Međutim, te tvari se mogu uzimanjem monitoring-analiza vode samo slučajno detektirati, pogotovu kod povremenog ispuštanja u vodotok. Kada onečiščujuće tvari (teški metali, organski onečiščivaći i dr.) dospiju u vodotoke relativno se brzo transportiraju nizvodno (u vremenskim valovima sukladno ispuštanju) i teško ih je, radi dužih vremenskih razmaka uzimanja pojedinih monitoring-analiza vode, kontrolirati, odnosno lokalizirati izvorišta onečišćenja (tzv. hot spotove). Poznata je sposobnost vezivanja potencijalno toksičnih elemenata na krute tvari u suspenziji te njihovo relativno brzo odlaganje na za to pogodnim i zaštićenim mjestima u koritu vodotokova i to najčešće na recentnim poplavnim ravnicama. Stoga je za praćenje opterećenja štetnim tvarima kroz duža razdoblja najpogodnije uzorkovanje recentnog vodotočnog mulja (stream-sediment granulometrijske frakcije <0,04 mm).

2. Materijali i metode

2.1. Uzorkovanje i laboratorijske metode

Za uzorkovanje su na rijeci Muri odabrane tri lokacije, a na Dravi 11 lokacija. Pošto rijeke Mura i Drava nemaju svoje izvorište u R. Hrvatskoj (Mura-Austrija, Drava-Italija) prve točke su locirane neposredno nakon granice s R. Slovenijom. Ostali su uzorci uzimani nizvodno od većih pritoka kao i nizvodno od većih urbanih cjelina. Lokacije na Muri su: neposredno nizvodno od državne granice s R. Slovenijom, nizvodno od ušća Lendave u Muru i neposredno prije ušća Mure u Dravu. Na Dravi je prva točka, također, neposredno nakon državne granice, zatim nizvodno od urbane cjeline Varaždina, nizvodno od akumulacije Varaždin (stari tok Drave), nizvodno akumulacije Dubrava (stari tok), nizvodno od ušća Mure u Dravu, nizvodno od urbane cjeline Terezino Polje, nizvodno od Moslavine Podravske, nizvodno od Donjeg Miholjca, nizvodno od urbane cjeline Belišće-Valpovo, nizvodno od urbane cjeline Osijeka i lokacija prije utoka Drave u Dunav (Slika 1). Na svakoj lokaciji su uzimani kompozitni uzorci recentnog sedimenta od zadnjeg najvišeg vodostaja do aktualne razine vodotoka u količini oko 1kg u vremenskom razmaku od 6 mjeseci (proljeće i jesen) tijekom 4 godine. Nakon razaranja u zlatotopci analizirana je frakcija <0,04 mm ICP-MS metodom. Točnost analitike kontrolirana je standardom LKSD-2 (Geological Survey of Canada) te internim laboratorijskim standardom DS-7 (ACME Laboratories). Preciznost je kontrolirana ponovljenim uzorcima (svaki deseti u setu). Točnost i preciznost za Pb, Zn i Cd su u granicama koje zadovoljavaju primjenjenu analitičku tehniku.

3. Rezultati istraživanja

Utvrđeno je da je koncentracija Pb, Zn i Cd u sedimentima rijeke Mure i do nekoliko puta manja nego u sedimentima rijeke Drave. Generalno gledano koncentracija metala opada od graničnog područja s R. Slovenijom nizvodno. Recentni vodotočni sedimenti rijeke Drave od slovenske granice do ušća rijeke Mure anomalno su opterećeni sa sva tri promatrana elementa. Koncentracija elemenata znatno opada nakon ušća rijeke Mure u Dravu (efekt razrjeđenja) (Slika 1). Uzrok tih povišenih do anomalnih sadržaja potencijalno toksičnih elemenata u vodotočnim recentnim muljevima rijeke Drave su prirodne Pb-Zn rudne pojave s kadmijem kao pratećim elementom u Italiji, Austriji i Sloveniji (geogeno podrijetlo) te erozija haldišta na obalama rijeka Drave i Meže uz Pb, Zn rudokope u Austriji i Sloveniji (Bleiberg, Mežica).

Pedološke, geološke i geokemijske značajke uzoraka GEMAS projekta u R. Hrvatskoj

Pedological, geological and geochemical characteristics of samples of GEMAS project in Croatia

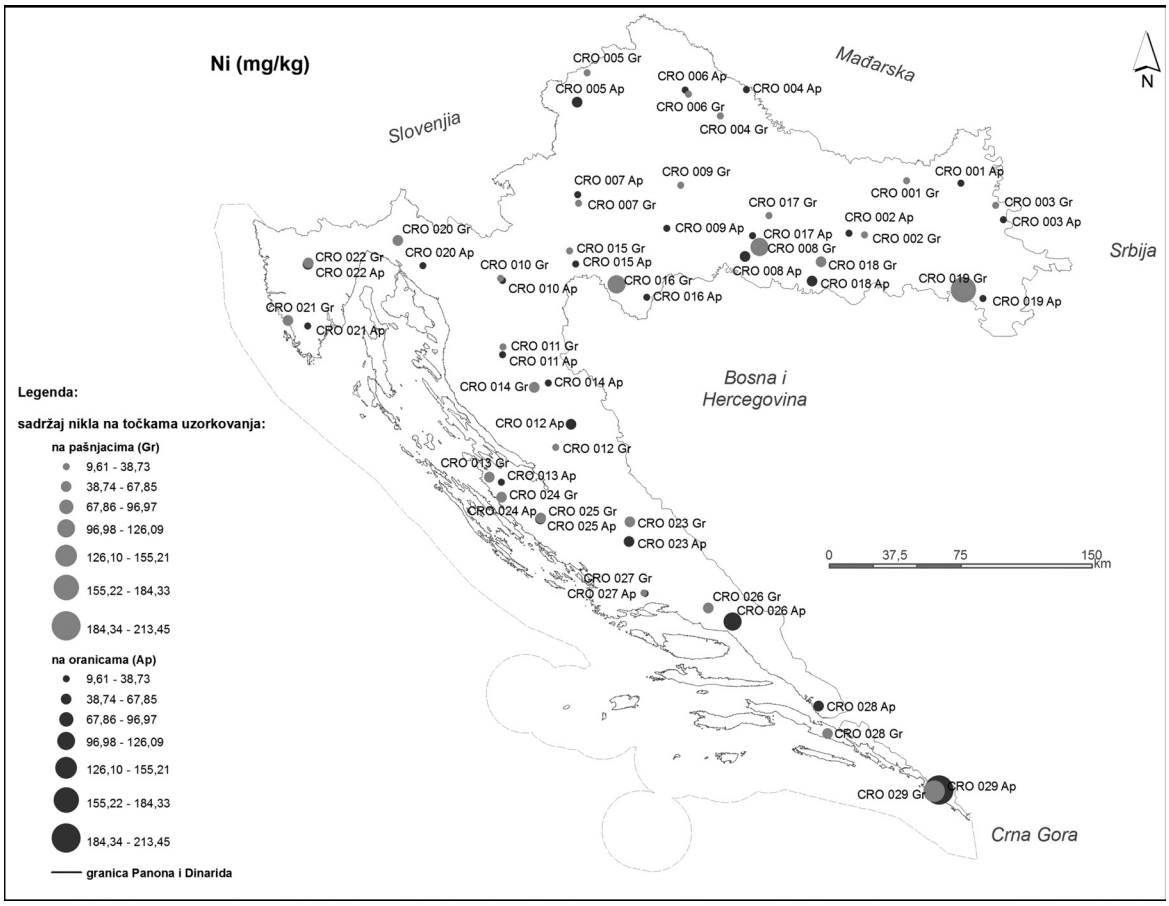
Stjepan Husnjak[1], Josip Halamić[2], Ajka Šorša[2] & Vedran Rubinić[1]

[1]Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za pedologiju, 10 000 Zagreb, Hrvatska
[2]Hrvatski geološki institut, Zavod za geologiju, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: GEMAS, poljoprivredno tlo, tlo pašnjaka, geokemija, Hrvatska
Key words: GEMAS, agricultural soil, grazing land soil, geochemistry, Croatia

1. Uvod

Pan-Europski projekt geokemijskog kartiranja poljoprivrednih tala i pašnjaka – GEMAS (**GE**ochemical **M**apping of **A**gricultural **S**oils and grazing land soils) pokrenut je 2007. godine uz sudjelovanje 35 europskih Geoloških službi, a pod vodstvom EuroGeoSurveys-Geochemistry Expert Group (EGS). Hrvatski geološki institut-Hrvatska geološka služba (HGI-CGS), kao stalna članica EGS-a, sudjelovala je u izvedbi projekta u R. Hrvatskoj. Planom projekta predviđeno je da se na istraživanim lokacijama, pored geokemijskih parametara, utvrde i pedološke značajke tla, zbog čega su u realizaciju projekta bili uključeni i pedolozi s Agronom-



Slika 1. Koncentracije nikla u poljoprivrednim tlima i tlima pašnjaka na lokacijama uzorkovanja (Koncentracije u mg/kg).
Figure 1. Nickel concentrations in agricultural soils and grazing land soils of the sampling sites (Concentration in mg/kg).

skog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, uz financijsku potporu Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa. Svrha ovog rada je prikazati pedološke, geološke i geokemijske značajke tla svih 58 lokacija toga projekta.

2. Materijali i metode

Metodologija terenskog rada definirana je usuglašenim uputama (EUROGEOSURVEYS, 2008). Uzorkovanje je provedeno po unaprijed definiranoj pravilnoj kvadratnoj mreži 50×50km^2 sa slobodom izbora lokacije uzorkovanja unutar kvadrata. Uzorci su uzimani u onim ćelijama čiji je centar pao u područje R. Hrvatske. Na teritoriju R. Hrvatske uzeto je 58 kompozitnih uzoraka od čega 29 na oraničnim površinama, a 29 na trajnim travnatim površinama. Dubina uzorkovanja za poljoprivredno tlo bila je 0–20 cm, a za travnate površine 0–10 cm. Radi utvrđivanja sistematske pripadnosti tala dodatno su uzimani uzorci iz pedoloških profila (8 lokacija) i iz sondažnih bušotina.

Kemijske analize svih uzoraka s projekta napravljene su u ACME Analytical Laboratories, Vancouver (Kanada). Analizirana frakcija bila je <2 mm, a uzorci su pripremani u zlatotopci. Analitičke tehnike bile su ICP-AES i ICP-MS. Pedološka analiza uzoraka napravljena je prema HRN ISO standardnim metodama u laboratoriju Zavoda za pedologiju na Agronomskom fakultetu u Zagrebu, gdje su utvrđena osnovna fizikalna i kemijska svojstva tla.

3. Rezultati istraživanja

3.1. Geološke i geokemijske značajke lokacija

Podloga većine uzetih uzoraka izgrađena je od karbonatnih stijena jure, krede i paleogena, dok su tercijarne i kvartarne klastične naslage druge po zastupljenosti (HRVATSKI GEOLOŠKI INSTITUT, 2009). Srednja koncentracija 9 potencijalno toksičnih elemenata (As, Cd, Co, Cr, Hg, Mo, Ni, Pb i Zn) veća je u tlima na travnatim površinama za razliku od poljoprivrednih tala. Na slici 1. prikazana je prostorna raspodjela nikla. Poljoprivredna tla pokazuju veće koncentracije makroelemenata K, Ca, Mg i P.

3.2. Pedološke značajke lokacija

Na 8 reprezentativnih lokacija otvoreni su pedološki profili i analizom je utvrđeno da se na tim lokacijama javlja 6 tipova tla od kojih tri tipa pripadaju odjelu automorfnih, a tri odjelu hidromorfnih tala. Na preostalim lokacijama utvrđeno je 13 tipova tala, odnosno veći broj njihovih nižih jedinica. Od toga, 9 tipova tala pripada odjelu automorfnih tala, a četiri tipa tla odjelu hidromorfnih tala (ŠKORIĆ et al., 1985).

LITERATURA

EUROGEOSURVEYS (2008): EuroGeoSurveys Geochemical mapping of agricultural and grazing land soil of Europe (GEMAS) – Field manual.– NGU report 2008.038, Norges geologiske undersøkelse, Trondheim, Norway, 46 p.

HRVATSKI GEOLOŠKI INSTITUT (2009): Geološka karta Republike Hrvatske 1:300.000.– Hrvatski geološki institut, Zavod za geologiju, Zagreb.

HUSNJAK, S. & RUBINIĆ, V. (2009): Izvještaj o terenskim i laboratorijskim istraživanjima tla te tipološke pripadnosti pedoloških profila i sondažnih bušotina – Projekt GEMAS.– Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za pedologiju, 58 str., Zagreb.

ŠKORIĆ, A., FILIPOVSKI, G. & ČIRIĆ, M. (1985): Klasifikacija zemljišta Jugoslavije.– Posebno izdanje knjiga Akademije nauka i umjetnosti Bosne i Hercegovine – odjela prirodnih i matematičkih nauka, 72 str., Sarajevo.

Mercurian tetrahedrite from the Saski Rad barite siderite veins in the Mid-Bosnian Schist Mts. (MBSM)

Živin tetraedrit iz baritno-sideritnih žila ležišta Saski Rad u MBSM

Ivan B. Jurković[1], Vesnica Garašić[1] & Ivan M. Jurković[2]

[1]Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Croatia
[2]Vladimira Ruždjaka 25, 10 000 Zagreb, Croatia

Key word: Hg-tetrahedrite, Mid-Bosnian Schist Mts, geochemial data, Saski Rad deposit
Ključne riječi: Hg-tetraedrit, Srednjebosanske škriljave planine, geokemijski podaci, ležište S. Rad

The Saski Rad veins are south-eastern pieces of the Mačkara vein, 10 km SE of the town of Gornji Vakuf in the MBSM (JURKOVIĆ, 1960). The pre-Devonian metamorphic rocks are host rocks of the two short thin veins (0.2–0.3 m), striking NE-SW and dipping 40 degrees to SE (JURKOVIĆ et al., 1994). The siderite, containing 81.2% $FeCO_3$, 9.52% $CaCO_3$, 6.60% $MgCO_3$ and 2.7% $MnCO_3$, is the main mineral followed by Hg-tetrahedrite and barite in the Saski Rad vein (No 7). In the Saski Rad vein siderite is subordinate, whereas Hg-tetrahedrite and barite are the dominant minerals.

Table 1. Quantitative chemical analyses of Hg-tetrahedrites from the Saski Rad deposit.
Tablica 1. Kvantitativne kemijske analize Hg-tetraedrita iz ležišta Saski Rad.

	1	2	This work							
Main elements			Main elements		REE		Trace elements		Admixture	
	%	%		%		ppm		ppm		%
Cu	38.290	41.770	Cu	39.8100	La	9.30	Cr	20.0	$BaSO_4$	0.0467
Fe	5.070	5.030	Fe	5.7010	Ce	0.60	Mo	7.3	$SrSO_4$	0.0129
Zn	0.290	0.460	Zn	0.2249	Pr	0.05	Tl	91.9	$CaCO_3$	0.3496
Hg	2.820	4.060	Hg	3.8120	Nd	<0.30	Cs	0.2	$MgCO_3$	0.0347
Ag	0.140	0.149	Ag	>0.0300	Sm	<0.05	Rb	1.2	**Total**	**0.4439**
Ni	n.a.	n.a.	Ni	0.0071	Eu	<0.02	U	0.1		
Co	n.a.	n.a.	Co	0.0113	Gd	0.07	Zr	0.6		
W	n.a.	n.a.	W	0.0020	Tb	0.01	Y	0.3		
Cd	n.a.	n.a.	Cd	0.0027	Dy	0.08	**Total**	**121.6**		
Sb	21.160	16.830	Sb	19.0300	Nb	<0.02				
As	4.010	5.840	As	5.0200	Er	0.05				
Bi	0.232	0.247	Bi	0.2509	Tm	<0.01				
S	25.440	23.340	S	22.6315	Yb	<0.05				
Se	n.a.	n.a.	Se	>0.0109	Lu	<0.01				
CO_3^{2-}	n.a.	n.a.	CO_3^{2-}	0.5151	Total	10.16				
Au	0.00218	n.a.	Au	0.001104						
M.a.	n.a.	n.a.	M.a.	0.4439						
Tr.el.	n.a.	n.a.	Tr. el.	0.0122						
REE	n.a.	n.a.	REE	0.0010						
Total	**97.450**	**97.730**	**Total**	**97.5450**						

Legend: (1) analysis from JURKOVIĆ et al. (1994); (2) analysis from JURKOVIĆ et al. (1997); M.a. = mechanical admixtures, determined by calculation from chemical analysis; Tr. el. = trace elements. Values of Be, Pb, Ga, Hf, Nb, Ta, Sn, Th and V were below detection limit. Difference between 97.5% and 100% occur due to the not analyzed O_2 and H_2O^+.

Legenda: (1) analiza iz JURKOVIĆ i dr. (1994); (2) analiza iz JURKOVIĆ i dr. (1997); M.a. = mehaničke primjese, određene računom na temelju kemijske analize; Tr. el. = elementi u tragovima. Vrijednosti Be, Pb, Ga, Hf, Nb, Ta, Sn, Th i V su bile ispod granice određivanja. Razlika između 97,5% i 100% je nastala jer nisu analizirani O_2 and H_2O^+.

Table 2. Sulphur isotope composition of mercurian tetrahedrite from the Saski Rad deposit.
Tablica 2. Izotopni sastav sumpora u Hg-tetraedritu iz ležišta Saski Rad.

Sample	^{34}SCDT	Publication
SAS-41. No 102/a	–9.50	1994
Saski Rad No 7	–10.69	1997
Saski Rad. No 8	–9.68	1997
SAS-41.No 102/b	–9.90	this work
S-RADT	–10.30	this work
SAS-TET	–10.60	this work

Results of quantitative chemical analyses of Hg-tetrahedrite samples from the Saski Rad ore deposit are presented in Table 1. Analyses which have been performed in 1994 and 1997 contain only the main elements (Cu, Fe, Zn, Hg, Ag, Sb, As, Bi, S and Au), whereas the minor constituent components (Ni, Co, W, Cd and Se) are not determinated. The first detailed chemical analysis (main and minor constituent components, REE and trace elements) of one MBSM tetrahedrite sample was done within the scope of this work. According to this analysis the studied sample represents a Cu-Sb-S tetrahedrite in which Cu is isomorphically replaced by Fe (5.70 %), Hg (3.81 %), Zn (0.225 %) and Ag (>0.03 %) and also by minor components (71 ppm Ni, 113 ppm Co, 20 ppm W, 27 ppm Cd). Additionaly Sb is substituted by As (5.02%) and Bi (0.25 %), whereas S is replaced by Se (>109 ppm). Due to the presence of some percent of mercury in the crystal lattice of this tetrahedrite, it was termed schwazite rich in silver and gold. The REE values of studied Hg-tetrahedrite are extremely low (Table 1). The content of all detectable lanthanides (La, Ce, Pr, Gd, Tb, Dy and Er) is 10.16 ppm. Only eight trace elements (Cr, Mo, Tl, Cs, Rb, U, Zr and Y) have been detected and have total sum of 121.6 ppm. Among them Tl is the most abundant (91.9 ppm what is equal to 72%). This is in conformity with the occurrence of Se in the Hg tetrahedrite lattice.

Six Hg-tetrahedrites from the Saski Rad ore deposit (three within the scope of this work) were analysed for $\delta^{34}S_{VCDT}$ values (Table 2). This values, ranging from –9.50 ‰ to –10.69‰ (average: –10.09 ‰), are in accordance with 18 other values obtained on 18 different Hg-tetrahedrite samples from the whole Mid-Bosnian Schist Mts. (JURKOVIĆ et al., 1997), which range from –5.50 ‰ to –15.40 ‰ (average: –10.40 ‰).

Table 3. Analyses of siderite from the Saski Rad deposit.
Tablica 3. Analiza siderita iz ležišta Saski Rad.

components	wt %	mol %
$FeCO_3$	81.23	74.39
$CaCO_3$	9.52	10.18
$MgCO_3$	6.59	12.22
$MnCO_3$	2.66	2.47
Total	100.00	99.26

The contents of the four main components (molar and wt %) of the siderite sample representative for the Mačkara–Saski Rad vein system are presented in Table 3. Molar composition reflects hydrothermal fluid system characterized by heightened temperature.

The trace elements (Cd, Ni, Cr, Se) are determinated in the crystal lattice of tetrahedrite from the Saski Rad deposit, what has not been studied in the tetrahedrites from the other deposits in MBSM until now. The quantitative relation of the main elements in the studied tetrahedrite is very similar to that in tetrahedrite of Mačkara deposit approving the earlier assumption that the Saski Rad vein deposit represents the brocken part of the Mačkara ore vein. Strong negative $\delta^{34}S_{VCDT}$ values in the tetrahedrites of the Saski Rad and Mačkara deposits point to their origin in post-Variscan mineralisation phase.

REFERENCE

JURKOVIĆ, I. (1960): Quecksilberfahlerz vom Mačkara Gang bei Gornji Vakuf in Bosnien.– Neues Jh. d. Mineral., 94, 539–558, Stuttgart.

JURKOVIĆ, I., ŠIFTAR, D. & PEZDIČ, J. (1994): Geology and geochemistry of the mineralization from the Gornji Vakuf, Bosnia.– Rudarsko-geološko-naftni zbornik, 6, 19–37, Zagreb.

JURKOVIĆ, I., PALINKAŠ, L, ŠIFTAR, D., MIKO, S., JAKŠIĆ, M. & PEZDIČ, J. (1997): Gechemical characteristics of mercurian tetrahedrites from the Mid-Bosnien Schist Mts.– In: PAPUNEN, H. (ed.): Mineral Depostis: Research and Exploration. Where do they meet– 4th Biennal SGA Meeting, Turku, Finland, August 1997. Publ. by A.A. Balkema, 829–832, Rotterdam.

JURKOVIĆ, I., GARAŠIĆ, V. & HRVATOVIĆ, H. (2010): Geochemical characteristics of barite occurrences in the Palaeozoic complex of South-eastern Bosnia and their relationship to the barite deposits of the Mid-Bosnian Schist Mountains.– Geologia Croatica, 63/2, 241–258, Zagreb.

Geochemical and grain-size variations within the overbank sediment from the Sava River, Croatia

Geokemijske i granulometrijske varijacije unutar poplavnog sedimenta rijeke Save u Hrvatskoj

Gordana Medunić[1], Kristina Pikelj[2], Nenad Tomašić[1], Esad Prohić[1], Ivan Pogačić[1] & Vedrana Pogačić[1]

[1]Faculty of Science, Institute of Mineralogy and Petrography, University of Zagreb, Horvatovac 95, 10 000 Zagreb, Croatia (gpavlovi@inet.hr)

[2]Faculty of Science, Institute of Geology and Palaeontology, University of Zagreb, Horvatovac 102a, 10 000 Zagreb, Croatia

Ključne riječi: savski aluvij, granulometrijski sastav, elementi u tragovima, korelacija, kalcit, kvarc
Keywords: Sava river alluvium, grain-size composition, trace elements, correlation, calcite, quartz

Four overbank profiles (S7, S8, S9, S10) of the Sava river alluvium downstream from Samobor to Sisak were sampled over 10- to 20-cm intervals. Grain-size analysis was carried out by the combination of wet sieving (> 0.063 mm) and sedigraph (< 0.063 mm). Results of the chemical and the grain-size analyses were processed by means of statistical techniques to reveal the profile patterns of textural and chemical data, as well as correlations of selected elements in the different sediment types. Geochemical composition was determined in dry-sieved fraction < 0.125 mm by ICP-MS after the four acid digestion. The minerals identified by XRD were calcite, dolomite, plagioclase, quartz, mica and chlorite.

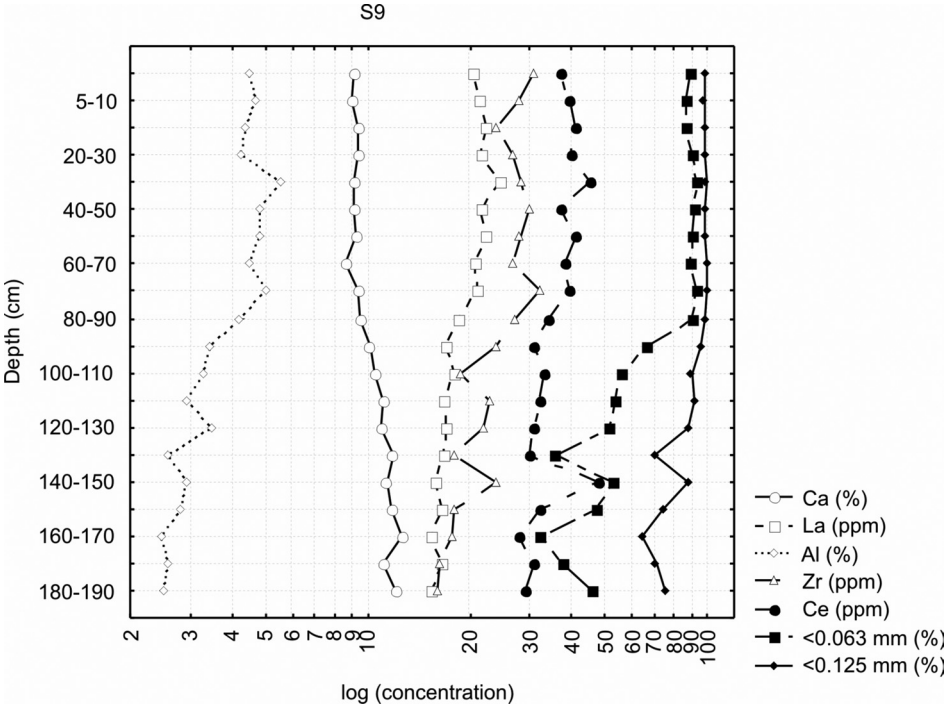
The previous study (PAVLOVIĆ et al., 2004) revealed that the bottom parts of the overbank sediment had decreased Al, Na, K, etc. values and increased Ca and Mg values, whereas the opposite trend was found for the overlying strata. It was concluded that the lower-lying carbonate (CA) and the overlying silicate (SI) population resulted from the intensive erosive action of melting glaciers exerted on limestones and dolomites in the alpine region, followed by local inputs of chemical weathering products mainly of silicate composition. Generally, newly accomplished grain-size analysis has confirmed this finding since the lower parts of the profiles S8, S9 and S10 are dominated by sandy fractions, while the upper ones are characterized by mud which is dominated by silt fractions. Unlike these three, there are two intervals in the upper part of the profile S7 (30-50 cm and 80-100 cm) showing coarsening trend, mostly due to the gravel fraction, and to a lesser extent due to the sand fraction. This coarsening is in accordance with the previous study (PAVLOVIĆ et al., 2005), corresponding to the two sharp peaks of the ^{137}Cs curve. The two caesium maxima were interpreted in the context of the grain-size distribution and sedimentation history, what has been confirmed with new results of the grain-size analysis in this work. The study (PAVLOVIĆ et al., 2005) also found that the sandiest profile was S8 which is the oldest sequence according to gamma-ray measurements.

The Kendall's Tau correlation matrix was calculated for selected elements with respect to the grain-size fraction <0.063 mm. With the exception of the profile S7, the results (Table 1) demonstrate a strong positive correlation for the pair Al-<0.063 mm as well as strong negative correlations among particle size and Ca and Mg, what is consistent with the bimodal lithology of overbank strata previously defined as carbonate and silicate populations (PAVLOVIĆ et al., 2004). Positive correlations among La, Ce and Zr, and the <0.063 mm fraction in the profiles S9 and S10 could be attributed to mechanical transport during sedimentary processes (TAYLOR & MCLENNAN, 1985).

Figure 1 presents downcore variations of selected variables in the profile S9 which are approximately similar to those recorded for the other three profiles. It can be seen that Al, La, Ce, Zr and the two grain-size fractions show concordant patterns, whereas the opposite trend is observed for Ca.

Tablica 1. Kendallova Tau korelacijska matrica za profile poplavnog sedimenta S7, S8, S9 i S10 (brojevi označeni masno značajni su za $p < 0,05$; brojevi uzoraka po profilima su 26, 18, 20 i 26).
Table 1. The Kendall's Tau correlation matrix for the overbank profiles S7, S8, S9 and S10 (numbers in bold are significant at $p < 0.05$; numbers of samples are 26, 18, 20 and 26, respectively)

	< 0.063 mm			
	S7	S8	S9	S10
Al (%)	0.02	0.49	0.80	0.53
Ca (%)	0.11	–0.37	–0.67	–0.47
Mg (%)	0.06	–0.57	–0.64	–0.46
La (ppm)	0.08	–0.16	0.67	0.30
Ce (ppm)	0.12	–0.14	0.56	0.31
Zr (ppm)	0.09	0.22	0.74	0.20



Slika 1. Vertikalna raspodjela odabranih varijabli unutar profila S9.
Figure 1. The vertical distribution of selected variables in the profile S9.

This finding is in agreement with above statements regarding geochemical patterns of overbank sediment controlled by the grain-size distribution and sedimentary processes in the upstream catchment area.

REFERENCES

PAVLOVIĆ, G., PROHIĆ, E. & TIBLJAŠ, D. (2004): Statistical assessment of geochemical pattern in overbank sediments of the river Sava, Croatia.– Environ. Geol., 46/1, 132–143.

PAVLOVIĆ, G., BARIŠIĆ, D., LOVRENČIĆ, I., OREŠČANIN, V. & PROHIĆ, E. (2005): Use of fallout 137Cs for documenting the chronology of overbank sediments from the river Sava, Croatia, and interpreting their geochemical patterns.– Environ. Geol., 47, 475–481.

TAYLOR, S.R. & MCLENNAN, S.M. (1985): The continental crust: its composition and evolution (An examination of the geochemical record preserved in sedimentary rocks).– Blackwell Scientific Publications, Oxford London Edinburgh Boston Paolo Alto Melbourne, 312 p.

Mogućnosti iskorištavanja peloida Morinjskoga zaljeva

Peloid exploitation possibilities in the Morinje Bay

Goran Mihelčić[1], Goran Ivanišević[2], Delko Barišić[1], Vladislav Mihelčić[3] & Niko Filipović[4]

[1]Zavod za istraživanje mora i okoliša, Institut Ruđer Bošković Zagreb, Bijenička 54, 10 000 Zagreb, Hrvatska
[2]Klinika za reumatske bolesti i rehabilitaciju, KBC Zagreb – Rebro, Kišpatićeva 12, 10 000 Zagreb, Hrvatska
[3]Javna ustanova "Nacionalni park Kornati", Butina 2, 22 243 Murter, Hrvatska
[4]INA – Naftaplin, Šubićeva 29, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: peloidi; metali u tragovima; balneoterapija; Morinjski zaljev; Hrvatska
Key words: mud, trace elements, balneotherapy, Morin Bay, Croatia

U ovome su radu prikazana istraživanja sedimentoloških, geokemijskih i fizičko-kemijskih značajki peloida Morinjskoga zaljeva (Srednja Dalmacija, Hrvatska), u svrhu njihove medicinske primjene. Također je prikazana i kvantifikacija peloida pogodnog za eksploataciju, u smislu njihovoga vađenja i pakiranja, te izgradnje zdrvastveno-turističke ustanove tipa "spa" ili "wellness" centra u širem području mjesta Jadrtovac. Iz sedimentoloških i mineraloških analiza zaključeno je da Morinjski peloid pripada skupini pjeskovitog silta s 50% frakcije <30μm, te da je uglavnom sastavljen od karbonatnih, silikatnih, te čestica minerala glina. Iako je karbonatna komponenta dominantna u usporedbi s većinom peloida koji se koriste u medicinske svrhe i određuje njihove fizičko-kemijske značajke, peloidi Morinjskoga zaljeva su pogodni za korištenje u medicinske svrhe. Iz geokemijskih analiza zaključeno je da je koncentracija metala u tragovima u okviru nezagađenih Jadranskih sedimenata. Pozicija, te pogodni prirodni ljekoviti činitelji (klima, sunčevo zračenje, šume alepskoga bora, šetnice i dr.) čine Morinjski zaljev pogodnim područjem za izgradnju zdravstvenog centra.

The study conducted in the Morinje Bay (Central Dalmatia, Croatia) included the investigation of the sedimentological, physico-chemical and geochemical properties of the Morinje Bay sediments in order to assess the suitability of the material for wellness-related purposes including medicinal use. Additionally, an estimate of the quantity of material available for exploitation in the form of mud packs and/or the peloid *in situ* therapy has been made. The sedimentological characteristics of the Morinje mud are in accordance with the geological origin of the material; the sediment is fine grained, composed mostly of carbonates, quartz and clay minerals. The composition of the sediment determines the physico-chemical properties of the mud. The high content of carbonate minerals diminishes favorable characteristics of the mud to some extent; however, they are still comparable to some commercial mud already successfully used for medicinal purposes.

Geochemical analyses have shown that trace metals concentrations in the Morinje bay samples were mostly in the range with similar material from unpolluted Adriatic environments. The concentrations of these elements are slightly higher than in the reference material, but still within permissible limits. Considering the rather closed position of the area and some additional curative factors (warm climate, proximity to the sea-shore, sea spray, pine woods, promenades), the area around the Morinje Bay seems to be quite suitable for establishing a health care center.

Razvoj nove metode optičke spektroskopije u mineralogiji i geokemiji

Development of new method of optical spectroscopy in mineralogy and geochemistry

Srđan Pichler[1] & Dalibor Paar[2]

[1]ECOINA d.o.o., SR Njemačke 10, 10 000 Zagreb, Hrvatska
[2]Fizički odsjek, PMF, Sveučilište u Zagrebu, Bijenička cesta 32, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: fluorescencija, kalcit, laser, LED, luminiscencija, sige
Key words: fluorescence, calcite, laser, LED, luminescence, speleothems

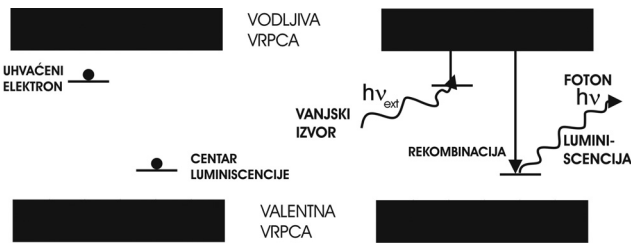
Nove metode laserski koherentne ili nekoherentne spektroskopije mogle bi naći svoju primjenu u mineralogiji i geokemiji za detektiranje mineralnih vrsta i elemenata, ili njihovih iona ako je to moguće. Pri tome bi se koristile fizikalne pojave kao laserom inducirana luminiscencija, odnosno fluorescencija i fosforescencija.

Luminiscencija anorganskih ili organskih tvari rezultat je emisijskog prijelaza atoma, molekula ili iona u kristalu iz pobuđenog elektronskog stanja u osnovno stanje s manjom energijom (Sl. 1). Nova metoda bazirana je na luminiscenciji izazvanoj laserima i supersjajnim svjetlećim diodama (LED) na različitim mineralnim tvarima uz korištenje jednofotonske ili dvofotonske pobude. Umjesto živinih svjetiljki s pobudom na oko 360 nm, koriste se supersjajne LEDice s centralnom valnom duljinom od 365 nm odnosno 385 nm.

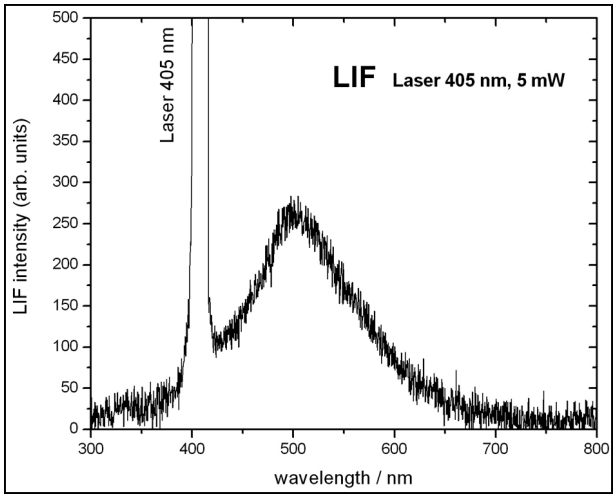
U ovom radu dajemo pregled preliminarnih istraživanja fluorescencije siga uz lasersko koherentno pobuđivanje ili nekoherentno pobuđivanje pomoću supersjajnih svjetlećih dioda, u svrhu razvoja metode za određivanje sekundarnog mineralnog sastava špiljskih sedimenata. Pri tome su uspoređeni fluorescentni signali različitih izvora svjetlosti (na primjer pobudni laseri na 405 i 473 nm, Sl. 2). Fluorescencija siga ovisi o fizikalno-kemijskim uvjetima formiranja špiljskih sedimenata i o prisutnosti pojedinih anorganskih i organskih molekula. Ova mjerenja će biti osnova za razvoj nove metode in-situ karakterizacije geoloških uzoraka.

Cilj istraživanja je eksperimentalno utvrditi ponašanje pojedinih uzoraka, te odrediti mehanizme disocijacije pojedinih elemenata koji su dozirani unutar minerala. Istraživanja se izvode upotrebom laserskog koherentnog svijetla i/ili nekoherentnog svijetla supersjajnih svjetlećih dioda. Dobiveni rezultati su temelj za razvoj mjernog instrumenta koji se koristeći novu tehnologiju (laser ili LEDice), može upotrijebiti na terenu tj. in situ. Idući korak je razvijanje preciznosti same metode, te utvrđivanje koji se fizički i kemijski problemi mogu prevladati, a koji se javljaju uslijed fluorescencije.

U daljnjem razvoju ove metode, obasjavanjem uzoraka s karbonatnim mineralima kao što su kalcit i aragonit, a koji imaju svoja metastabilna stanja tijekom dijageneze stijena, mogla bi se određivati starost stijena.



Slika 1. Metoda luminiscencije je bazirana na mjerenju broja fotona oslobođenih tijekom optičke stimulacije uzorka. Prirodna luminiscencija ovisi o broju elektrona uhvaćenih u kristalnim defektima i oslobođenim tijekom ovog procesa.
Figure 1. Luminescence method is based on measuring the number of photons released during optical stimulation of sample. Natural luminescence depends on the number of electrons in crystal defects caught and released during this process.



Slika 2. Spektar laserom inducirane fluorescencije na uzorku sige.
Figure 2. The spectrum of laser-induced fluorescence of a speleothem sample.

Geochemical characteristics and environmental assessment of the Kočani Field (Republic of Macedonia)

Geokemijske karakteristike i procjena utjecaja na okoliš Kočanskog polja (Republika Makedonija)

Nastja Rogan Šmuc[1], Petra Vrhovnik[1], Tadej Dolenec[1], Todor Serafimovski[2], Goran Tasev[2] & Matej Dolenec[1]

[1]Faculty of Natural Sciences and Engineering, University of Ljubljana, Department of Geology, Aškerčeva 12, 1000 Ljubljana, Slovenia

[2]Faculty of Mining, Geology and Polytechnics, University "Goce Delčev – Štip", Goce Delcev 89, 2000 Štip, Republic of Macedonia

Key words: geochemistry, heavy metals, paddy soil, Kočani field, Republic of Macedonia
Ključne riječi: geokemija, teški metali, hidromorfna tla, Kočansko polje, Republika Makedonija

Contamination of soils with heavy metals is widespread and induces a long-term risk to ecosystem health. This research focuses on the heavy metal contamination of the paddy soils from Kočani Field (Republic of Macedonia) originating from irrigation of the paddy fields by riverine water impacted by past and present base-metal mining activities and acid mine drainage.

The distribution and mobility characteristics of heavy metals (Ag, As, Cd, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb and Zn) in paddy soil samples from Kočani Field were evaluated.

Very high concentrations of Ag, As, Cd, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb and Zn were found in the paddy soils samples in the vicinity of the Zletovska River (western part of Kočani Field). This river drains the acid mine waters and tailing effluents from the Pb-Zn mine in Zletovo and it is used for irrigation of the surrounding paddy fields. The detected total concentrations of As, Cu, Cd, Pb and Zn were far above the threshold values considered to be phytotoxically excessive for the surface soil.

Heavy metal contamination of Kočani paddy soils was also assessed using geoaccumulation index, contamination factor and contamination degree. The results of the applied indexs confirmed a very high contamination status for Kočani paddy soils near the Zletovska River area.

According to the sum of the water soluble (1) and exchangeable (2) fractions for Ag, As, Cd, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb and Zn measured in the paddy soils at Kočani Field, the mobility and bioavailability potential of the heavy metals studied declined in the following order: Cd > Mo > Sb > Zn > Cu > As > Pb > Ni > Ag.

Taking into account the results of the heavy metal concentrations present in the paddy soil, the area around the Zletovska River is considered as the most anthropogenically impacted part of Kočani Field.

Mineraloške i sedimentološke karakteristike željezove rude u povijesnom rudniku Kotlenice

Mineralogical and sedimentological characteristics of iron ore in historical mine Kotlenice

Stanko Ružičić, Filip Presečki, Goran Durn, Neven Tadej & Uroš Barudžija

Zavod za mineralogiju, petrologiju i mineralne sirovine, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: željezova ruda, kreda, kore trošenja, kalkarenit, hematit, getit, gibbsit, Kotlenice
Key words: iron ore, Cretaceous, duricrust, calcarenite, hematite, goethite, gibbsit, Kotlenice

Na području Jadranske karbonatne platfome unutar krednih karbonatnih naslaga pojavljuju se pojave i ležišta limonita. Nalaze se od Istre (Kavran), Kvarnerskih otoka (Krk, Cres) do Drniša, Sinja i Vrgorca (MARKOVIĆ, 2002). Najpoznatija nalazišta željezovih ruda u Dalmaciji nalaze se na području Kotlenice i brane Peruča. Svrha ovog rada je utvrditi mineraloške, sedimentološke i geokemijske karakteristike željezove rude te podinskih i krovinskih vapnenaca u povijesnom rudniku Kotlenice. Prema Osnovnoj geološkoj karti list Omiš (MARINČIĆ, et al., 1976) područje Kotlenica izgrađuju vapnenci turonske starosti, dok prema sjeveru slijede slabo uslojeni bioakumulirani vapnenci senona. Povijesni rudnik željezove rude u Kotlenicama je istraživan tijekom 20. stoljeća u više navrata. Detaljni opis rudnika Kotlenice dali su SAKAČ et al. (1997) i utvrdili da je željezova ruda sedimentnog postanka i da je vezana uz lokalnu emerziju krajem donje krede ili početkom cenomana.

Željezova ruda javlja se u obliku sloja nejednake debljine koji varira od nekoliko centimetara do maksimalno 1 metar i ispunjava paleoreljef unutar podinskih fenestralnih mikritnih vapnenaca. U donjem dijelu i na kontaktu s podinskim vapnencem ruda je kompaktna i tamnocrvene je boje (dominantno je građena od hematita), u srednjem dijelu sloja je laminirane građe (dominantno je građena od getita), a u gornjem dijelu sloja je rastresita i sadrži glinovitu komponentu (dominantno je građena od getita). Važno je istaknuti da uzorci rude uz minerale željeza sadrže i malu količinu gibbsita. Unutar vršnog dijela sloja mjestimično se nalaze proslojci kalkarenita (debljine do 10 cm) koji temeljem terenskih zapažanja mogu imati karakteristike kora trošenja i/ili se nalazi gotovo čista glina crvenkaste boje. Djelomice se u krovini sloja željezove rude također pojavljuju leće brečokonglomerata, kao lateralni ekvivalenti krovinskih mikritnih vapnenaca. Izgrađeni su od srednje zaobljenih, gusto pakiranih klasta (veličine 1,5 cm) krovinskih mikritnih i biomikritnih vapnenaca kao i od fragmenata i čitavih ljuštura radiolitidnih rudista.

Mikropetrografskim analizama određena su dva slična litotipa fenestralnog mikritnog vapnenca u podini i krovini sloja željezne rude. Mikritni vapnenac u podini od fosila sadrži isključivo rijetke bentosne foraminifere, a u njemu se kao bitna značajka uočava fenestralna građa. Fenestre su milimetarskih dimenzija, nepravilnog su oblika i nisu međusobno povezane. Sadrže nakupine sitnih (veličine 0,05 mm), okruglastih zrna pirita, hematita i getita, a zapunjene su mozaičnim kalcitnim cementom. U netopivom ostatku podinskih mikritnih vapnenaca (0,13 tež.%) utvrđeni su hematit, getit i pirit. Mikritni vapnenac u krovini razlikuje se od podinskog mikritnog vapnenca po manjem udjelu navedenih sitnih opakih minerala unutar fenestri. Kalkarenit je izgrađen od dobro zaobljenih, dobro sortiranih i gusto pakiranih karbonatnih klasta te od također dobro zaobljenih opakih minerala (getit i hematit) veličine do 0,5 mm, međusobno povezanih kalcitnim cementom. Karakteriziraju ga milimetarske lamine navedenih klasta/minerala pri čemu su opaki minerali koncentrirani duž pojedinih lamina. Ovakva građa interpretirana je kao rezultat trošenja karbonatne podloge i željezove rude te relativno dugog transporta. U netopivom ostatku kalkarenita (10,85 tež.%) utvrđeni su getit, hematit, kvarc, gibbsit te slijedeći minerali glina: kaolinit, nepravilno interstratificirani klorit-vermikulit i klorit (?).

Fenestralna građa u mikritnom vapnencu iz podine ukazuje na izronjavanje vapnenačkih taloga i formiranje kopnenih okoliša. Terenska zapažanja i prvi rezultati mineraloških, sedimentoloških i geokemijskih istraživanja upućuju da je željezova ruda sedimentnog podrijetla i da je, vjerojatno, nastajala kao kora trošenja u kopnenoj fazi. Nalaz hematita, getita i gibbsita upućuje da se radilo o korama tipa "Ferricrust". Odnos prema podinskom vapnencu kao i činjenica da ruda ispunjava blago razvijen paleoreljef upućuje na alohtoni postanak. U daljnjim istraživanjima pokušati će se utvrditi u kojoj mjeri je kopneni okoliš iz emerzijske faze kao i odnosna klima za vrijeme kopnene faze utjecala na mineralogiju i geokemiju rude, podinskih i krovinskih naslaga. Također će se pokušati utvrditi da li su podinski vapnenci predstavljali jedini izvorišni materijal za nastanak željezne rude.

LITERATURA

MARINČIĆ, S., KOROLIJA, B. & MAJCEN, Ž. (1976): Osnovna geološka karta SFRJ 1: 100.000, list Omiš L33-22.– Institut za geološka istraživanja, Zagreb (1968–1969), Savezni geološki institut, Beograd.

MARINČIĆ, S., KOROLIJA, B., MAMUŽIĆ, P., MAGAŠ, N., MAJCEN, Ž., BRKIĆ, M. & BENČEK, Đ. (1977): Osnovna geološka karta SFRJ 1: 100.000, tumač za list Omiš L 33-22.– Institut za geološka istraživanja, Zagreb (1969), Savezni geološki institut, 51 str., Beograd.

MARKOVIĆ, S. (2002): Hrvatske mineralne sirovine.– Institut za geološka istraživanja, Zavod za geologiju, 544 str., Zagreb.

SAKAČ, K., ŠINKOVEC, B. & ŠEBEČIĆ, B. (1997): Negdašnji rudnik željezne rude u Kotlenici, središnja Dalmacija.– Rudarsko-geološko-naftni zbornik, 9, 121–126, Zagreb.

Heavy metals in alluvial sediments of the Drava River
Teške kovine u aluvijalnim sedimentima rijeke Drave

Robert Šajn[1], Josip Halamić[2] & Zoran Peh[2]

[1]Geological Survey of Slovenia, Dimičeva 14, 1000 Ljubljana, Slovenia
(robert.sajn@geo-zs.si)
[2]Croatian Geological Survey, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Croatia
(josip.halamic@hgi-cgs.hr; zoran.peh@hgi-cgs.hr)

Key words: geochemistry, alluvial sediments, heavy metals, multivariate statistic, River Drava
Ključne riječi: geokemija, aluvijalni sedimenti, teške kovine, multivariatna staistika, rijeka Drava

Abstract

At 134 sampling locations, samples of topsoil (depth of 0–5 cm) and subsoil (depth of 20–30 cm) were collected together along with 30 samples of river sediments. Analysis for 41 chemical elements was performed. Based on a comparison of statistical parameters, spatial distribution of particular elements and the results of factor analysis, three natural and one anthropogenic geochemical associations were identified. The natural geochemical associations (Al-Fe-K-Co-Cr-Cu-Li-Ni-Rb-Sc-Th, Ti-Ce-La-Nb-Ta and Ca-Mg-Sr) were influenced mainly by lithology. The anthropogenic association (As-Ba-Cd-Mo-Pb-Sb-Zn) is mostly the result of historical zinc and lead mining and smelting in the Drava river watershed.

Introduction

The Drava, a major right-bank tributary of the Danube River in south central Europe, is 725 km long and its catchment basin covers an area of 42 240 km^2. The Drava watershed, including its tributaries, has been an important mining and smelting region since antiquity. The industry underwent significant development during the Middle Ages, and achieved its peak in the middle of the last century. Numerous mines and smelters such as Bleiberg-Kreuth in Austria, Cave del Predil in Italy and Mežica in Slovenia have had a significant impact on the chemical composition of the alluvial sediments of the Drava. It is widely known that the broader Drava valley is rich with heavy metals (Pb, Zn, Cu, As, Cd). Major deposits are found in Triassic sedimentary rock near Mežica, Slovenia (mostly limestone and dolomite) containing Pb and Zn ore bodies (galena and sphalerite).

The study area covers the course of the Drava from the Slovenian – Austrian border downstream to the confluence of the rivers Mura and Drava, with a length of 202 km. The study area can be divided into two regions: Alpine and Pannonian. The **Alpine region** occupies the Drava canyon from the Slovenian – Austrian border up to the town of Maribor (about 78 km) where the Alpine landscape is dominant. The **Pannonian region** occupies an area from the town of Maribor downstream to the confluence of the Mura and Drava rivers, where the river valley is wide and exhibits the morphological characteristics of the Pannonian basin.

Materials and methods

In order to determine natural background values of chemical elements and historical dispersion of heavy metals into the alluvial sediments of the Drava, 16 locations in the Alpine region and 118 locations in the Pannonian region were considered. Across the Alpine region, the sampling locations are defined at places along the river course where alluvial plains and river terraces occur. The sampling grid consists of about one sampling location per 10 km of river course. At each sampling location, one sample was collected from the alluvial plane and one from the river terrace. Simultaneously, samples of stream sediment were collected at 8 points in the river. In the Pannonian part of the study area, where extensive alluvial plane and river terraces occur, 118 sampling locations at 25 lines were placed perpendicular to the river course. The sampling locations varied depending on geographical and geological conditions. 20 sampling locations were in recently flooded areas, 29 locations on historically or periodically flooded areas, (currently protected from floodwaters by the riverbank), and 69 locations in river terraces. Samples of stream sediment were collected at 22 locations.

All samples were analyzed in the laboratory ACME, Ltd. in Vancouver, Canada. Analysis of 41 chemical elements (Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, P, S, Ti, Ag, As, Au, Ba, Be, Bi, Cd, Ce Co, Cr, Cu, Hf, La, Li, Mn, Mo, Nb, Ni, Pb, Rb, Sb, Sc, Sn, Sr, Ta, Th, U, V, W, Y, Zn, Zr) was performed by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) after (total) four-acid digestion (mixture of $HClO_4$, HNO_3, HCl and HF at 200 °C).

Results and discussion

The objectives of this study are as follows: an assessment of the geochemical background in the Drava valley be-

fore the industrial revolution; an evaluation of anthropogenic influence on sediment and soil pollution in the valley; and a determination of the spatial distribution of heavy metals in alluvial deposits on the Drava downstream from the Austrian – Slovenian border to the confluence of the Mura and Drava rivers. Three geogenic and one anthropogenic geochemical associations were established on the basis of visually indicated similarities of distribution of elemental patterns along the Drava; similarities of spatial distribution, comparisons of basic statistics, results of factor analysis and enrichment ratios.

One natural geochemical associations which is significant for silty and clayey fractions of alluvial sediments and river terraces links Al, Fe, K, Co, Cr, Cu, Li, Ni, Rb, Sc, Th and V. Second natural geochemical association (Ti, Ce, La, Nb and Ta) is typical for sandy fraction of alluvial sediments and river terraces. And last natural association associate Ca, Mg and Sr significant for carbonate rock weathering and river transport. Anthropogenic group comprises As, Ba, Cd, Mo, Pb, Sb and Zn, representing the chemical elements that are introduced into the environment through anthropogenic activities.

Based on analyses of topsoil, subsoil and river sediments; all floodplains on the river Drava (about 2 km^2 in Alpine region and about 60 km^2 in Pannonian region) according to the legislation of both countries) and the NewDutch list exceed critical concentrations, especially concentrations of Zn. It is also found that about 20 km^2 of recent and historical alluvial sediments exceed critical concentrations in Pannonian area.

Conclusions

The entire studied area of about 130 km^2 is, according to Slovenian and Croatian law, critically polluted with heavy metals, especially zinc. According to the results, a project of sampling and analyzing recent alluvial sediments along the flow of the Drava River will be launched, which will include the entire area from the Drava River spring to its mouth into the Danube River (Italy, Austria, Slovenia, Hungary and Croatia). The next step of our geochemical investigation in this region in the near future will be the sampling of soil profiles for the determination of the vertical distribution of heavy metals in the sediment and soil and consideration of the depth of anthropogenic influence will be carried out. The results will be used in the generation of 3D models and the calculation of the amount of heavy metals in the soil.

Adsorption properties of clays from deposits in loess formations of NW Croatia

Adsorpcijska obilježja glina iz naslaga unutar lesa na području SZ Hrvatske

Nenad Tomašić, Sanja Hmelina, Štefica Kampić, Dragana Mitrović & Nataša Holcinger

Faculty of Science, Institute of Mineralogy and Petrology, Horvatovac 95, 10 000 Zagreb, Croatia

Key words: clays, loess, CEC, NW Croatia
Ključne riječi: gline, les, kapacitet kationske izmjene, SZ Hrvatska

In northwestern Croatia a large number of clay deposits are emplaced in loess formations of Pleistocene age. The loess formations have been mainly described as marshy or acarbonatic continental loess (BASCH, 1980). The clay deposits are largely silty with a subordinate content of clay fraction. They have been generally exploited for brick production.

In the present study adsorption properties of the clays originating from the deposits in northwestern Croatia were evaluated by determination of cation exchange capacity (CEC). The CEC values were related to mineral composition, especially to the content of clay minerals.

The clays were sampled in the clay deposits in the eastern part of Zagreb County (Kraljevečki Novaki, Dugo Selo, Luka), in Bedekovčina, and at several spots in Međimurje County (Belica, Šenkovec, Vukanovec). The sampling sites in Bedekovčina and Šenkovec belong to still active clay quarries mined for brick production. The clay deposits are situated within the Pleistocene loess accumulations (BASCH, 1980; ŠIMUNIĆ et al., 1981; MARKOVIĆ & MIOČ, 1989, 1996), except those from the Vukanovec area which are situated within the Upper Pontian sediments (MARKOVIĆ & MIOČ, 1996). The mineral composition of the clays was determined by X-ray diffraction being supported by heating and swelling tests for clay mineral identification. Cation exchange capacity was measured by application of copper ethylendiamine complex (AMMAN et al., 2005) and subsequent determination by UV–VIS spectrophotometry.

The mineralogical analysis yielded the following phase composition for all the samples: quartz, plagioclase, illite-muscovite and chlorite. Additionally, kaolinite is present in approximately half of the samples.

All CEC values were measured at pH~7. The clay samples from Zagreb County have CEC values between 11 and 18 meq/100 g, the sample from Bedekovčina around 19 meq/100 g, and those from Međimurje County between 7 and 28 meq/100 g (Tab. 1).

The measured CEC values correspond well to the observed mineral composition. The identified clay minerals,

Table 1. The origin of the investigated clay samples and their measured cation exchange capacity.
Tablica 1. Pregled istraživanih uzoraka glina s izmjerenim vrijednostima kapaciteta kationske izmjene.

Sample ID	Locality	Sediment type / age	CEC (meq/100 g)
KN-1	Kraljevečki Novaki	continental acarbonatic loess / Pleistocene	17.55
DS-1	Dugo Selo	marshy loess / Pleistocene	10.86
VR-1	Luka (Vrbovec)	continental acarbonatic loess / Pleistocene	15.28
BD-1	Bedekovčina (quarry)	continental acarbonatic loess / Pleistocene	18.93
SN-1	Šenkovec	continental acarbonatic loess / Pleistocene	13,94
SN-2	Šenkovec	continental acarbonatic loess / Pleistocene	12.11
BL-1	Belica	marshy loess (?), lacustrine sediment / Pleistocene	6.71
VK-1	Vukanovec	sands, gravels, clay layers / Upper Pontian	28.32
VK-2	Vukanovec	sands, gravels, clay layers / Upper Pontian	21.60
VK-3	Vukanovec	sands, gravels, clay layers / Upper Pontian	9.51

being of a great importance for adsorption of trace elements in sediment, have CEC values ranging from 5 to 25 meq/100 g (VAN OLPHEN & FRIPIAT, 1979).

A future study will relate the investigated clay sediments with overlying soil as well as to content of iron and manganese oxyhydroxides and organic matter.

REFERENCES

AMMAN, L., BERGAYA, F. & LAGALY, G. (2005): Determination of the cation exchange capacity of clays with copper complexes revisited.– Clay Minerals, 40, 441–453.

BASCH, O. (1980): Tumač osnovne geološke karte 1:100.000, list Ivanić-Grad.– Savezni geološki zavod, 66 str., Beograd.

MARKOVIĆ, S. & MIOČ, P. (1989): Tumač osnove geološke karte 1:100 000, list Nađ-Kaniža.– Savezni geološki zavod, 36 str., Beograd.

MARKOVIĆ, S. & MIOČ, P. (1998): Tumač osnovne geološke karte 1:100000, list Čakovec.– Institut za geološka istraživanja – Inštitut za geologijo, geotehniko in geofiziko, 69 str., Zagreb – Ljubljana.

ŠIMUNIĆ, AN., PIKIJA, M., HEĆIMOVIĆ, I. & ŠIMUNIĆ, AL. (1981): Tumač osnovne geološke karte 1:100.000, list Varaždin.– Savezni geološki zavod, 75 str., Beograd.

VAN OLPHEN, H. & FRIPIAT, J.J. (1979): Data handbook for clay minerals and other non-metallic minerals.– Pergamon Press, Oxford, 346 p.

Comparison of recent and Pleistocene climate-isotope data from malakofauna

Usporedba recentnih i pleistocenskih izotopnih klimatskih podataka na temelju analize malakofaune

Adriano Banak[1] & Pavle Ferić[2]

[1]Croatian Geological Survey, Geological department, Sachsova 2, 10 000, Zagreb, Croatia
[2]University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Croatia

Key words: Baranja, Bansko brdo, Pleistocene, recent, loess, malakofauna, stable isotopes
Ključne riječi: baranja, Bansko brdo, Pleistocen, recentno, prapor, malakofauna, stabilni izotopi

Baranja is region in eastern part of Croatia. It is bounded from east and south, by rivers Dunav and Drava and by Hungary from the north/north-west. Baranja is mostly covered by Pleistocene sediments, with some local outrocps of Miocene sediments. Pleistocene sediments are dominantly loess, loess-like sediments ('marsh' loess), fluvial, aluvial and marsh sediments, covering Baranja plains. Only high ground in Baranja is Bansko brdo hill (241m), situated in northern part of region, stretching in south-west to north-east direction, about 20 km. Geological basement of Bansko brdo hill is made of limestones, marl, sandstones with conglomerats, andezite, riolte, andezite breccias and tuff's, which are all Miocene age (JENKO, 1957–1959). Igneous rocks are determined to be Badenian age (PAMIĆ & PIKIJA, 1987). Bansko brdo is covered with loess. Total estimated thicknes of loess in investigated area is aprox. 30 m. Oldest loess sections at Bansko brdo, at Zmajevac profile is 121 ka (GALOVIĆ, 2009), which is base of upper Pleistocene.

Loess is eolian silt (SMALLEY, 1966b; SMALLEY et al., 2001). It was deposited by strong winds (dominantly northern) on big open tundras and steps, during Pleistocene. Loess is abundand with fossils, especially malakofaunal (fossil gastropods). 30 bulk samples of loees were taken from loess sections and more than 5000 shells of gastropods were obtained. They can be used for reconstructing paleoclimate and environment, because variations in malakofaunal assemblage, are evidence for climate changes. Stable isotope results are more accurate, they provide quantified values for temperature and humidity changes. Gastropod shells from 3 most abundand fossil species (*Helicopsis hungarica* WAGNER *Chondrula tridens* MULLER and *Arianta arbustorum* LINNAEUS) were analysed on stable isotopes ΔO^{18} and ΔC^{13} in IAMC-CNR in Naples. Isotope results from loess sections, suggest a slight arid/humid and cold/warm variations in climate, during upper Pleistocene. These variations reflect stadial/interstadial climate changes in upper Pleistocene. Stable isotope data can't provide absolute numbers, just relative differences of Pleistocene and recent temperature/humidity. Due to that problem, shells of recent gastropods, collected from meadows, fields and loess sections were also analysed (ΔO^{18} and ΔC^{13}). Numbers obtained from stable isotope results are matched with data of average annual temperature and humidity, at Bansko brdo for year 2009. (Beli Manastir meteorological station). These matched and calculated results, provide a certain 'standard', which can be used to determin (with caution) absolute temperature/humidity during upper Pleistocene.

Results from recent gastropod shells and fossil gastropod shells, indicate significant difference in recent and Pleistocene climate (for Baranja region, which can be aplied for southeast Europe). In general, in upper Pleistocene, climate was much more colder, then recent, and also more arid. In some periods (interstadials) climate was more alike recent climate, but main trend was cold and arid climate, with average annual temperatures more than 7 °C lower than today. These conclusions are expected, but they are quantified and based on data from analytical method (that is very accurate), rather on assumption that climate in upper Pleistocene is alike to recent climate in periglacial environments.

REFERENCES

GALOVIĆ, L., FRECHEN, M., HALAMIĆ, J., DURN, M. & ROMIĆ, M. (2009): Loess chronostratigraphy in Eastern Croatia-A luminescence aproach.– Quaternary International, 198, 85–97.

JENKO, K. (1957–1959): Geološko snimanje Popovačkog brda (Baranja).– Zavod za geološka istraživanja, Zagreb, Fond Stručnih dokumenata, Pov. Br. 92–21 VIII 1959., Naftaplin, Tehnička dokumentacija, br. 1426/I, Zagreb.

PAMIĆ, J. & PIKIJA, M. (1987): Badenian andesites and pyrocalstics from Baranja in northern Croatia (Yugoslavia).– Acta Geologica Hungarica, 30/1–2, 111–133, Budapest.

SMALLEY, I.J. (1966b): The properties of glacial loess and the formation of loess deposits.– Journal of Sedimentary Petrology, 36, 669–676.

SMALLEY, I.J., JEFFERSON, I.F., DIJKSTRA, T.A. & DERBYSHIRE, E. (2001): Some major events in the development of the scientific study of loess.– Earth Science Reviews, 54, 5–18.

Geoarchaeological research of the "white horizon" units from the Early Bronze Age locality "Orovački vinogradi"(Bjelovar, Croatia)

Geoarheološka istraživanja "bijelih slojeva" sa ranobrončanog lokaliteta "Orovački vinogradi" (Bjelovar, Hrvatska)

Uroš Barudžija[1], Goran Jakovljević[2], Dunja Aljinović[1], Vlatko Brčić[3] & Neven Tadej[1]

[1]Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Pierottijeva 6, Zagreb, Hrvatska
[2]Gradski muzej Bjelovar, Trg E. Kvaternika 1, Bjelovar, Hrvatska
[3]Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Key words: geoarchaeology, Bronze Age, Vinkovci-culture, Vučedol-culture, carbonate concretions, diagenesis, Bjelovar, Croatia
Ključne riječi: geoarheologija, brončano doba, Vikovačka kultura, Vučedolska kultura, karbonatne konkrecije, dijageneza, Bjelovar, Hrvatska

Geoarchaeological research at the settlement of Vinkovci-culture period (2100–1900 BC) "Orovački vinogradi" near Bjelovar, resulted in numerous multidisciplinary data, relevant for understanding of everyday life in the beginning of the Bronze Age in Northern Croatia area (JAKOVLJEVIĆ, 2005, 2007). Archaeological data on "horizontal stratigraphy" (spatial arrangement of the objects and findings) obtained during excavation provided the ground-plan of the settlement and collected data on "vertical stratigraphy" (vertical arrangement of findings in units revealed during excavation) assumed the relative chronology of the settlement (GOLDBERG & MACPHAIL, 2006). However, some stratigraphic units remained questionable regarding its origin, i.e. "white horizon" units, consisting of semi-consolidated fine-grained, white marly material. These horizons are uncovered and exposed during archaeological research activities (they were assumed as the floors of the objects and preserved as possibly significant vertical stratigraphic units). Questionable nature and origin of these units temporarily suspended further excavation at the locality, until the results of sedimentological and mineralogical research provided the answers about their nature and origin and until the guidelines for the future treatment of the locality were suggested (conservation of the settlement vs. continuing excavation).

Sedimentological field-work methodology (STOW, 2005) is conducted at the locality and several representative layers are sampled in order to make petrographical and mineralogical analysis and to precisely characterize mineralogical and petrological composition of these layers. All results are summarized on geological column and interpreted in terms of natural (geological) processes involved in the formation of the layering and in the development of the profile. Anthropogenically inaffected outcrop with almost identical layering sequence is found on near-by site "Ciglenska strana" and the same sedimentological field-work methodology and sampling procedure is conducted at this site as well, in order to compare results with the site "Orovački vinogradi". Thin-sections of characteristic samples from the well-lithified sandstones are prepared for petrographical analysis and whole-rock samples are prepared for XRD analysis. Whole-rock samples of the white limy material ("white horizon" units) are prepared for XRD analysis.

Sandstones from "Orovački vinogradi" and from comparing site "Ciglenska strana" are determined as micaceous quartz arenites and considered as almost identical and highly comparable. The "white horizons" units from both sites appearing frequently within the geological column are determined as consisting of spherical and elongated white concretions, which are usually coalesced in one semi-consolidated horizon. Semi-quantitative mineral analysis of the samples from both comparing sites showed similar mineralogical composition of concretions (predominantly calcite with some dolomite and subordinately feldspars, micas and clay minerals).

The results of the sedimentological and mineralogical research revealed that the investigated archaeological site "Orovački vinogradi" and comparing site "Ciglenska strana" (anthropogenically unaffected) both consisting of sands, clayey sands and sandstones and that they were formed by natural (geological) processes of sedimentation and diagenesis. Development of "white horizon" units appearing frequently within the profile is found to be result of the growth of carbonate concretions and their coalescence in particular horizons. Morphologies of carbonate concretions and their geometrical relationships with the surrounding sediments indicate their formation in the pre-compaction phase of diagenesis (SEILACHER, 2001). Coalescence of the concretions in a semi-consolidated layers and the formation of the "white horizon" units within the investigated archaeological profile gives the false impression of anthropogenic horizons. Given geoarchaeological interpretation suggest continuing excavation on the site, with no specific need for

archaeological conservation of these horizons. Assumed relative chronology of the settlement, based on "vertical stratigraphy", should be partly reconsidered.

REFERENCES

GOLDBERG, P. & MACPHAIL, R.I. (2006): Practical and Theoretical Geoarchaeology.– Blackwell, 454 p., Oxford.

JAKOVLJEVIĆ, G. (2005): Antropomorfna figura iz naselja vinkovačke kulture u Orovačkim vinogradima kraj Bjelovara.– Histria Antiqua, 13, 49–55, Pula.

JAKOVLJEVIĆ, G. (2007): Orovački vinogradi.– Hrv. Arheol. God. 3/2006, 109–110, Zagreb.

SEILACHER, A. (2001): Concretion morphologies reflecting diagenetic and epigenetic pathways.– Sed. Geol., 143, 41–57.

STOW, D.A.V. (2005): Sedimentary Rocks in the Field.– Manson Publ., 320 p., London.

Preliminary results of gamma-spectrometric study of soils from Island of Brusnik

Preliminarni rezultati gama-spektrometrijskih mjerenja tala sa otoka Brusnika

Vladimir Bermanec[1], Ivanka Lovrenčić Mikelić[2], Ladislav Palinkaš[1], Matea Rogić[2] & Delko Barišić[2]

[1]Mineraloško-petrografski zavod Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatska
[2]Laboratorij za radioekologiju Zavoda za istraživanje mora i okoliša Instituta Ruđer Bošković, Zagreb, Hrvatska

Keywords: Brusnik, soils, felsic and basic rocks, naturally occurring radionuclides
Ključne riječi: Brusnik, tla, kisele i bazične magmatske stijene, prirodna radioaktivnost

Island of Brusnik is placed in the middle of Adriatic Sea, west of Island of Vis. It is one of three known occurrences of magmatic rocks on the Adriatic islands. Brusnik is a small island with area of 0.03 km^2 approximately.

Soils on the Island of Brusnik are very poorly developed and assumed to be result of local rocks weathering. Occurrences of soil patches are irregularly distributed fulfilling space between blocked rocks. The samples were collected during two excursions in 2002 and 2007.

To the present day different authors agreed that magmatic rocks on Croatian islands are dominantly of basic igneous character.

Collected samples could be divided into three groups on the basis of gamma spectrometric analysis of content of naturally occurring radionuclides. These three groups are:

1. Soils produced by weathering of felsic rocks dominantly

2. Soils produced by weathering of both felsic and basic rocks

3. Soils produced by weathering of basic rocks dominantly

In this case thorium can be used as a fingerprinting element together with potassium. The average activity of thorium in soils produced by weathering of felsic rocks (Tab. 1) is 54 ± 7 Bq/kg, in soils produced by weathering of basic rocks (Tab. 2) is 17 ± 8 Bq/kg, while in mixed product (Tab. 3) is 33 ± 4 Bq/kg (^{232}Th activity of 4.04 Bq/kg is equivalent to the concentration of 1 ppm Th). Similarly the average of potassium activity in soils produced by weathering of felsic rocks (Tab. 1.) is 578 ± 106 Bq/kg, in soils produced by weathering of basic rocks (Tab. 2) is 228 ± 104 Bq/kg, while in mixed product (Tab. 3) is 418 ± 68 Bq/kg (^{40}K activity of 309 Bq/kg is equivalent to the concentration of 1% of total potassium).Table 3. Soils produced by weathering of mixed rock precursors.Differences in uranium content are less significant. The average activity of uranium in soils produced by weathering of felsic rocks (Tab. 1) is 32 ± 10 Bq/kg, in soils produced by weathering of basic rocks (Tab. 2) is 17 ± 2 Bq/kg, while in mixed product (Tab. 3) is 30 ± 7 Bq/kg (^{238}U activity of 12.45 Bq/kg is equivalent to the concentration of 1 ppm U).

Preliminary results of gamma spectrometry analysis show that more detailed study of the rocks and their weathering products could be necessary.

Table 1. Soils produced by weathering of felsic rocks.
Tablica 1. Tla nastala trošenjem kiselih stijena.

Sample	^{40}K	^{232}Th	^{137}Cs	^{226}Ra	^{238}U
2-2002	666.9–14.9*	49.8–2.1	43.1–1.0	41.3–1.4	41.2–5.0
3-2002	738.9–15.1	67.8–2.5	28.4–0.8	43.7–1.4	44.7–5.1
8-2002	539.5–12.8	56.4–2.2	0.4–0.2	34.2–1.3	34.7–4.2
25-2007	451.9–12.7	51.0–2.0	25.7–0.8	37.2–1.3	31.9–4.0
27-2007	512.9–12.3	49.6–2.0	<0.3	32.0–1.2	25.1–3.8
32-2007	557.1–12.4	48.6–2.0	24.3–2.7	36.5–1.3	16.0–3.5
range	**451.9–738.9**	**48.6–67.8**	**<0.3–43.1**	**32.0–43.7**	**16.0–44.7**
Average	**577.9–105.7**	**53.9–7.4**	**<20.4–16.9**	**37.5–4.4**	**32.3–10.5**

* – errors quated at 1 sigma

Table 2. Soils produced by weathering of basic rocks.
Tablica 2. Tla nastala trošenjem bazičnih stijena.

Sample	^{40}K	^{232}Th	^{137}Cs	^{226}Ra	^{238}U
4-2002	340.1–8.8	21.8–1.2	29.6–0.7	20.9–0.9	18.1–3.0
5-2002	341.7–8.6	22.0–1.2	11.2–0.4	12.3–0.6	12.8–2.5
10-2002	273.9–9.0	26.6–1.4	17.1–0.5	17.2–0.8	17.5–3.1
4-2007	166.4–6.6	12.3–1.0	1.3–0.2	18.2–0.8	17.4–2.8
29-2007	131.2–5.7	9.7–0.9	3.8–0.3	17.3–0.8	19.3–2.8
30-2007	114.5–5.3	6.9–0.8	1.5–0.2	17.1–0.7	18.7–2.7
range	**114.5–341.7**	**6.9–26.6**	**1.3–29.6**	**12.3–20.9**	**12.8–19.3**
average	**228.0–103.6**	**16.6–8.0**	**10.8–11.1**	**17.2–2.8**	**17.3–2.3**

Table 3. Soils produced by weathering of mixed rock precursors.
Tablica 3. Tla nastala trošenjem kiselih i bazičnih prekursora.

Sample	^{40}K	^{232}Th	^{137}Cs	^{226}Ra	^{238}U
1-2002	360.3–12.4	27.3–1.8	35.9–1.0	23.6–1.2	23.2–4.1
6-2002	495.1–12.6	33.5–1.9	52.4–1.1	35.1–1.3	35.4–4.1
7-2002	471.0–12.9	36.4–2.0	61.8–1.2	33.5–1.3	31.7–4.3
9-2002	317.8–10.7	31.8–1.8	16.3–0.6	27.3–1.2	27.2–4.0
5-2007	451.2–11.5	38.3–1.7	43.7–0.9	25.5–1.1	40.4–4.0
31-2007	413.1–10.5	32.4–1.6	6.2–0.4	35.7–1.1	23.8–3.5
range	**317.8–495.1**	**27.3–38.3**	**6.2–61.8**	**23.6–35.7**	**23.2–40.4**
average	**418.1–68.2**	**33.3–3.8**	**36.1–21.3**	**30.1–5.3**	**30.3–6.8**

New results of investigations of Pleistocene locality Marlera I (southern Istria, Croatia)

Novi rezultati istraživanja pleistocenskog lokaliteta Marlera I (južna Istra, Hrvatska)

Dejana Brajković, Jadranka Mauch Lenardić, Ljiljana Pavičić, Siniša Radović & Ankica Oros Sršen

Institute for Quaternary Paleontology and Geology, Croatian Academy of Sciences and Arts,
Ante Kovačića 5, 10 000 Zagreb, Croatia
(zpgkvartar@hazu.hr)

Key words: Pleistocene, macrofauna, microfauna, taphonomy, Marlera I, southern Istria, Croatia
Ključne riječi: pleistocen, makrofauna, mikrofauna, tafonomija, Marlera I, južna Istra, Hrvatska

A fossil cave system at Marlera in southern Istria was opened and partially devastated by quarry working; preliminary, interdisciplinary investigations of the exposed sediment profiles have already been reported (MAUCH LENARDIĆ, 2005; BRAJKOVIĆ et al., 2005). Based on those results the systematic research of the fossil cave Marlera I, dating to MIS 2/3, was started. The upper part of the sedimentary body has been investigated and described to a relative depth of –320 cm beneath the surface; the lower part of the sedimentary body has not yet been investigated in detail. The general sedimentary characteristics and taphonomic features of the fossil material indicate accumulation in a relatively accessible subsurface environment, which had to be, at least occasionally, in contact with the surface. Thin layers of coloured clays were located in the central (horizontally and vertically) part of the sedimentary body. They are vertically continuously distributed, while horizontally they have a limited extent. This indicates a persistent and slow water flow. The limited import of material, as well as redeposited Ostracoda shells from nearby Paleogene sediments, several pebbles, iron concretions, and fragments of calcite crystals and flowstone found scattered in the loose, loess-like sediment (10YR6/6), show some fluctuations in sedimentation. Stratigraphic relations are hard to determine because of the large amount of angular and subangular fragments of limestone debris and blocks of weathered limestone bedrock scattered in the sediment. In bedrock niches from the western part of the cave wall, a dark, relatively younger sediment (7.5YR3/2) with an almost humus habitus has been found. Small shards of Neolithic ceramics, Neolithic lithic artifacts, and fish bones, were found exclusively in this dark sediment; remains of birds and other small vertebrates were less frequent in the dark sediment compared to the rest of the sedimentary body. The morphology of the whole cave system, the locations of communication points between the cave and the surface, the ways of in which fossils accumulated, and relations between Pleistocene and Holocene sediments need still to be determined. In accordance with the characteristics of the deposits, the fossil remains are mechanically and chemically much damaged.

Anatomic-taxonomic determination and taphonomic research have been carried out on the fossil remains of large and small vertebrates from the sedimentary complex in the horizontal surface of 11 m^2 and a vertical range from –320 (top part), to the excavated depth of –510 cm. Over six thousand (NISP = 6804) fossil remains (bones and teeth) of small vertebrates have been found in Marlera I sediments only during the excavations in 2009. 90.14 % of these finds have been anatomically and taxonomically determined. Most of the fossil remains, excepting teeth, are fragmented. The majority of determined finds are from rodents, including Muridae (less abundant) and Arvicolidae (more numerous) from the taxa *Arvicola terrestris*, *Microtus arvalis*, *M*. ex gr. *arvalis/agrestis*, *M*. ex. gr. *subterraneus/multiplex*, and *M*. sp. Eulipotyphla (= Insectivora) are represented by 139 finds (mainly *Talpa* sp., but also *Crocidura*), and they are the second most abundant group of small animals. Less abundant are skeletal fragments of fish (Pisces), amphibians (anuras, ?*Bufo* sp.), reptiles (?*Lacerta* sp.), and bats (Chiroptera). The remains of common/field voles (*Microtus* ex gr. *arvalis/agrestis*) are the most abundant arvicolid findings. The determined remains of microvertebrates confirm the previous conclusions (BRAJKOVIĆ et al., 2005, MAUCH LENARDIĆ, 2005, 2007) that during the Late Pleistocene in the vicinity of Marlera I site there prevailed open, grassy habitats of temperate climate.

We have analysed thousands of bones and teeth of large mammals (NISP = 3205) and over a hundred bird bones (NISP = 120) from the trial probe and systematic excavations. Results of our analyses of this greatly enlarged large mammal assemblage radiometrically dated to 41 ky BP, confirm the earlier determined mammal faunal association, while the avifaunal association was updated with the following taxa: *Falco vespertinus, Limosa limosa, Corvus corone /*

frugilegus, Carduelis carduelis, Picus cf. *canus* and family Alaudidae. The supplemented avifaunal assemblage now includes members of the following orders: Anseriformes, Falconiformes, Galliformes, Gruiformes, Charadriiformes, Passeriformes and Coraciiformes. These finds confirm the prevalence of species of temperate and humid climate, while the species of steppe and rocky environment were represented only by a few species.

Fragments of digested bones and teeth of ugulates, foxes and birds, as well as various gnawing marks, indicate presence of carnivores. *Vulpes vulpes* and *Panthera spelaea* dominate in the assemblage and are the major factor in the accumulation of fossil material. Both taxa are represented by all age categories, from infantile/juvenile to adult and old, suggesting that they denned in the cave. The remains of *Canis lupus* and *Felis silvestris* are sporadic throughout the sequence. Of the ungulate remains, the most abundant are those of *Dama dama* represented by all age categories, followed by numerous infantile individuals of *Bos primigenius*, and juvenile to old individuals of *Cervus elaphus*. Only a few remains of roe deer, pig (*Sus scrofa*) and hare (*Lepus europaeus*) are scattered in all horizons. *Equus caballus* is represented by limb parts of adult individuals. The mode of import into the sediment of adult auroch and red deer skeletons with skulls and horns/antler, is quite intriguing.

Humanly-modified lithic artifacts are distributed throughout the Pleistocene complex and attest to the presence of Palaeolithic hunters, while cut marks on bones and especially on the bone of a crane (*Grus grus*) indicate diversity of diet. Cut marks on the medial side of cave lion metapodials are particularly interesting. Systematic research of Marlera is being continued to address the different and complex questions that have appeared.

REFERENCES

BRAJKOVIĆ, D., MALEZ, V., MAUCH LENARDIĆ, J., KARAVANIĆ, I. & MICULINIĆ, K. (2005): Rezultati dosadašnjih istraživanja novog pleistocenskog lokaliteta na Marleri u južoj Istri.– 3. Hrv. geol. kongres, Opatija 29.09.–01.10.2005., (VELIĆ, I., VLAHOVIĆ, I. & BIONDIĆ, R. (ur.), Knjiga sažetaka, Hrvatsko geološko društvo, Hrvatski geološki institut, Prirodoslovno-matematički fakultet, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, INA-Industrija nafte d.d., 17–18, Zagreb.

MAUCH LENARDIĆ, J. (2005): Metrijska i morfotipska analiza zuba gornjopleistocenskih voluharica Hrvatske.– Doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 166 str. + LXXXV, Zagreb.

MAUCH LENARDIĆ, J. (2007): Comparative metric analysis of Late Pleistocene Microtus ex gr. arvalis/agrestis (Arvicolidae, Rodentia, Mammalia) teeth from some Croatian localities.– Courier Forschungsinstitut Senckenberg, 259, 149–154, Frankfurt am Main.

Borderless geology: Geological Maps of Drava territory

Geologija bez granica: Geološke karte dravskog područja

Géza Chikán[1] & Ivan Hećimović[2]

[1]Geological Institute of Hungary, Stefánia út 14, H-1143 Budapest, Hungary
(chikan@mafi.hu)
[2]Croatian Geological Survey, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Croatia
(ihecimovic@hgi-cgs.hr)

Key words: Geological mapping, Drava-basin, Lithostratigraphy, Hungarian-Croatian cooperation
Ključne riječi: Geološko kartiranje, Dravski bazen, litostratigrafija, mađarsko-hrvatska suradnja

Introduction

There is an interesting, spectacular, diverse, special territory on the border of the two countries, Croatia and Hungary: the neighbourhood of Drava River. It is very diverse not only from biological, but geomorphologic and geological point of view, too. The main mass of formations is composed of Quaternary sediments, but on the margin of the territory of fluvial activity one can find different older rock-formations, too. The main part of left riverbank historically belongs to Hungary; the main part of right riverbank belongs to Croatia. However, everybody knows that the nature doesn't know, doesn't recognize political borders. This thought leaded us to achieve an idea: we would like to make, we can make common geological maps of Drava territory.

History

BEAUDANT (1818), HAIDINGER (1845), HAUER (1867), BÖCKH (1896), LÓCZY & PAPP (1922) edited maps which have shown the whole territory of the Carpathian Basin, but detailed map about Drava territory has not been presented. After the Second World War, a quick survey for mapping of the whole territory of Hungary in 1:25 000 scales has been done. These map-sheets remained in manuscript, and from data obtained by this mapping a 1:200 000 scale geological map-series were edited by the Geological Institute of Hungary. However, mapped formations were pictured only on the Hungarian side of the country border. This was the situation till the end of the 20 century.

The Hungarian author of this article is working as geologist on Southern Transdanubian part of Hungary from 1973. When Croatia obtained independency, we have showen our work and strategy for mapping of South Transdanubia on the First Croatian Geological Congress in Opatija. Three years later I have visited the Croatian Geological Institute, where we got acquainted with Dr. Hećimović, and we planned to make common works in the future. On the Second Congress in Cavtat with the help of him we showed a poster about problems and similarities between formations on the Drava territory. Justice cannot be avoided: in 2005, on the Third Congress we set forth to make a common work for unified geological map of the territory of country border, along the Drava River.

Recent works

In 2006 we won a support from our governments in the frame of bilateral S&T cooperation, and we could begin the conciliation on the field, with new results presented in a common article of HEĆIMOVIĆ et al. of this volume. Three years later, in 2009, the geological map on sheet Sellye-Slatina in 1:100 000 scale was finished. In this year we began the survey on the eastern part of Croatia, in Bansko Brdo area.

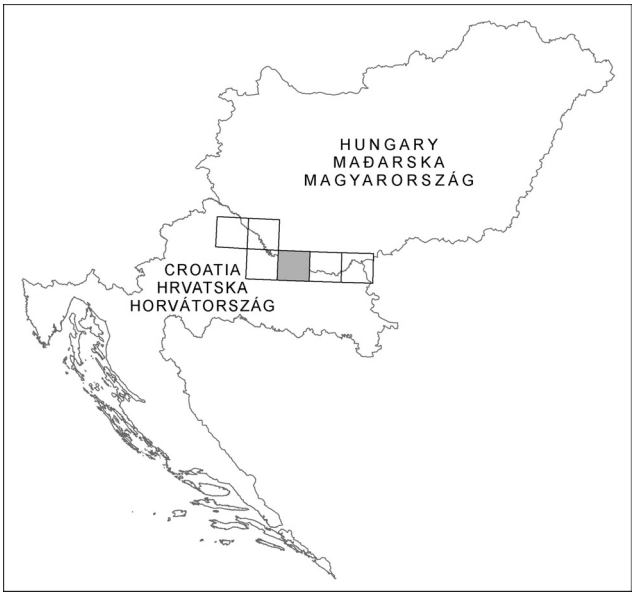


Figure 1. Territory of planned mapping area (grey square is the Sellye-Slatina sheet).
Slika 1. Područje planiranog zajedničkog kartiranja (sivi kvadrat označava list Sellye-Slatina).

Future

We decided to continue this interesting common work on the Drava territory from Berzence/Gola to the Danube (Fig. 1). We would like to finish a common legend and stratigraphic column of the Drava sediments, which is well-usable for works based on geology on the both sides of Drava River.

Acknowledgement

This project was established by the support of the National Office for Research and Technology (Hungary) and was supported by the K 75 801 National Research Foundation (OTKA), the HR-15/2008 and HR-16/2008 projects of S&T Foundation of Hungary and Croatian Ministry of Science, Education and Sports.

REFERENCES

CHIKAN, G., CHIKAN-JEDLOVSZKY, M., KOKAI, A., KOLOSZAR, L., MARSI, I. & PAPP, P. (1995): Integrated Geological Mapping of South-Transdanubia, Hungary.– In: 1. Hrvatski Geološki Kongres. 1st Croatian Geological Congress, 18–21.10.1995. Opatija. Zbornik radova. Proceedings 1, 143–146.

CHIKÁN, G. (2000): Possibilities and Problems in Correlation of Quaternary Sediments of Drava-Basin (Hungary and Croatia). Poster. 2nd Croatian Geological Congress. 17–20.05.2000. Cavtat-Dubrovnik, Croatia.

BEUDANT, F.S. (1823): Carte Gèologique de la Hongrie et de la Transylvanie 1:1 000 000.– In: BEUDANT, F.S. (ed.): Voyage mineralogique et Gèologique en Hongrie pendant l'année 1818; IV. kötet, Párizs, 1823.

BÖCKH, J., KOCH, A., PETHO, GY., TELEGDI ROTH, L., SCHAFARZIK, F., SZONTAGH, T., GESELL, S., HALAVATS, GY., PALLINI INKEY, B. & POSEWITZ, T. (1896): Magyarország geológiai térképe 1:1 000 000.– Magyarhoni Geológiai Társulat kiadása.

HAIDINGER, W. (1845): Geognostische Übersichtskarte der Österreichischen Monarchie 1:864 000.

HAUER, F. (1867): Geologische Übersichts-Karte der Österreich-Ungarischen Monarchie nach den Aufnahmen der K.k. Geol. Reichanstalt bearbeitet 1:576 000.

LÓCZY, L. & PAPP, K. (1922): A magyar birodalom és a szomszédos országok határos területeinek földtani térképe 1:900 000.– Magyar Földrajzi Társaság kiadása.

Primjeri geološkog kartiranja morskog dna Jadrana
Examples of marine geological cartography in the Adriatic

Ranko Crmarić[1], Krunoslav Škaro[1] & Mladen Juračić[2]

[1]Hrvatski hidrografski institut, Split, Hrvatska
[2]Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Hrvatska

Ključne riječi: geološko-strukturni dubinomjer, morsko dno, sediment, penetracija
Key words: Sub bottom profiler, sea bed, sediments, penetration

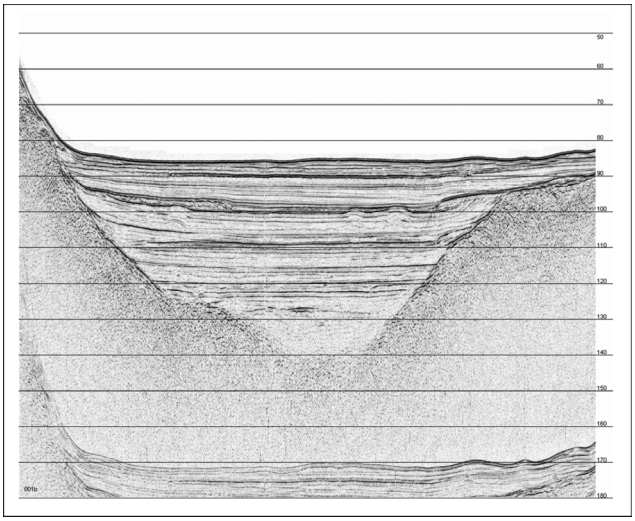
U radu će biti prikazani novi rezultati istraživanja sedimenata i plitkog podmorja na nekoliko lokacija u sjevernom i srednjem dijelu Jadrana. Za istraživanje je korišten geološko-strukturni dubinomjer (Sub Bottom Profiler) kao metoda indirektnog opažanja morskog dna.

S izvedenim indirektnim mjerenjima uporabom geološko-strukturnog dubinomjera (Sub Bottom Profiler), panoramskog dubinomjera (Side Scan Sonar) i višesnopnog dubinomjera (Multibeam Echo Sounder), snimljeni su karakteristični presjeci površine i pod površine morskog dna.

Karakteristični primjeri zapisa bit će prikazani na prilozima, zajedno s njihovim točnim položajem na preglednoj karti. Prikazani primjeri na tim slikama samo su segmenti ili dijelovi trasa obuhvaćenih snimanjem površine i pod površine morskog dna.

Presjeci pokazuju vrlo tanak ili nedostajući sloj recentnog (holocenskog) sedimenta u većini istraženog područja. Isto tako na nekim primjerima se dobro uočava recentna (neotektonska) aktivnost u priobalnom području. Izražene erozijske reljefne forme u podmorju ukazuju na dominaciju erozijskih procesa tijekom pleistocena u priobalnom području.

Penetracija akustičkog signala ograničena je po dubini zbog pojavljivanja osnovne stijene ili kompaktnih sedimenata. Iznad osnovne stijene pojavljuje se različit interval sedimentnog pokrivača koji varira što se vidi i na priloženom presjeku (Sl. 1).



Slika 1. Snimak geološkog dubinomjera na trasi Dugi otok-Zverinac. Dužina profila 700 m. Vertikalno mjerilo u milisekundama (10 ms = 7,5 m).
Figure 1. Sub bottom profile along Dugi otok – Zverinac line. Profile length 700 m. Vertical scale in milliseconds (10 ms = 7.5 m).

Loess/palaeosol section in Šarengrad, Croatia – The correlation of the geochemical and magnetic susceptibility data

Prapor/paleotlo profil u Šarengradu, Hrvatska – usporedba geokemijskih podataka i podataka o magnetskoj susceptibilnosti

Lidija Galović[1], Balázs Bradák[2], Manfred Frechen[3], Goran Durn[4], Josip Halamić[1] & Zoran Peh[1]

[1]Croatian Geological Survey, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Croatia
(lidija.galovic@hgi-cgs.hr; jhalamic@hgi-cgs.hr; zpeh@hgi-cgs.hr)

[2]Department of Physical Geography, Institute of Geography and Geology, Eötvös Loránd University, Pázmány Péter sétány 1/C, H-1117 Budapest, Hungary
(bradak.b@gmail.com)

[3]Leibniz Institute for Applied Geophysics (LIAG), S3: Geochronology and Isotope Hydrology, Stilleweg 2, 30655 Hannover, Germany
(Manfred.Frechen@liag-hannover.de)

[4]Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Croatia
(gdurn@rgn.hr)

Key words: loess, palaeosol, geochemistry, magnetic susceptibility, Croatia
Ključne riječi: prapor, paleotlo, geokemija, magnetski susceptibilitet, Hrvatska

The Šarengrad loess section is located on the south bank of the Danube River in the easternmost part of Croatia. The published lithostratigraphical results including grain size, total organic content, calcium carbonate content and luminescence dating results (GALOVIĆ et al., 2009; submitted) were complemented by geochemical (content of major elements and trace elements and acidity) (Figs. 1 & 2) and magnetic susceptibility (κ) studies (Fig. 3).

Throughout the section, four palaeosols are intercalated in the loess. The oldest, hydromorphic one is covered by laminated alluvial sediments and loess. The second palaeosol is a well-developed dark brown soil, and the other two palaeosols are brownish, less developed and intercalated in loess.

Geochemical characteristics of investigated palaeosols explained both the main characteristics and degree of pedogenesis. Major and trace element content is higher in palaeosol than in loess horizons. Palaeosol horizons could be clearly extracted based on weathering coefficients, such as Ba/Sr, and $(CaO+Na_2O+MgO+K_2O)/Al_2O_3$ (Fig. 2).

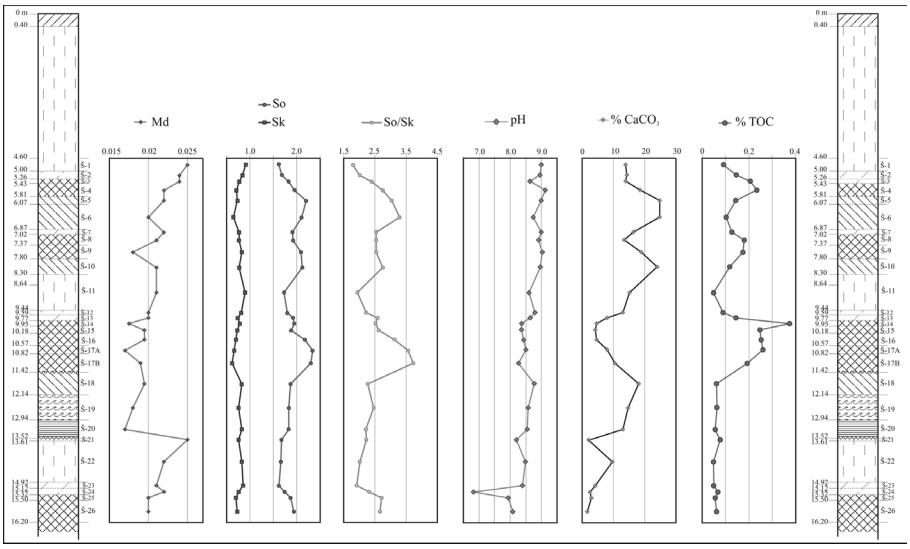


Figure 1. Grain-size coefficients (Md, S_o, S_k), their ratio, acidity, carbonate content and TOC content. Legend: Md-median; S_o-sorting coefficient; S_k-skewness.
Slika 1. Granulometrijski koeficijenti (Md, S_o, S_k), njihov odnos, kiselost, sadržaj karbonata i TOC.

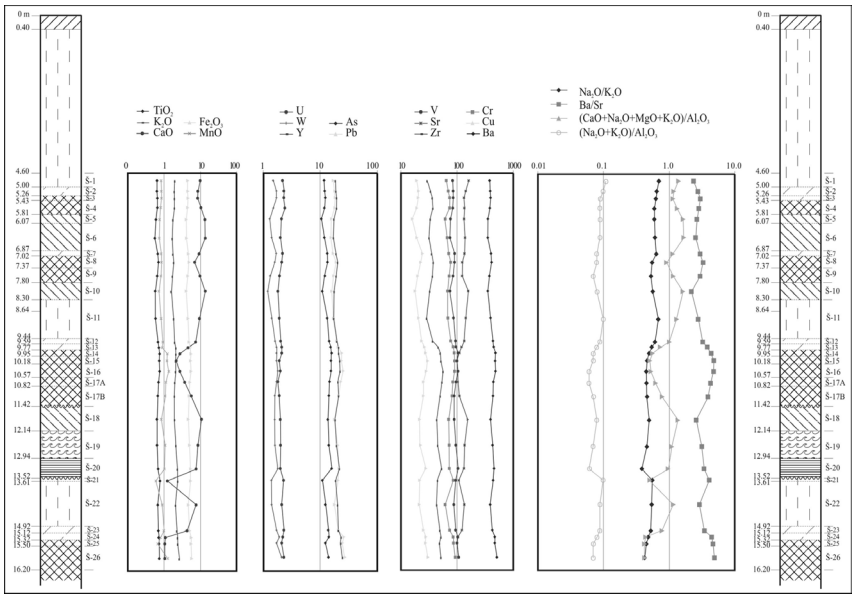


Figure 2. Distribution of concentrations of major elements (without SiO_2 and LOI) (values in wt %), trace elements (values in mg kg^{-1}) and weathering coefficients.
Slika 2. Raspodjela koncentracija glavnih elemenata (bez SiO_2 i LOI) (vrijednosti u težinskim %), elemenata u tragovima (vrijednosti u mg kg^{-1}) i koeficijenata trošenja.

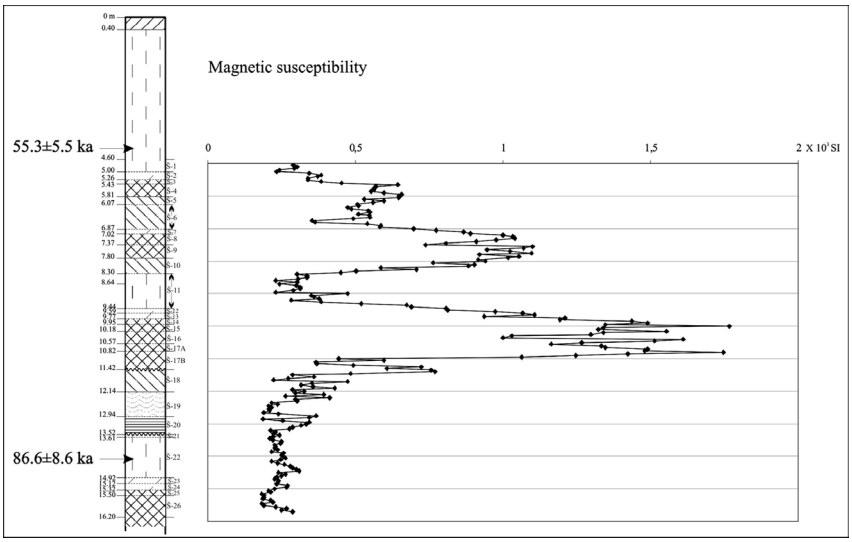


Figure 3. Magnetic susceptibility (MS) curve of the profile.
Slika 3. Krivulja magnetske susceptibilnosti profila.

An IRSL age of 86.6±8.6 and 55.3±5.5 ka indicates that most of the middle pleniglacial, pleniglacial and late glacial records are missing at the Šarengrad section (Fig. 3).

Earlier research work done on loess chronostratigraphy by means of a luminescence dating approach highlighted the main characteristics of palaeosols and degrees of their pedogenesis in several sections in Eastern Croatia (GALOVIĆ et al., 2009). However, in this study the focus is shifted to a single loess/palaeosol section in order to provide sedimentological and pedological support to previously investigated archives of Quaternary environmental and climate change on the narrower scale (GALOVIĆ et al., 2010). Correlation of the geochemical and magnetic susceptibility data and distribution of trace elements with depth in particular, showed that these parameters are primarily the function of pedogenesis. Abundance of investigated trace elements increases with degree of pedogenetic development giving rise to their accumulation in palaeosols rather than in BC- and loess horizons. The highest concentrations are related to argillic and hydromorphic palaeosol horizons.

REFERENCES

GALOVIĆ, L., FRECHEN, M., HALAMIĆ, J., DURN, G. & ROMIĆ, M. (2009): Loess Chronostratigraphy in Eastern Croatia – A Luminescence Dating Approach.– Quaternary International, 198, 85–97.

GALOVIĆ, L., BRADAK, B., FRECHEN, M., DURN, G., HALAMIĆ & PEH, Z. (2010): Loess/palaeosol section in Šarengrad, Croatia – The correlation of the geochemical and magnetic susceptibility data.– Quaternary International, (in press).

Correlation of Quaternary and Tertiary sediments of Drava-valley at Sellye-Slatina Sheet, scale 1:100 000

Korelacija kvartarnih i tercijarnih sedimenata doline Drave sa lista Sellye-Slatina, M 1:100.000

Ivan Hećimović[1], István Marsi[2], Adriano Banak[1], Géza Chikán[2], Pavle Ferić[3], Anita Grizelj[1], Marija Horvat[1], László Koloszár[2] & Árpád Magyari[2]

[1]Croatian Geological Survey, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Croatia
(ihecimovic@hgi-cgs.hr)
[2]Geological Institute of Hungary, Stefánia út 14, H-1143 Budapest, Hungary
(marsi@mafi.hu)

Key words: Geological map, Drava, Pleistocene, Holocene, sand, loess
Ključne riječi: geološka karta, Drava, pleistocen, holocen, pijesak, les

This article shows first results of common geological mapping begun in 2007 in Drava-valley made by Croatian Geological Survey and Geological Institute of Hungary. It shows surface formations and its correlation on the territory, the basement formations, and types and thickness of Miocene sediments.

We can correlate Pannonian (Pontian) sediments in detail along the Drava River from Barcs to the end of common Drava-section due to log data of hydrocarbon prospect holes. The boreholes data near Sellye and Okorág show that the upper part of Újfalu Formation (Pontian) consist of 150–200 m thick brown coal and overlaying 200 m thick coarse grained gravel instead of typical section of alternate sandstone, siltstone and clayey marl.

Regional facies of Pannonian (Pontian) formations is featured by stepped filling up of Miocene part-basins with smaller oscillation and by compensation of ground surface. There is a basement of Pannonian sediments on this territory, which is deeper than 3300 m and the centre of this basin is at Felsõszentmárton-Gačište area. The basement of this basin ascends from Felsõszentmárton-Gačište to Drávaszabolcs to 1500 m and to Donji Miholjac at 1000 m deep. During the Pannonian sedimentation, both regional alleviation and ground surface compensation took place. As a result, the level of beds overlying the youngest Pannonian sediments is at –100 m (±50 m) in the whole area.

A lot of data about post-Pannonian formations are obtained from the sections of water-wells, and from field work. One of the most important post-Pannonian formations is the Marcali Formation (Pliocene–Pleistocene) which is the underlying formation of Drava sediments. This formation consists of alternating fluvial fine grained sand and silt, and it is few hundred meters thick. This formation is well known on the Hungarian side in Belsõ-(Inner-) Somogy, and we could verify it in Drava-basin too, and separate from underlying Upper Pannonian and overlying flood plain sediments (FPS) of Drava.

The Drava sediments are discordant on Marcali Formation (Pliocene–Pleistocene) and coarser grained as underlying beds. This FPS is about 100 m thick on the Sellye territory and over 200 m thick at Slatina. This sequence can be distributed to two or three fluvial sedimentary cycles which have upwards finer grain size and consist of pebbly, medium-grained channel sand.

Twenty three Quaternary formations are separated on the Sellye-Slatina sheet and correlated them on the Croatian and Hungarian side of the sheet. Territory can be distributed in different part, on the grounds of its geological and geomorphologic features. Drava sediments are found on the Drava alluvial plane, on the Ormánság-terrace, on the Podravina terrace and under the eolian sand of flood plain. The border of surface and subsurface Drava sediments are in south, the foreland of Bilogora Hill and Papuk Mts., on north the plain of Fekete-víz and the foreland of Dunántúl Hill.

Holocene alluvial sediments distributed by point bars and dead channels, are typical on the Drava floodplain. Zone of fractured terrace relicts consisting of mainly fluvial sand, runs along north from young alluvial plain in Ormánság, emerged from high alluvial level of Drava. The overlaying well developed loess-like gleyey podzol-type soil shows, the relative age of these terrace relicts. This soil is a relict from Upper Pleistocene representing warm/cold and wet/arid climate changes. It is typical of the high floodplain level that some of the Lower Holocene alluvial formations of Drava were inherited by the influent creeks coming from the north during the Upper Holocene.

Podravina terrace consists of Pleistocene fluvial sands, which are overlyed by Holocene-Pleistocene fluvial-marsh

sediments and Holocene eolian sands. The morphology of this area with equated surface, which is barely, reflects fluvial activity is very different from braided alluvial plain of Drava.

A series of formations developing from marshy sedimentation to loess-formation is typical on the south border of Drava-valley at the Bilogora Hill foreland. Colluvial sediments and loess originated from this series cover huge areas as well.

Multigenerational eolian sand bodies lay out the NW boundary of Drava-valley. The oldest of these is covered by Pleistocene podzol-type relict soils at Barcs and Darány. The loess-sediments of Baranya region (HUN) and the resedimented, 10–20 m thick formations of this loess reclined against Drava FPS, border the valley on the NE side.

Terrain affected by fluvial sedimentation, on the mapped area of Drava-valley, is asymmetric. One of the most interesting differences between north and south part is that the terrace sediments and relict soils of north side are missing on the Croatian side. Also it is conspicuous that Podravina terrace featured by Pleistocene-Holocene sediments had an occlusion, from the territory of young alluvial plain of Drava, which is laying on the same morphological level and which is characterized by intensive fluvial meanders of the river. It is very probable that these differences are correlated with young structural development of territory.

Acknowledgements

This project was established by the support of the National Office for Research and Technology (Hungary) and was supported by the K 75 801 National Research Foundation (OTKA), the HR-15/2008 and HR-16/2008 projects of S&T Foundation of Hungary and Croatian Ministry of Science, Education and Sports.

Use of micro-Raman spectroscopy for the analysis of weathering products on stone monuments

Primjena mikro-Raman spektroskopije u analizi produkata trošenja kamenih spomenika

Sabina Kramar[1], Maja Urosevic[2], Helmut Pristacz [3] & Breda Mirtič[4]

[1]Institute for the Protection of Cultural Heritgae of Slovenia, Conservation Centre, Restoration Centre, Poljanska 40, 1000 Ljubljana, Slovenia (sabina.kramar@rescen.si)

[2]University of Granada, Faculty of Science, Department of Mineralogy and Petrology, Avda.Fuentenueva s/n, 18071 Granada, Spain

[3]University of Vienna, Institute of Mineralogy and Crystallography, Althanstrasse 14, 1090 Vienna, Austria

[4]University of Ljubljana, Faculty of Natural Sciences and Engineering, Department of Geology, Ljubljana, Slovenia

Key words: limestone, salt weathering, deterioration, micro-Raman spectroscopy, historical monuments
Ključne riječi: vapnenci, soli, trošenje, degradacija, mikro-Raman spektroskopija, povijesni spomenici

Spectroscopic techniques, such as Raman spectroscopy, can be an advantageous choice for the study of the architectural cultural heritage, allowing non-invasive investigation and quick identification of components of samples. Besides their wide application in the Earth Sciences, vibrational spectroscopic techniques, particularly Raman spectroscopy, have been extensively applied in the field of the cultural heritage for the characterization of artworks and other archaeological artefacts (LA RUSSA et al., 2009). Although the spatial resolution of modern micro-Raman systems has also proved to be useful in the identification of micrometer-sized weathering products of the natural stones used in the architectural heritage (OSTROUMOV, 2009), the use of additional options of Raman spectroscopy has not been commonly reported.

In this study, the application of Raman spectroscopy to the analysis of the weathering products of limestone deterioration on historical monuments is presented. Besides standard spectral analysis, additional options, such as the application of Raman spectroscopy for mapping analysis and line analysis in order to observe the distribution of the weathering products on the samples, were used. Sampling was carried out on three baroque stone monuments in Ljubljana (Slovenia), in order to define the main mineral phases which are produced during the weathering process. Samples of black crust, flaking and efflorescences were analyzed.

The Raman spectra revealed the presence of gypsum, magnesium sulphate hydrates (hexahydrite, pentahydrite), and nitre (Fig. 1) as the main weathering products. The distribution of calcite and gypsum in samples of black crusts can be clearly observed from the linear maps and two dimensional map images.

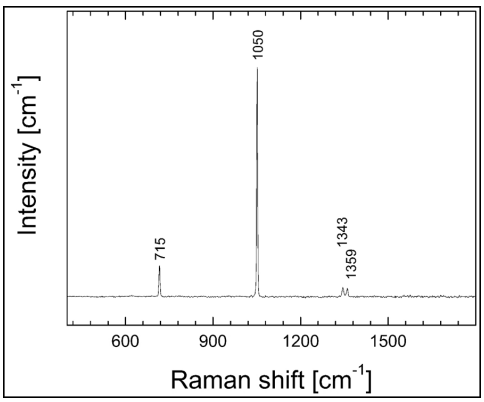


Figure 1. A Raman spectrum of the nitre that occurs as fibrous crystals in efflorescence.
Slika 1. Ramanov spektar vlaknastih kristala saltire iz eflorescencija.

Acknowledgements

This research has been financially supported by the Slovenian Research Agency, contract number 3211-05-000545.

REFERENCES

LA RUSSA, M.F., RUFFOLO, S.A., BARONE, G., CRISCI, G.M., MAZZOLENI, P. & PEZZINO, A. (2009): The Use of FTIR and Micro-FTIR Spectroscopy: An Example of Application to Cultural Heritage.– Int. J. Spectrosc., doi:10.1155/2009/893528

OSTROUMOV, M. (2009): Spectrochim.– Acta Pt. A: Mol. Bio., 73/3, 498–504.

Mineralne sirovine i helenističko lončarstvo otoka Visa

Raw materials and hellenistic pottery, island of Vis

Marta Mileusnić[1], Ivan Glavaš[1], Maja Miše[2] & Boris Čargo[3]

[1]University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Zagreb, Croatia
[2]University of Split, Faculty of Philosophy, Split, Croatia
[3]Archaelogical museum Split, Split, Croatia

Ključne riječi: helenistička keramika, lončarstvo, mineralna sirovina, Issa, Vis, Hrvatska
Key words: Hellenistic ceramics, pottery, raw material, Issa, Vis, Croatia

Issa, antičko naselje na mjestu današnjega grada Visa, bila je glavno grčko uporište na Jadranu od 4. stoljeća pr.n.e., a gospodarsku važnost zadržava i nakon pada pod rimsku vlast. Na temelju brojnih nalaza kao što su kalupi za izradu keramike i fragmenti lončarskog otpada, te na temelju specifičnih oblika i dekoracija posuda, može se zaključiti da je postojala lokalna proizvodnja keramike za vrijeme helenističkog i ranoromanskog perioda. S obzirom na udaljenost Visa od kopna sirovina za proizvodnju keramike morala se nalaziti na otoku.

Predmet istraživanja ovoga rada su mineralne sirovine na području otoka Visa koje su se mogle koristiti za izradu keramike tijekom grčke i kasnije rimske vladavine. Cilj istraživanja je definiranje lokacija potencijalnih sirovina te njihov granulometrijski, kemijski i mineralni sastav. Svrha istraživanja je izrada baze podataka koja bi služila pri arheometrijskim istraživanjima helenističke i rimske keramike za koju se prema arheološkim istraživanjima smatra da je izrađena u isejskim radionicama.

Glavna sirovina u proizvodnji keramike su glinoviti materijali u koje se prema potrebi dodaju i drugi materijali koji služe za poboljšanje glinovite smjese (npr. kvarc, feldspati, kalcit, dolomit i slično). Na temelju geološke literature o Visu, povijesnih zapisa i iskustva loklalnog stanovništva koje se do nedavno bavilo lončarstvom, tijekom listopada 2007. i 2008. godine izvršena je prospekcija terena i uzorkovanje potencijalnih sirovina. Osim relativno čistih glinovitih sedimenata, uzorkovane su i crvenice i alterirani vulkaniti koji su mogli biti izvor plastičnog glinovitog materijala, te kvarcni pijesci (lokalni naziv „salbun“) i kvarcni sedimenti (lokalni naziv „vora“) koji su mogli biti neplastični dodatak glinenim smjesama. Kemijske analize uključivale su određivanje glavnih elemenata metodom induktivno spregnute plazme-emisijske spektroskopije i određivanje elemenata u tragovima i elemenata rijetkih zemalja metodom induktivno-spregnute plazme-masene spektroskopije. Mineraloške analize uključivale su rendgensku difrakciju na prahu originalnih uzoraka, kao i analizu minerala glina u orijentiranim preparatima frakcije uzorka < 2 mikrometra. Žarenjem uzoraka potencijalnih sirovina željelo se utvrditi što se događa na pri temperaturama pečenja keramike. Budući da se smatra da je keramika u helenističkom dobu pečena u intervalu 850–950 °C (NOBLE, 1984), utvrđen je i mineralni sastav uzoraka žarenih na temperaturi od 900 °C u trajanju od 2 sata. Granulometrijski sastav određen je morkim sijanjem i pipetnom metodom.

Ovo istraživanje bilo je moguće zahvaljujući dobroj suradnji geologa i arheologa i predstavlja temelj za arheometrijska istraživanja isejske keramike.

LITERATURA

NOBLE, J.V. (1984.): An Overview of the Technology of Greek and Related Pottery.– In: BRIJDER H.A.G. (ed.): Ancient Greek and Related Pottery. Proceedings of the International Vase Symposium in Amsterdam, 12–15 April 1984, p. 31.

Špiljski sedimenti arheološkog lokaliteta Vela spila, otok Korčula, Hrvatska

Cave sediments from the archaeological site of Vela Spila cave, Korčula Island, Croatia

Marta Mileusnić[1], Ljiljana Pavičić[2], Dinko Radić[3] & Preston Thor Miracle[4]

[1]Department of Mineralogy, Petrology and Mineral Deposits, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Croatia

[2]Institute for Quaternary Paleontology and Geology, Croatian Academy of Sciences and Arts, Ante Kovačića 5, 10 000 Zagreb, Croatia

[3]The Centre for Culture of Vela Luka, Obala 3, br. 9, p.p. 74, 20 270 Vela Luka, Croatia

[4]Deparment of Archaeology, University of Cambridge, Downing Street, Cambridge CB2 3DZ, United Kingdom

Ključne riječi: špiljski sedimenti, geoarheologija, špilja Vela Spila, Korčula, Hrvatska
Key words: cave sediments, geoarchaeology, Vela Spila cave, Korčula, Croatia

Špilja Vela spila je značajno arheološko nalazište koje se nalazi u blizini Vele Luke na otoku Korčuli. Arheološka nalazišta produkt su različitog stupnja djelovanja ljudske aktivnosti i prirodnih geoloških procesa. Razlučivanje tih utjecaja moguće je samo uz zajednički, interdisciplinarni, pristup istraživanju geologa i arheologa.

Predmet istraživanja ovog rada su špiljski sedimenti istočnog profila kvadranta 8 Vele spile. Cilj rada je prikaz dosad provedenih geoarheoloških istraživanja. Svrha geoarheoloških istraživanja koja su još u tijeku je opis ljudskih aktivnosti, te definiranje promjena uvjeta u okolišu koje su mogle utjecati na život ljudi.

Preliminarni rezultati geoarheoloških istraživanja, koji se iznose u ovom radu, dio su detaljnih terenskih i laboratorijskih istraživanja. Terenska istraživanja uključivala su snimanje i opis otkrivenih sedimenata, te crtanje svih dostupnih profila. Na reprezentativnim uzorcima svakog pojedinog sloja i manjih leća i nodula unutar pojedinih slojeva provedene su sedimentološke (granulometrija, morfometrija zrna, analiza sastava frakcija stereoskopskim mikroskopom, analiza teške i lake mineralne frakcije), mineraloške (rendgenska difrakcija na prahu originalnih uzoraka i uzoraka frakcije glina), kemijske (makro i mikro elementi, REE) i fizikalne (pH i električna vodljivost) analize. Na uzorcima većih klasta i kamenih blokova iz pojedinih slojeva napravljene su petrografske analize

Istraživani sedimenti mogu se podijeliti u tri pleistocenska i jedan holocenski sedimentni paket. Najstariji sedimentni paket, koji se sastoji od masivnih debelih slojeva krupnozrnatog kršja, nastao je urušavanjem svoda i bokova špilje u hladnom razdoblju zadnjeg glacijalnog maksimuma. U drugom sedimentnom paketu prisutno je povećanje količine sitnih čestica. Dio sitno zrnatog materijala donesen je izvana, dijelom prirodno posredstvom vode ili vjetra, a dijelom unašan posredstvom životinja i čovjeka. Na pojačan intenzitet ljudske aktivnosti ukazuju brojni nalazi kamenih artefakata, koštanih fragmenata, povećani sadržaj ugljena i organske tvari, te dijelom prerađeni i dijelom erodirani slojevi. U najmlađem pleistocenskom, trećem sedimentnom paketu u stupu, zamjećuje se smanjen ukupan sadržaj koštanih ostataka. Osobito je smanjena količina krupnih sisavaca, dok je primjetan relativan porast količine kostiju mikrosisavaca što ukazuje na slabije korištenje špilje od strane čovjeka. To je odraz podizanja morske razine zbog koje su široke stepe, kojima su dominirale krupne životinje, postepeno zamijenjene obalnim okolišima u kojima su vladali topliji i vlažniji uvjeti. Analize teške mineralne frakcije ukazuju na promjenu izvorišta materijala. Dok su stariji slojevi pod utjecajem lesa sa sjeverozapada, u mlađim slojevima bilježi se povremeno jači donos materijala iz vulkanskih područja južne Italije. Četvrti sedimentni paket predstavlja naslage holocena, koje se podudaraju sa arheološkim kulturnim slojem mezolitika. Progresivna transgresija mora konačno je i fizički odvojila nekadašnje dijelove kopna, stvarajući otočni arhipelag, kakav poznajemo danas. Fosilni materijal unutar holocenskih sedimenata opet je brojniji, s tom razlikom da se u njemu po prvi puta značajnije pojavljuje marinska fauna. Dokaz je to ponovnog dolaska i korištenja špilje od strane čovjeka, te na njegovu prilagodbu na izmijenjene paleogeografske uvjete u smislu blizine mora i dostupnosti morske hrane.

Preliminary malacological investigations on East Croatian loess profiles

Preliminarna malakološka istraživanja prapornih profila istočne Hrvatske

Dávid Molnár[1], Julia Hupuczi[1], Lidija Galović [2] & Pál Sümegi[1]

[1]Department of Geology and Paleontology, University of Szeged, H-6722, Szeged, Egyetem u. 2-6, Hungary
[2]Croatian Geological Survey, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Croatia

Key words: Quaternary malacology, Loess profile, Šarengrad, Zmajevac, Croatia
Ključne riječi: Kvartarna malakologija, praporni profil, Šaren grad, Zmajevac, Hrvatska

Quaternary sediments are prevalent in Eastern Croatia and include predominantly alluvial, marshy, lucustrine sediments that are partly covered with aeolian material. At least six paleolsol, ranging in age from the Middle to Upper Pleistocene, are intercalated in the loess sections in Eastern Croatia. Geochemical, sedimentological and geochronological analyses of these paleosols have been used to reconstruct the environmental and climatic changes that occurred in Eastern Croatia during the Middle to Late Pleistocene.

With a few expectations, results of malacological investigations of loess profiles in Eastern Croatia were published mostly in Croatian language so far. In 2008, conjunction with Croatian-Hungarian bilateral project, two of these loess profiles were investigated at Zmajevac and Šarengrad villages, in Eastern Croatia. Both profiles are situated in the vicinity of the Danube. Samples were taken at every 25 cm of the profiles, and the main goal of the investigation was to study the Quaternary malacofauna.

The examined profiles yielded nearly 9 000 specimens of 55 mollusc species. The abundance and dominance values of taxonomically identified specimens were noted for each profile. In addition, charts were prepared depicting the specimen and percentage distribution of individual species with depth.

The main characteristics of the Zmajevac profile are the appearance of chronospecies (*Ena montana, Mastus bielzi, Cochlodina laminata, Macrogastra ventricosa, Clausilia pumila, Trichia unidentata, Trichia edentula*), the presence of *Pseudofusulus varians* which taxa is a curio in the Carpathian Basin; and a probable change in temperature demand of *Vallonia tenuilabris* in the lower parts of the profile. Based on composition of the mollusc fauna and the age data, the lower part of the profile is deposited during the Middle Pleistocene.

The duality of Šarengrad profile can be revealed in the composition of the mollusc fauna. The lower part of the profile has fluvial origin (sandy silts with infusion loess layers on the top) and on the upper part aeolian loess layers deposited. Secondly, this profile – compared with the other nearby profiles – provides one of the most diverse collections of mollusc species in the lower Danube area. It yielded 51 different mollusc species, 34 terrestrial and 17 freshwater taxa.

Comparative archaeometric characteristics of ceramic sherds recovered from the excavation site of Roman villa situated on the island of St. Klement (Pakleni otoci, Croatia)

Usporedba arheometrijskih karakteristika keramike sa lokaliteta Rimske ville na otoku Sv. Klement (Pakleni otoci, Hrvatska)

Branimir Šegvić[1] & Marina Ugarković[2]

[1]Tehnische Universität Darmstadt, Institut für Angewandte Geowissenschaften, Tehnische Petrologie, Schnittspahnstraße 9, D-64287 Darmstadt, Germany

[2]Institute of Archaeology, Ulica grada Vukovara 68, 10 000 Zagreb, Croatia

Key words: archaeometry, ceramic sherds, amphorae, dolia, firing conditions, comparative analyses, Adriatic, Pakleni otoci, Soline
Ključne riječi: arheometrija, keramika, amfora, dolia, uvjeti pečenja, komparativne analize, Jadransko more, Pakleni otoci, Soline

Introduction with archaeological background

In this abstract, we deliver first preliminary results on the petrographic and mineralogical characteristics of selected archaeological materials from the Soline bay locality. The bay presents a safe anchorage place of the island of St. Klement, the largest in the Pakleni Otoci archipelago (~5.3 km^2), lying 3 km westwards from the city of Hvar. Along the bay, architectural remains of the Roman maritime villa are still visible in the landscape. From 2007 to 2009, the Hvar Heritage Museum, in collaboration with the Institute of Archaeology, Zagreb and St. Thomas University, Minneapolis, USA, has conducted a small-scaled archaeological investigation of the area. A great number of finds of various materials have been recovered, with ceramics constituting the majority. Preliminary typological and fabric analyses of ceramic sherds suggest that 98% of them can be dated from 2nd century BC to 5th century AD, and propose several different provenances from around the Mediterranean. Five ceramic sherds of different technological levels have been chosen to represent the most common coarse pottery finds. They were subjected to comparative archaeometric analyses.

Analytical methods

Petrographic properties of ceramic sherds were examined optically by Leica DM-LSP polarizing microscope. Conventional point-counting procedures were used for rough estimation of relative abundances of temper materials (VAN DER PLAS & TOBI, 1965). XRD was used to reveal the ceramics' mineral composition. The powdered samples were scanned at a rate of 1°/min over a range of 2–70° 2Θ, using Phillips diffractometer 1820 and CuK radiation, graphitic monochromator (U = 40 kV, I = 20 mA). The diffraction patterns were identified through published files from the International Centre for Diffraction Data (JCPDS-1996). The petrographic and XRD analyses were done at the University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering.

Results

Prehistoric potsherd (sample 1, Tab. 1) contains about 5 to 7 mm thick walls. It possesses coarse red-brownish fabric, darker on the outside, along with visible small to medium-sized inclusions. Petrographic inspection defined it as rela-

Table 1. Petrographic features of studied ceramics obtained by polarizing microscope and XRD mineral composition.
Tablica 1. Petrografske značajke analiziranih fragmenata keramike određene polarizacijskom mikroskopijom i XRD mjerenjima.

Sample	Morphology	Matrix	Voids (vol%)	Temper material (vol%)	Temper dimens. (mm)	XRD mineral composition
1	pot	anisotropic	5–10	30–35	0.10–2,50	Cc, Zrn, 10Å-mica
2	plate	anisotropic	<5	5–10	0.03–0.40	Q, Cc, 10Å-mica, Pl
3	dolia	anisotropic	15–20	20–25	0.05–1.00	Q, Pl, Cc
4	amphora	isotr. to anis.	<5	30–35	0.005–0.2	Q, Pl, Cpx
5	amphora	isotropic	10–15	20–25	0.01–1.10	Q, Pl, Cc, Kfs (?)

Temper material and voids proportions are approximations determined by point counting analyses. Mineral abbreviations: Cc=calcite; Q=quartz; Zrn=zircon; Cpx=clinopyroxene; Pl=plagioclase; Kfs=K-feldspar. Abbreviations after SLOVENEC & BERMANEC (2003).

Udio temper materijala i pukotina je približan i dobiven je metodom točkastog brojenja. Kratice minerala: Cc=kalcit; Q=kvarc, Zrn=cirkon; Cpx=klinopiroksen; Pl=plagioklas; Kfs=kalijski feldspat. Kratice prema SLOVENEC & BERMANEC (2003).

tively massive, non-plastic calcite mineralization, accompanied with minor ceramoclasts and organic particles. Distribution of non-plastic inclusions is bimodal and coarser grains show preferential orientation parallel to the vessel walls. The matrix is anisotropic and microcrystalline with medium optical activity. Voids of undefined shape are rare, being randomly distributed in the ceramic body. XRD analysis confirms presence of calcite and a high amount of amorphous matter. Furthermore, occurrence of zircon is indicated along with 10Å mica (illite/muscovite), marked by diminishing 00*l* diffraction lines.

Sample 2 (Tab. 1) is defined as an extensively worn fragment of a square plate of medium fine buff fabric. The matrix is characterized as anisotropic and partly microcrystalline. Its microtexture is uniform, having evenly distributed non-plastic inclusions composed mostly of quartz, mica, micritic calcite and plagioclase. Distinguishing characteristics of the sample are coarser fragments of fossils, mostly bryozoans and foraminifera. Their skeletons are made of thermally untouched micritic calcite. Voids are irregular, occurring sporadically, due to shrinkage of host clay material. XRD mineralogy is consistent with the petrographic phase determination. As in the previous sample, it points to the diminishing mica signatures, remnants of partial collapse of clay minerals structure induced by the firing process (e.g. RICCARDI et al., 1999).

The Roman dolia (sample 3, Tab. 1) is characterized by coarse texture along with inclusions visible to the naked eye and colour gradation from core to the rims of the vessels. It is featured by coarse microcrystalline matrix with low optical activity. Matrix microtexture is dominated by a large number of coarse ceramoclasts. The rest of temper is constrained to quartz with minor amounts of plagioclase, K-feldspar, and biotite. Their distribution is typically bimodal. A highly abundant number of spherical voids (<0.55 mm) is connected with pore water and related gas migrations. They are filled by the late, sea-induced, calcite and minor prehnite mineralizations. According to XRD analyses, quartz and plagioclase mineralizations have been reported. The half-widths of calcite diffraction lines indicate relatively small-sized crystallite mineralization.

Sample 4 (Tab. 1) presents a fragment of the Roman amphora, here marked by red fabric, with external surface having dark-grey skin. Traces of a wheel are likely to be observed on the vessel's inner surface. Microtextural characteristics comprise optically low active, almost isotropic matrix, featured by an elevated proportion of non-plastic material of silt dimensions. Dominantly, it is quartz, with minor K-feldspar and plagioclase. Along the edges of the vessel, one can observe coarser inclusions of ceramoclasts as well as many acicular void forms. The X-ray analysis of this sample shows presence of quartz and plagioclase. Moreover, several diagnostic diffraction reflexes indicate clinopyroxene formation.

Last analysed shard (sample 5, Tab. 1) introduces a typical Late Roman/Byzantine amphora of orange coarse inner fabric and bleached surface area. Matrix is isotropic, having low optical activity. Non-plastic material is ubiquitous, distributed bimodally and unevenly. It comprises quartz and minor quartzite/chert as well as muscovite. Cracks and voids are numerous, being slightly spherical and filled by the late calcite mineralization. XRD mineralogy includes quartz, plagioclase, calcite and indications of K-feldspar presence.

Discussion

Presented petrographical and mineralogical characteristics of analysed ceramic fragments (Tab. 1) depict a variety of production techniques. In case of the prehistoric pot, presence of thermally untouched calcite, 10Å-mica, and organic matter call for relatively low firing conditions, not exceeding 600–700 °C. Zircon occurrence could be beneficial for a further provenance study. The plate fragement would also fit a given temperature range, having much better and complete working of the clay. Microtexture of Roman dolia is indicative for coarse ware with poorly prepared paste. Due to lack of sintering phases, firing temperatures are set under 800 °C. Characteristics of fabrics in Roman amphora imply technically well prepared clay. Furthermore, partially isotropic matrix, sintering processes and presence of newly formed Ca-silicate (clinopyroxene) suggest firing over the temperature of 900 °C. Late Roman/Byzantine amphora is featured by comparatively poorer clay working, but firing temperatures are inferred to be elevated (800–900 °C), taking into account a highly isotropic matrix and indication of K-feldspar formation.

REFERENCES

RICCARDI, M.P., MESSIGA, B. & DUMINICO, P. (1999) An approach to the dynamics of clay firing.– Applied Clay Science, 15, 393–409.

SLOVENEC, D. & BERMANEC, V. (2003) Sistematska mineralogija – mineralogija silikata.– Univ. Zagreb, 359 str.

VAN DER PLAS, L. & TOBI, A.C. (1965) A chart for judging the reliability of pointing counting results.– Amer. J. Sci., 263, 87–90.

Promjene u paleookolišu zabilježene u sigama spilje Modrič – prethodno priopćenje

Palaeoenvironmental changes recorded in Modrič Cave speleothems – preliminary report

Maša Surić[1], Frank McDermott[2] & Dominika Rudzka[2]

[1]Odjel za geografiju, Sveučilište u Zadru, Ul. dr. F. Tuđmana 24 i, 23 000 Zadar, Hrvatska
[2]UCD School of Geological Science, University College Dublin, Belfield, Dublin 4, Ireland

Ključne riječi: sige, izotopi, promjene paleookoliša, spilja Modrič
Key words: speleothems, isotopes, palaeoenvironmental changes, Modrič Cave

Sige, kao sekundarni sedimenti, taloženjem u zaštićenim spiljskim uvjetima arhiviraju svojim izotopnim sastavom promjene koje se odvijaju u okolišu tijekom njihova rasta. Ako se tijekom formiranja siga, tj. taloženja kalcita iz otopine zasićene kalcijevim bikarbonatom zadrži izotopna ravnoteža između HCO_3^- i $CO_{2(aq)}$, kalcit će se taložiti u izotopnoj ravnoteži s vodenom otopinom. U tom slučaju će varijacije odnosa $^{18}O/^{16}O$ biti posljedica samo promjene temperature mjesta taloženja, odnosno klime, jer je u spiljama temperatura u principu konstantna i odgovara prosječnoj godišnjoj temperaturi područja gdje se spilja nalazi. U slučaju da zbog brzog gubitka CO_2 iz otopine ili evaporacije vode dolazi do kinetičke frakcionacije između HCO_3^- i $CO_{2(aq)}$ izotopni se signal ne može uzeti kao odraz paleotemperaturnih promjena (LOWE & WALKER, 1998). Ostali korisni podaci o paleookolišu mogu se dobiti i iz omjera $^{13}C/^{12}C$, Mg/Ca te D/H iz vode, dok se vrijeme određenih promjena može odrediti na temelju ^{14}C, U i Th izotopa.

S ciljem rekonstruiranja promjena u paleookolišu u priobalnom dijelu Hrvatske, u tijeku su istraživanaja u spilji Modrič kraj Starigrada. Spilja se sastoji od dva gotovo potpuno horizontalna kanala ukupne dužine 829 m (KUHTA et al., 1999), iznimno je bogata starim i aktivnim sigama, pristupačna i fizički zaštićena, te je potencijalno idealna za istraživanja promjena u okolišu. Stoga je prva faza istraživanja u spilji Modrič bila usmjerena prema utvrđivanju recentnih uvjeta u kojima se odvija taloženje siga, s obzirom da se u slučaju recentnih ravnotežnih uvjeta može pretpostaviti da je izotopna ravnoteža vladala i u prošlosti (McDERMOTT, 2004). Provedena su mjerenja temperature u spilji, te je analiziran izotopni sastav recentne sigovine, vode prokapnice i oborinske vode. Rezultati su pokazali da se recentno taloženje odvija u uvjetima izotopne ravnoteže, s razmjerno brzim procijeđivanjem vode s površine u spilju. U skladu s tim, može se zaključiti da će rezultati dobiveni u drugoj fazi istraživanja dati pravu sliku o promjenama u okolišu tijekom gornjeg pleistocena i holocena.

Druga faza istraživanja koja je u tijeku, obuhvaća analize šest siga – dvije aktivne i četiri neaktivne, te kišnice i vode prokapnice koja se prikuplja na mjestima odakle su uzeta dva aktivna stalagmita. Na uzorcima siga provode se radiometrijska mjerenja starosti metodama ^{14}C i U/Th, te analize $\delta^{18}O$, $\delta^{13}C$ i Mg/Ca, dok se na uzorcima oborinske vode mjeri $\delta^{18}O$, D/H, a iz vode prokapnice još i Mg/Ca. Preliminarni rezultati ^{14}C mjerenja ukazuju na prekide u rastu siga, s tim da najstariji dijelovi daju starost od >40 000 god. Datiranjem U/Th postići će se bolja rezolucija i eventualno pronaći zapis bomb-efekta. Varijacije omjera Mg/Ca upućuju na promjenu intenziteta evaporacije odnosno vlažnosti što se može korelirati i sa kristalografskim značajkama kalcita. Fluktuacije $\delta^{13}C$ ukazat će na promjene vegetacijskog pokrova iznad spilje koji je uvjetovan klimatskim promjenama zapisanim u omjerima $^{18}O/^{16}O$.

LITERATURA

KUHTA, M., BOŽIČEVIĆ, S., KAPELJ, S. & MIKO, S. (1999): Studija zaštite i korištenja vrijednih prirodnih cjelina Modrič špilje i njene okoline.– Institut za geološka istraživanja, 68 str., Zagreb.

LOWE, J.J. & WALKER, M.J.C. (1998): Reconstructing Quaternary Environments.– Longman, 2nd ed., 434 p., Essex.

MCDERMOTT, F. (2004): Paleo-climate reconstruction from stable isotope variations in speleothems: a review.– Quaternary Science Reviews, 23, 901–918.

Glacijalna sedimentna tijela na Tudorevu i Mirovu (sjeverni Velebit)

Glacial sedimentary bodies on north Velebit Mt.

Josipa Velić[1], Dubravka Kljajo[2] & Ivo Velić[3]

[1]Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Hrvatska
[2]Nacionalni park Sjeverni Velebit, 53 274 Krasno, Hrvatska
[3]Hrvatski geološki institut, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Hrvatska

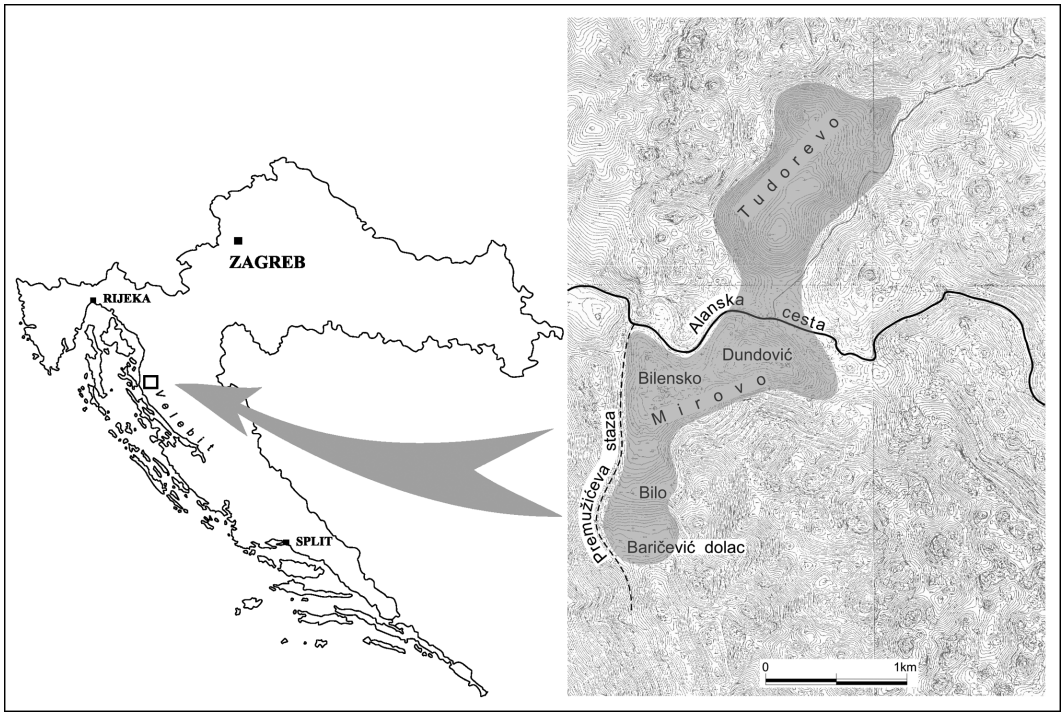
Ključne riječi: Tudorevsko-mirovski ledenjak, til, morene,drumlini, esker, kotlići, eratici, strijacije, mlađi pleistocen, virm, Sjeverni Velebit, Hrvatska
Key words: Tudorevo-Mirovo glacier, till, moraines, drumlins, esker, kettle holes, erratics, striations, Late Pleistocene, Würm, North Velebit, Croatia

Tijekom mlađe pleistocenske, najvjerojatnije virmske oledbe u Sjevernome Velebitu postojalo je više ledenjaka (prema BOGNAR et al., 1991). Jedan od njih prostirao se je u Tudorevu, Dundović Mirovu i Bilenskome Mirovu. Sastojao se je od dva ledenjačka jezika čija su ishodišta bila u Tudorevu i istočnome dijelu D. Mirova, koja su se stopila u jedinstveni ledenjak u središnjem dijelu D. Mirova. Takav ledenjak kretao se je prema jugozapadu kroz D. Mirovo i B. Mirovo do Baričević doca oblikujući tipičnu "U" dolinu, prosječne širine oko 500 m.

Djelovanjem i otapanjem ledenjaka nastale su morenske naslage osobito dobro sačuvane u Tudorevu i Mirovu s mnogobrojnim reljefnim oblicima. Istaložene su na jurskim karbonatima raspona od mlađega plinsbaha do starijega bata.

Glacijalne naslage Tudorevsko-mirovskoga ledenjaka izgrađene od kaotičnoga i nesortiranog tila (VELIĆ & VELIĆ, 2009). Til je heterogenoga granulometrijskoga, ali uniformnoga litološkog sastava. izgrađen je isključivo od kršja donjojurskih i srednjojurskih karbonata, pretežito vapnenaca, veličinâ od pijeska do različitih blokova volumena i iznad 1 m^3. Srednjojurski ulomci čine oko 80% sveukupne mase tila u Tudorevu i Mirovu.

Od morfoloških pojava i oblika utvrđeni su: temeljna morena, završna morena i recesijska (stadijalna) morena, za-



Slika 1. Područje rasprostranjenosti Tudorevo-Mirovskog ledenjaka (sivo).
Figure 1. Distribution area of the Tudorevo-Mirovo glacier (greyish).

tim drumlini, esker, eratički blokovi, kotlići i strijacije. Područje Mirova, zbog učestalih pojava drumlina, predstavlja pravo drumlinsko polje.

Orijentacije drumlina, eskera i ledenjačke "U" doline te završne i recesijske morene determiniraju kretanje ledenjaka od sjeveroistoka prema jugozapadu i jugu tj. od Tudoreva u Mirovo i dalje do Baričević doca, gdje je istaložena i završna morena. Istaložena je poprečno na "U" dolinu i izgrađuje recentni greben Bilo. Na tom putu dugačkom oko 4 km (od sjevernoga dijela Tudoreva) transportirani su ulomci, gromade i blokovi u dužini od nekoliko kilometara. Tako se npr. ulomci i blokovi donjojurskih Litiotisnih i brahiopodnih vapnenaca recentno nalaze u završnoj moreni na Bilu i u Baričević docu oko 2,5 km daleko od ishodišta u istočnome D. Mirovu.

Odnosi između pojedinih sedimentnih tijela poput položaja recesijske morene na starijem drumlinu i temeljnoj moreni, slučaj da mlađi drumlin leži preko starijega u Bilenskome Mirovu svjedoče o višefaznom otapanju i zaleđivanju Alanskoga ledenjaka.

Od početka završne faze otapanja ledenjaka na temeljnoj moreni formirani su drumlini i esker, a u samoj moreni lednim blokovima izdubljeni kotlići. Napredovanjem otapanja i povlačenjem leda iz Mirova prema Tudorevu, na slabo propusnoj temeljnoj moreni Mirova i u području završne morene pretpostavlja se da su postojala manja ledenjačka jezera. Postupnim procjeđivanjem vode iz jezerâ i erozijom naslaga temeljne morene do srednjojurske okršene karbonatne podloge otekla je sva voda i formirao se recentni reljef Mirova. U to je vrijeme na Tudorevu je još postojao ledenjak, čijim je djelovanjem nastala recesijska morena na prijevoju u Mirovo, ali je na sličan način kao i u Mirovu, otopljen na samome početku holocena.

LITERATURA

BOGNAR, A., FAIVRE, S. & PAVELIĆ, J. (1991): Tragovi oledbe u Sjevernom Velebitu (Glaciation traces in the North Velebit).– Geografski glasnik, 53, 27–39.

VELIĆ, I. & VELIĆ, J. (2009): Od morskih plićaka do planine. Geološki vodič kroz Nacionalni park Sjeverni Velebit.– Nacionalni park Sjeverni Velebit, 1–143, Krasno.

IRSL dating of a Quaternary sediment succession in Šarengrad, Eastern Croatia

IRSL datiranje kvartarnog slijeda nasalaga u Šarengradu, Istočna Hrvatska

Lara Wacha[1, 2], László Koloszár[3], Géza Chikán[3], Lidija Galović[1], Árpád Magyari[3], István Marsi[3] & Sumiko Tsukamoto[2]

[1]Croatian Geological Survey, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Croatia
(lwacha@hgi-cgs.hr)
[2]Leibniz Institute for Applied Geophysics (LIAG-Institute), S3 Geochronology and Isotope Hydrology, Stilleweg 2, D-30655 Hanover, Germany
[3]Geological Institute of Hungary, Stefánia út 14, HU-1143 Budapest, Hungary
(koloszar@mafi.hu)

Key words: Eastern Croatia, Lithostratigraphy, Marshy sediments, Loess section, IRSL dating, Middle Pleistocene
Ključne riječi: Istočna Hrvatska, litostraigrafija, močvarni sedimenti, praporne naslage, IRSL datiranje, srednji pleistocen

Introduction

A 23 m thick succession of Quaternary deposits has been documented and described at Šarengrad, a village situated on the right bank of the river Danube in Eastern Croatia (Fig. 1a). In the easternmost part of Croatia, from Vukovar to Ilok, loess and loess-like deposits up to 30 m thick predominate, forming a loess plateau. During the fieldwork in April 2008, 52 samples for malacological investigations and 3 samples for infrared stimulated luminescence (IRSL) dating were collected in Šarengrad. The preliminary results of the malacological investigations have been published by HUPUCZI et al. (2010) correlating the investigated sequence to the Last Glacial – Interglacial cycle. This paper presents the result of the infrared stimulated luminescence (IRSL) dating from the three samples.

This work is a result of the bilateral Croatian-Hungarian project financed by the intergovernmental TÉT foundation (CRO-16/2008) and the Croatian Ministry of Science, Education and Sports (Project Nr. 181-1811096-1181)

Lithology of the section

The base of the investigated Šarengrad section consists of about a metre thick yellow to light-brown micaceous, fine-grained sand and sandstone of fluvial origin (Fig. 1b and c). The sand fines upwards into a 3 m thick greyish sandy-silty clay and clay with red tint due to dispersed limonite (Fig. 1c). This clay is overlain by greyish variegated clay with red and brown stripes and patches caused by enrichment in dispersed limonite and manganese accumulations. The lower part of this horizon is intercalated by a thin layer of carbonate accumulations. The clays represent marshy sediments and are overlain by greyish-yellow clayey silt containing calcareous nodules, a transitional layer between swamp deposits and loess, the so called infusion loess. The transition between these two units is gradual. The homogenous unstratified slightly micaceous yellow silt with numerous gastropod remains covers the marshy sediments and represents the oldest loess, which is the parent material of the overlying 2 m thick paleosol. The paleosol consists of a transitional horizon on the top, an "AB" horizon in the middle and a thin "C" horizon at the bottom. The "AB" horizon is made of red-brown silty clay and is, getting darker with depth. The fossil soil level is strongly compacted, homogenous and unstratified. Under the "AB" horizon a 0.2 m thick horizon of carbonate accumulation and cementation can be recorded. Based on the nearby Quaternary sequences of the Ilok sandpit and the Ilok brickyard this paleosol can be categorized as a chernozem-brown forest type fossil soil horizon. This fossil soil is covered by an about 7 m thick loess horizon. The loess is well-sorted, homogenous, unstratified, and pale-yellow to greyish-yellow containing tiny, dark brown manganese dots and white calcareous veins and flakes. It consists of slightly- or medium-micaceous silt. The calcareous nodules are dispersed in the complete loess layer, occasionally forming layer-like intercalations. The nodules range in size from 1 to 10 cm. The malacological samples were collected only from the lower 3 m of this loess horizon (Fig. 1c). Above this thick loess horizon is a double fossil soil, build up of two paleosol subhorizons. It is overlain by a loess layer seen at the uppermost, unreachable part of the section.

IRSL dating

Three samples for IRSL dating were collected from the investigated section, one from the oldest loess about 60 cm below the lower paleosol and two from the loess covering the lower paleosol (Fig. 1c). For the measurement of the feldspar IRSL signal the elevated temperature post-IR protocol presented by BUYLAERT et al (2009) was used. This

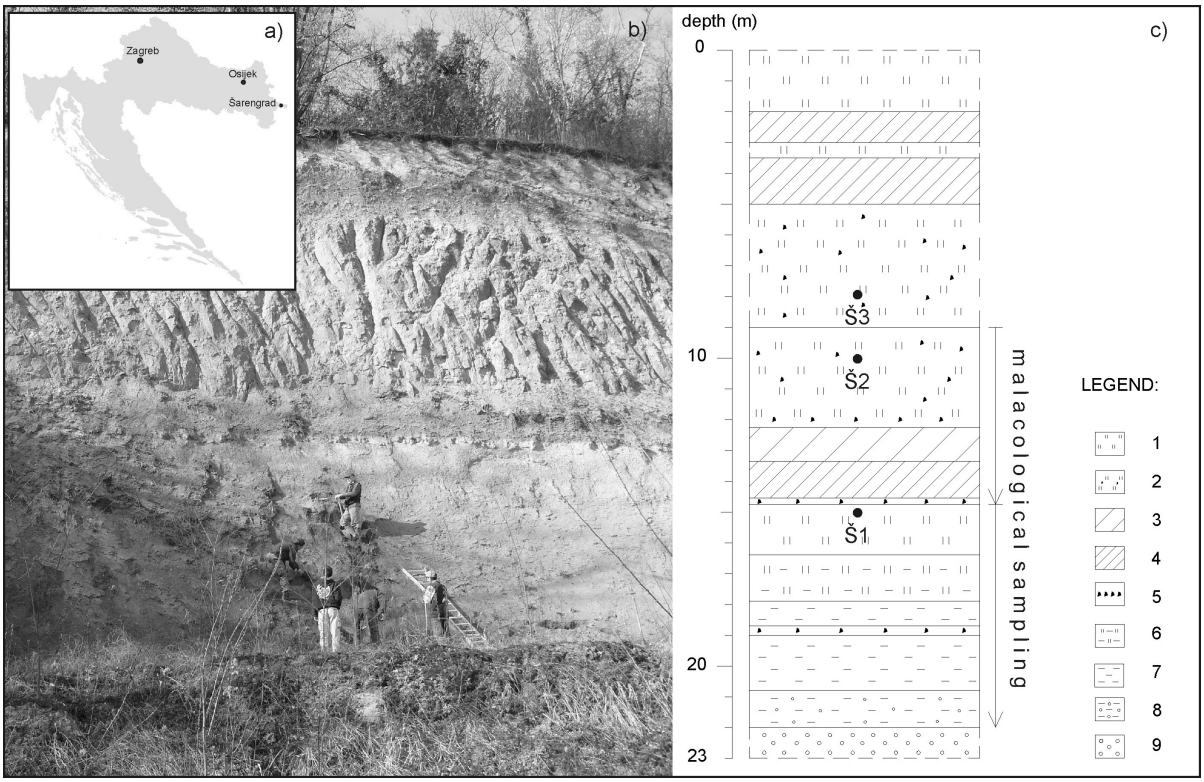


Figure 1. a) Location of the Quaternary section at Šarengrad; b) The Šarengrad loess-paleosol exposure, and c) The sketch of the Quaternary sequence at Šarengrad. Legend: 1 – loess; 2 – loess with calcareous concretions; 3 – transitional paleosol; 4 – "AB" horizon of the paleosol; 5 – horizon of calcareous concretions; 6 – silty clay; 7 – clay; 8 – sandy clay; 9 – sand.
Slika 1. a) Položajna karta istraživanog profila kvartarnih naslaga u Šarengradu; b) Izdanak prapora s paleotlima u Šarengradu; c) Profil kvartarnih naslaga u Šarengradu. Legenda: 1 – prapor; 2 – prapor s karbonatnim konkrecijama; 3 – prijelazno paleotlo; 4 – "AB" horizont paleotla; 5 – horizont karbonatnih konkrecija; 6 – siltozna glina; 7 – glina; 8 – pjeskovita glina; 9 – pijesak.

protocol proved to be successful for dating of loess deposits beyond ~100 ka and has the advantage of minimizing the anomalous fading (THIEL et al., 2010), an unwanted effect which causes age underestimation.

Conclusion

The preliminary results showed that the elevated temperature post-IR protocol has potential for dating of loess deposits older than č 100 ka, an age range which lacks appropriate dating methods. Dating results of the samples from Šarengrad indicate ages much older than the Last Glacial/Interglacial, suggesting a Middle Pleistocene loess-paleosol record in Šarengrad. Based on the IRSL dating results from the lower most sample which gave an age of about 344 ka the lower paleosol can be correlated to oxygen isotope stage (OIS) 9 and the double paleosol to OIS 7. Similar Antepenultimate Interglacial double paleosols have commonly been described in European loess stratigraphy. The section under study shows an excellent transition from sediments deposited in a waterlain marshy environment to sediments deposited under subaerial environment. The deposition of the loess started at least prior to 350 ka before present. A similar sediment succession can also be seen at the Ilok sandpit.

These results present the first dating attempt of older loess-paleosol sequences in Croatia.

REFERENCES

BUYLAERT, J.P., MURRAY, A.S., THOMSEN, K.J., JAIN, M. (2009): Testing the potential of an elevated temperature IRSL signal from K-feldspar – Radiation Measurements, 44/5-6, 560–565.

HUPUCZI, J., MOLNÁR, D., GALOVIĆ, L. & SÜMEGI, P. (2010): Preliminary malacological investigation of the loess profile at Šarengrad, Croatia.– Central European Journal of Geosciences, 2/1, 57–63.

THIEL, CH., BUYLAERT, J.P., TERHORST, B., HOFER, I., MURRAY, A., TSUKAMOTO, S. & FRECHEN, M.: Luminescence dating of the Stratzing loess profile (Austria) – Testing the potential of an enhanced elevated temperature post-IR IRSL protocol.– Quaternary International, doi:10.1016/j.quaint.2010.05.018.

Geochronological and palaeoenvironmental reconstruction of the loess-palaeosol sequence on the island of Susak

Geokronološka i paleookolišna rekonstrukcija lesnih sekvencija otoka Suska

Lara Wacha[1,2], Snježana Mikulčić Pavlaković[3], Manfred Frechen[1], Marta Crnjaković[3], Christian Rolf[4] & Ulrich Hambach[5]

[1]Leibniz Institute for Applied Geophysics (LIAG-Institute), S3 Geochronology and Isotope Hydrology, Stilleweg 2, D-30655 Hannover, Germany

[2]Croatian Geological Survey, Sachsova 2, HR-10000 Zagreb, Croatia

[3]Croatian Natural History Museum, Department of Mineralogy and Petrography, Demetrova 1, HR-10000 Zagreb, Croatia

[4]Leibniz Institute for Applied Geophysics (LIAG-Institute), S5 Petrophysics and Borehole Geophysics, Stilleweg 2, D-30655 Hannover, Germany

[5]University of Bayreuth, Chair of Geomorphology, D-95440 Bayreuth, Germany

Key words: Susak, loess, palaeosol, tephra, geochronology, luminescence dating, grain size analysis, palaeomagnetism, OIS5-2
Ključne riječi: Susak, les, paleotlo, tefra, geokronologija, datiranje metodom luminiscencije, granulometrija, paleomagnetizam, OIS5-2

The loess-palaeosol record on the Island of Susak in the North Adriatic Sea is a very detailed terrestrial archive of palaeoenvironmental changes. The island is made of up to 90 m thick Quaternary deposits which cover the Upper Cretaceous carbonate basement. The deposits consist of loess, reworked loess and sand, intercalated by numerous palaeosols and at least three tephra layers. A detailed geochronological study was performed (WACHA et al., in press; submitted) on two major sections located on the southern part of the island. Infrared stimulated luminescence (IRSL) dating, as well as radiocarbon dating, showed that the whole loess-palaeosol sequence represents a very detailed Last Glacial record, spanning from Oxygen Isotope Stage (OIS) 5 to OIS2, with most of the deposits correlating to OIS3. A single aliquot regenerative dose (SAR) protocol on the polymineral fine-grained material and on coarse-grained feldspar samples, as well as the multiple aliquot additive dose (MAAD) protocol on the polymineral fine-grained material was used for dating. Ages were fading corrected. Age estimates were determined for the three tephra layers found on Susak and can be correlated to coeval tephras found in nearby volcanic regions. The origin of the tephras are very likely the Middle and South Italian volcanic provinces (Campanian Province and the Aeolian arc) (MIKULČIĆ PAVLAKOVIĆ et al., in press). Detailed mineralogical and geochemical investigations of the tephra layers, as well as the loess, sand and palaeosols, were done by MIKULČIĆ PAVLAKOVIĆ et al. (in press).

In addition, high-resolution grain size, palaeomagnetic and rock magnetic properties of samples collected in a 2 cm resolution are under study. Such high-resolution investigations allow for palaeoenvironmental reconstructions. The preliminary results of the grain-size analysis show a generally higher amount in sand-sized particles than is usual in loess. This increased amount of coarse-grained material is the result of the vicinity to the source area which is the river Po and its tributaries in the North Adriatic area. The high resolution grain-size record shows an increase in the sedimentation rate during OIS3 which is in agreement with data from other loess regions in central Europe (FRECHEN, et al. 2003). The great thickness of the deposits is very likely the result of the vicinity to the source area, which is the river Po plain. During the Pleistocene glacio-eustatic marine regression, the sea level of the Adriatic Sea was well below the present day one and the Po plain extended to the South-east and was exposed to a strong wind activity resulting in material transport across the dry North Adriatic basin. The numerous palaeosols intercalated in the loess are the evidence of a climate that was milder than the climate which accompanied loess sedimentation in other nearby areas, for example in the Pannonian Basin. The mineralogical and geochemical (MIKULČIĆ PAVLAKOVIĆ et al., in press), as well as recent mineral magnetic studies of the deposits showed that the material comes from the Alpine region and the Po plain.

The concentration dependent magnetic parameters (e.g. magnetic low field susceptibility, etc.) do not at all resemble the lithology. Grain size dependent magnetic parameters, however, (e.g. frequency dependent magnetic susceptibility, etc.) reveal the relative enhancement of pedogenetically controlled superparamagnetic particles and the formation of high-coercivity minerals in the pedohorizons. Thus, climatically governed relatively weak magneto-mineralogical alterations occur only in the macroscopically visible palaeosols.

The current palaeomagnetic studies show a clear, well defined palaeomagnetic signal with dominant normal mag-

netization for the entire loess sequence. At the latest after alternating field demagnetization experiments some inverse polarities of natural remanent magnetization (NRM) change to stable normal palaeodirections. These results confirm the palaeomagnetic investigations published by BOGNAR et al. (2003). Further demagnetization experiments and more detailed rock magnetic investigations are still in progress.

Based on the geochronology, grain-size analysis, the palaeomagnetic investigations and mineral magnetic studies we can conclude that the loess-palaeosol record on Susak is an extraordinary and valuable evidence of environmental and palaeoclimatic changes in the North Adriatic region during the Last Glacial-Interglacial cycle, as well as in nearby regions.

REFERENCES

BOGNAR, A., SCHWEITZER, F. & SZOOR, G. (2003): Susak – environmental reconstruction of a loess island in the Adriatic.– Geographical Research Institute, Hungarian Academy of Sciences, 141 p., Budapest.

FRECHEN, M., OCHES, E.A. & KOHFELD, K.E. (2003): Loess in Europe – mass accumulation rates during the Last Glacial Period.– Quaternary Science Reviews, 22/18–19, 1835–1857.

MIKULČIĆ PAVLAKOVIĆ, S., CRNJAKOVIĆ, M., TIBLJAŠ, D., ŠOUFEK, M., WACHA, L., FRECHEN, M. & LACKOVIĆ, D. (in press): Mineralogical and Geochemical Characteristics of Quaternary Sediments from the Island of Susak (Northern Adriatic, Croatia).– Quaternary International.

WACHA, L., MIKULČIĆ PAVLAKOVIĆ, S., NOVOTHNY Á., CRNJAKOVIĆ, M. & FRECHEN, M. (in press): Luminescence Dating of Upper Pleistocene Loess from the Island of Susak in Croatia.– Quaternary International.

WACHA, L., MIKULČIĆ PAVLAKOVIĆ, S. & FRECHEN, M.: The chronology of loess on the island of Susak. (Submitted to Quaternary Science Journal (Eiszeitalter und Gegenwart)).

Morfodinamika minijaturnih žala (Kvarner, sjeveroistočni Jadran)

Morphodynamics of pocket beaches (Kvarner, NE Adriatic Sea)

Čedomir Benac[1], Igor Ružić[1] & Suzana Ilić[2]

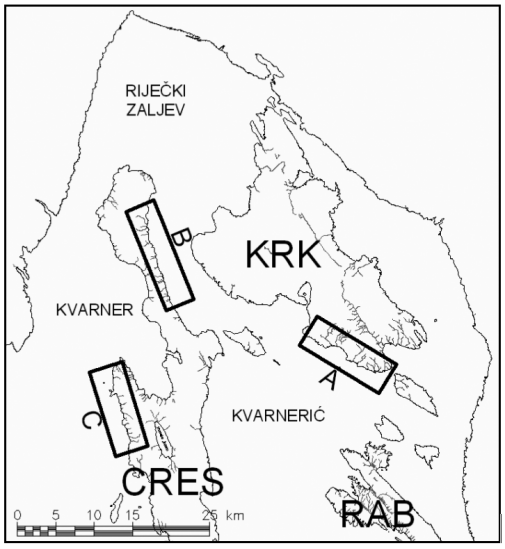
[1]Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet, 51 000 Rijeka, V. Cara-Emina-5, Hrvatska
[2]University of Lancaster, Geography Division, Lancaster Environment Centre, Lancaster LA1 4YQ, UK

Ključne riječi: obala, krš, minijaturni žal, morska razina, ranjivost
Key words: coast, karst, pocket beach, sea-level, vulnerability

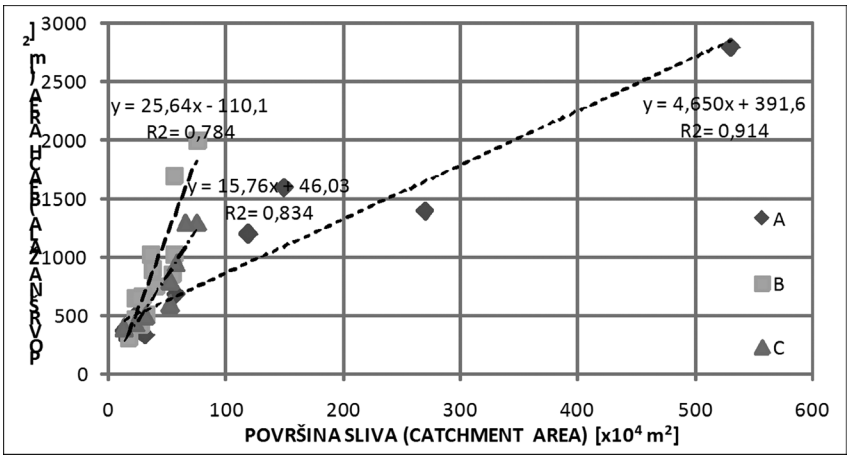
U obalnom pojasu područja Kvarnera karbonatne stijene prevladavaju, dok su siliciklastične stijene manje zastupljene. Kvartarni sedimenti djelomično pokrivaju osnovne stijene. Sadašnji oblik stjenovitih karbonatnih obala prvenstveno je posljedica potopljenog krškog reljefa zbog rasta morske razine (JURAČIĆ et al., 2009). Valovima uzrokovana marinska erozija u području Kvarnera nije izražena zbog relativno zaštićenih akvatorija te vjetrova promjenljivih smjerova. Zbog toga prirodni šljunkovito-pjeskoviti žali tvore mali dio ukupne duljine obale. Različitog su oblika i veličine, i najčešće duljine manje od 50 m. Nastali su na dva različita načina: razaranjem obale tijekom procesa marinske erozije i akumuliranjem bujičnih sedimenata, kao i kombinaciju tih dvaju procesa. Morfološke značajke tih žala ovise o donosu i načinu pronosa sedimenata s kopna, te o mehanizmima marinske erozije na obali i u plićem podmorju (STORLAZZI et al., 2000).

Odabrana su tri pilot područja: jedno na otoku Krku (A) i dva na otoku Cresu (B i C). Na njima je istražena 41 mikrolokacija, korištenjem ortofoto snimaka mjerila 1:5000 i pripadajućeg digitalnog modela terena, topografskim kartama mjerila 1:25.000, aerofoto snimkama i pregledom terena (Sl. 1).

Zbog prethodno dobivene slabe korelacije između površine žala i pripadajućeg sliva od R^2=0,38, izostavljene su mikrolokacije gdje je bilo očito da značajni dio prihrane žala



Slika 1. Istražena područja.
Figure 1. Investigated areas.



Slika 2. Korelacija između površina žala i sliva. A, B i C: istražena područja (vidi Sl. 1).
Figure 2. Correlation between beaches and drainage surfaces. A, B and C: investigated areas (see Fig. 1).

potječe zbog odrona s okolnih padina. Na temelju jasne korelacijske veze između površine sliva i površine žala nastalih akumulacijom bujičnog nanosa možemo zaključiti da površine žala, odnosno veličina prihrane sedimentnog tijela, prvenstveno ovise o površini sliva (Sl. 2). Prihrana žala u manjoj mjeri ovisi o drugim karakteristikama sliva kao što su: energija reljefa, geološka građa, upojnost, tip i debljina pedološkog pokrivača te vrsta i gustoća vegetacije. Pronos nanosa i njegova akumulacija u tijelu žala nije kontinuiran, već prije periodični događaj, koji najviše ovisi o protoku vode u suhim krškim jarugama. Očekivana promjena klime na Mediteranu praćena povećanjem intenziteta padalina u zimskom razdoblju (HARDING et al., 2009), može utjecati na intenzitet erozije i akumulacije.

Budući da se očekuje rast razine Mediterana od 20 do 60 cm tijekom 21. stoljeća (ANTONIOLI & SILENZI, 2007), hazard i rizik na obalama Kvarnera biti će osobito izražen na žalima (BENAC et al., 2007). Podizanje mora neće biti ravnomjerno, već praćeno češćim pojavama ekstremno visokih razina mora (*acqua alta*). Takovi događaji mogu znatno ubrzati morfodinamičke procese na obalama.

LITERATURA

ANTONIOLI, F. & SILENZI, S. (2007): Variazioni relative del livello del mare e vulnerabilità delle pianure costiere italiane.– Quaderni Soc. geol Ital., 2, 1–29.

BENAC, Č., RUŽIĆ, I. & ŽIC, E. (2007): Ranjivost obala u području Kvarnera.– Pomorski zbornik, 44, 201–214.

HARDING, A.E., PALUTIKOF, J. & HOLT, T. (2009): The climate system.– In: WOODWARD, J.C. (ed.): The Physical Geography of the Mediterranean. Oxford Univ. Press, 69–88, Oxford.

JURAČIĆ, M., BENAC, Č., PIKELJ, K. & ILIĆ, S. (2009): Comparison of the vulnerability of limestone (karst) and siliciclastic coasts (example from the Kvarner area, NE Adriatic, Croatia).– Geomorphology, 107/1–2, 90–99.

STORLAZZI, C.D. & FIELD, M.E. (2000): Sediment distribution and transport along a rocky, embayed coast: Monterey Peninsula and Carmel Bay, California.– Marine Geol., 170/3–4, 289–316.

Statistička i grafička interpretacija mjerenja nagiba slojeva u bušotinama šire okolice Virovitice

Statistical and graphical interpretation of diplogs in the wells from the wider area of Virovitica town

Marija Bošnjak[1], Tomislav Malvić[2,3], Marko Cvetković[2] & Josipa Velić[2]

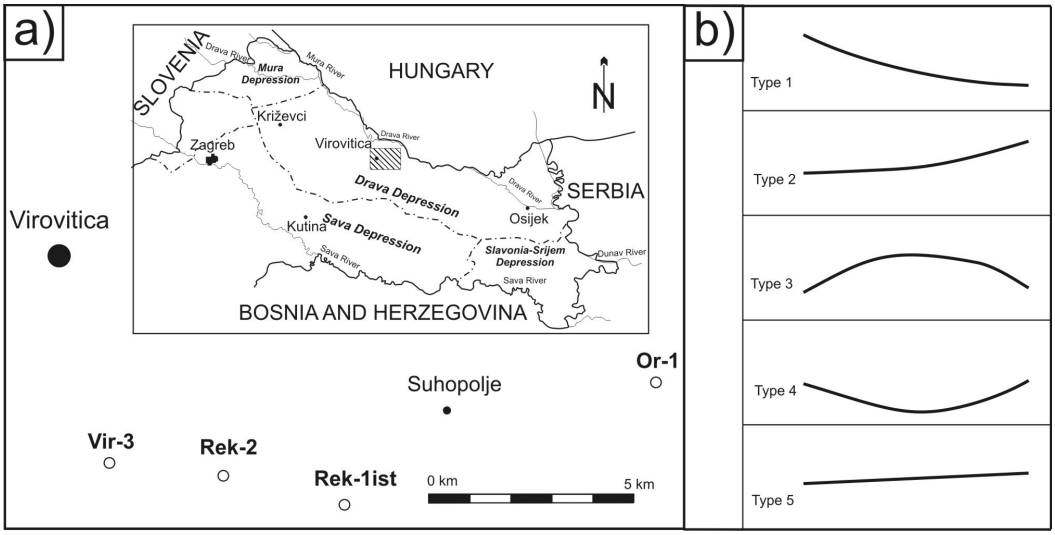
[1]Hrvatski prirodoslovni muzej, Geološko-paleontološki odjel, Demetrova 1, 10 000 Zagreb
[2]Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb
[3]INA-Naftaplin, Sektor za geologiju i upravljanje ležištima, Šubićeva 29, 10 000 Zagreb

Ključne riječi: diplog, regresijska analiza, nagib slojeva, Dravska depresija, Hrvatska
Key words: diplog, regression analysis, strata dip, Drava depression, Croatia

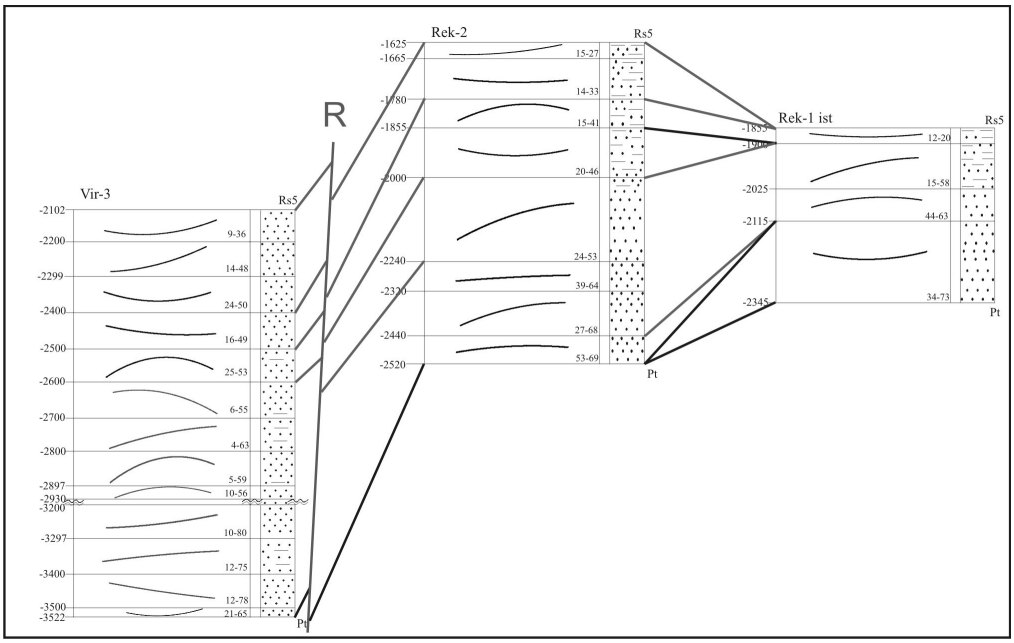
Primjenom deskriptivne statistike analizirani su podatci mjerenja nagiba slojeva u najdubljem dijelu Dravske depresije, u okolici Virovitice. Deskriptivna statistika je dio primijenjene statistike koja pruža numerički i grafički uvid u ponašanje podataka, te je zato i upotrijebljena u ovoj analizi. Podatci se opisuju statističkim parametrima poput srednje vrijednosti, varijance, regresije i distribucije, a u ovom radu naglasak je bio na regresijskoj analizi (MALVIĆ, 2008; SWAN & SANDILANDS, 1996).

Vrijednosti orijentacije slojeva prikupljene su iz mjerenja smjera i kuta nagiba slojnih ploha u podzemlju dobivenih pandažmetrom (engl. "dipmeter") u bušotinama Virovitica-3 (Vir-3), Rezovačke Krčevine-2 (Rek-2), Rezovačke Krčevine-1 istok (Rek-1 ist) i Orešac-1 (Or-1) (Sl. 1a). Interpretacijom mjerenja pandažmetrom rekonstruiraju se strukturni odnosi uokolo kanala bušotine, poglavito položaj slojnih, rasjednih i pukotinskih ploha, a mogu se odrediti i neka svojstva taložnih okoliša (ATLAS WIRELINE SERVICES, 1987). Prikupljeni podatci odnose se na stijene formacija Moslavačka gora, Ivanić-Grad, Kloštar Ivanić i Bilogora i to samo iz intervala unutar formacija koje su bile snimljene pandažmetrom (MALVIĆ, 1995).

Formacija Moslavačka gora starosti je od egera do donjeg panona gdje su utvrđene izmjene krupnozrnatih pješčenjaka, lapora i vapnenaca brojnih varijeteta. Broj očitanih podataka iznosi ukupno 1 139 (955 iz Vir-3, 128 iz Rek-2 i 56 iz Rek-1 ist). **Formacija Ivanić-Grad** je gornjopanonske starosti. U njezinom sastavu prisutni su pješčenjaci i lapori. Ukupno je očitano 107 vrijednosti: 59 iz Rek-2 i 48 iz Rek-1 ist. **Formacija Kloštar Ivanić** pripada donjem pontu. Podatci su dobiveni iz Rek-2, Rek-1 ist i Or-1. I ovu formaciju izgrađuje izmjena pješčenjaka i lapora. Ukupan broj očitanih vrijednosti iznosi 247 (72 iz Rek-2, 96 iz Rek-1 ist i 79 iz Or-1). Starost **formacije Bilogora** je gornji dio donjega



Slika 1. a) Zemljopisni položaj istraživanog područja; b) Tipične regresijske krivulje
Figure 1 a) Geographic location of the studied area; b) Characteristic regression curves



Slika 2. Korelacija nagiba slojeva prema izgledu regresijske krivulje u formaciji Moslavačka gora.
Figure 2. Correlation of strata dip inside Moslavačka gora fm.

ponta te gornji pont, a analizirani su samo podatci iz Or-1, budući da za ostale bušotine nije snimljen diplog. Čini ju izmjena pješčenjaka i glinovitih te pjeskovitih lapora. U gornjem dijelu leže i proslojci kvarcnog pijeska. Broj očitanih podataka je 80.

Utvrđena je pojava strmih slojeva (više od 50°) u formaciji Moslavačka gora te mogućnost korelacije strukturnih i stratigrafskih obilježja u formacijama Moslavačka gora (Sl. 2), Ivanić-Grad i Kloštar Ivanić (BOŠNJAK, 2009). Zbog blizine dvaju značajnih rasjeda strukturno je najsloženije područje oko bušotine Vir-3 u kojem su određene zone većih i češćih promjena od 2 600 m dubine. Do te dubine slojevi imaju veličinu kuta nagiba od 9° do 53° s nagibom prema sjever-sjeveroistoku. Od dubine 2 600 m povećava se nagib slojeva, postaju strmiji do 80°, a smjer nagiba se učestalo mijenja.

U području Rezovačkih Krčevina moguća je najbolja korelacija među bušotinama i to zbog litološke i strukturne sličnosti – izmjena pješčenjaka i lapora podjednakih raspona veličina kuta nagiba. On je u formaciji Moslavačka gora strmiji (od 12° do 73°), a prema mlađim formacijama postaje sve blaži (od 2° do 21°), uz smjer nagiba prema sjever-sjeveroistoku. Područje uokolo Or-1 rasjedom je odvojeno od ostalih bušotina te se strukturno i dijelom litološki razlikuje od njih. Bušotina se nalazi u spuštenom krilu rasjeda, u sinklinali s većim debljinama naslaga u odnosu na područje Rezovačkih Krčevina. Veličina kuta nagiba je u rasponu od 1° do 7°, osim u kataklaziranim zonama gdje su veća odstupanja. Orijentacija smjera nagiba slojeva je jugozapad-sjeverozapad.

S obzirom na aritmetičku sredinu i medijan vrijednosti ulaznih podataka te prema oblicima regresijskih krivulja u pojedinim se intervalima može odrediti bolja ili lošija korelacija krivulja u odnosu na kutove i smjerove nagiba slojeva. Analizom je potvrđena uporabivost regresijskih krivulja za opisivanje promjena položaja slojeva u području Rezovačkih Krčevina te otežana uporaba takvih krivulja u području bušotina Vir-3 i Or-1 zbog snažnije tektonike kojom su poremećeni prvobitni strukturni odnosi. Dobivene regresijske krivulje mogu se spojiti u tipične (zajedničke) za pojedine litostratigrafske članove (Sl. 1b). Određeno je pet tipova regresijskih krivulja po kojima je smjer nagiba slojeva podjednak ili se postupno mijenja: **silazna** (padanje vrijednosti kuta nagiba slojeva po dubini), **uzlazna** (rast vrijednosti kuta nagiba po dubini), **konveksna** (prvo rast pa pad vrijednosti kuta nagiba po dubini), **konkavna** (pad pa rast vrijednosti kuta nagiba po dubini) i regresijska krivulja **bez značajnijih promjena** vrijednosti kuta nagiba i približno podjednakim smjerom nagiba po dubini. Ove su tipične krivulje korisne za predviđanje nagiba u drugim, obližnjim bušotinama, uz uvjet da se promatraju litostratigrafske jedinice jednake starosti i sličnih strukturnih obilježja.

LITERATURA

ATLAS WIRELINE SERVICES (1987): Fundamentals of Diplog Analysis.– Western Atlas International Inc., Houston, Texas, 216 p.

BOŠNJAK, M. (2009): Statistička analiza podataka iz diploga bušotina Virovitica-3, Rezovačke Krčevine-2, Rezovačke Krčevine-1 istok i Orešac-1 (okolica Virovitice).– Diplomski rad, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, 74 str., Zagreb.

MALVIĆ, T. (1995): Geološki odnosi područja Virovitica-Rezovačke Krčevine-Orešac.– Diplomski rad, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, 67 str., Zagreb.

MALVIĆ, T. (2008): Primjena geostatistike u analizi geoloških podataka.– INA-Industrija nafte d.d., 103 str., Zagreb.

SWAN, A.R.H. & SANDILANDS, M. (1996): Introduction to Geological Data Analysis.– Blackwell Science, Inc., Oxford, 446 p.

Structural evolution of Zagros – A general review

Strukturni razvitak Zagrosa – Opći pregled

László Csontos

MOL PLC, Okt. 23 u. 18, H-1117 Budapest, Hungary

Key words: Zagros mountain system, structural evolution
Ključne riječi: Planinski sustav Zagrosa, strukturni razvitak

The Zagros forms a major mountain system in the Middle East, ranging from Southern Turkey through Iraq, Kurdish Autonomous Region to Iran. It has direct links to the Oman Mountains of the Arabian Peninsula and hosts one of the richest petroleum provinces of the World.

The mountain chain consists of a southern foreland, two parallel ophiolite belts, the Sanandaj-Sirjan zone in between these belts and the Urumqieh-Dokhtar magmatic belt in the north, on top of various Internal Iranian blocks, forming the northern edge of the Zagros.

The southern foreland is the equivalent of the Arabian Platform, with very similar stratigraphy and structures. This is the hub of the major petroleum deposits. The southern, Late Cretaceous ophiolite belt was obducted also in Late Cretaceous and is the direct equivalent of the Oman ophiolite. The Sanandaj-Sirjan zone is a complex of nappes, often composed of metamorphic Mesozoic sediments and volcanosediments, and stands for an internal continent/volcanic arc between the two ophiolite belts/oceanic tracts. Some minor fragments beneath the southern ophiolite and corresponding to the Hawasina oceanic nappes of Oman are also related to this realm. The northern ophiolite belt was obducted in Paleocene. Collision probably occurred only in Eocene, testified by ample volcanics of a magmatic arc, on the northern continental margin of the northern oceanic tract.

Personal experience in the Iranian and Kurdish parts of Zagros relates only to the last, post-collisional phase of the tectonic evolution. Continuous NE-SW shortening is represented by layer-parallel shear, followed by major folding. Folding is most probably linked to blind thrusting. Locally, lateral shear may modify these major folds to en echelon fold sets. Local position of the main thrust orientations versus the main shortening directions creates right- and left-lateral fold sets. Renewed flat thrusting may cut across earlier formed folds, shear zones. In S Turkey – N Kurdistan an E-W paleo-continental margin may create dominantly E-W structures and a geometric break of the mountain chain trend. The late change from NE-SW to NNE-SSW shortening may create more linear than shear-related structures on this segment.

Indicators of relative sea-level change on the example of the island of Vis (Croatia)

Indikatori relativne promjene morske razine na primjeru otoka Visa

Sanja Faivre[1], Tatjana Bakran-Petricioli[2] & Nada Horvatinčić[3]

[1]Department of Geography, Faculty of Science, Marulićev trg 19/II, 10 000 Zagreb, Croatia (sfaivre@geog.pmf.hr)

[2]Department of Biology, Faculty of Science, Rooseveltov trg 6, 10 000 Zagreb, Croatia

[3]Institute Ruđer Bošković, Bijenička 54, 10 000 Zagreb, Croatia

Key words: sea-level, archaeological remains, notches, algal rim
Ključne riječi: morska razina, arheološki ostaci, potkapine, algalni trotoar

In order to trace the evolution of the Croatian shoreline during the late Holocene, we have been investigating and correlating different markers along the Croatian coast (FOUACHE et al., 2000, 2005; FAIVRE & FOUACHE, 2003). The correlation of geomorphologic, archaeological and biological markers is considered to be a very good method for the study of relative sea-level change.

As archaeological markers the submerged remains whose function was directly related to the sea-level in the time of construction have been used. In this contribution we demonstrate the example of the submerged port remains and stress the importance of the functional height of the structures (ANTONIOLI et al., 2007) related to the sea-level at the time of construction. However, only when the measuring procedure is precisely defined the measured values would be comparable all around the world and could be used as a precise sea-level indicator.

Different geomorphologic markers, the most important of which is the marine notch, have been mapped and measured. Since tidal notches are hard to date, the biological markers, such as coralline algae rims, have also been studied and dated by radiocarbon analysis, in order to indirectly estimate the age of notches.

All the obtained data from the island of Vis were further compared with predictions derived from the glacio-hydro-isostatic models of LAMBECK et al. (2004) and LAMBECK & PURCELL (2005) associated with the Last Glacial cycle in order to reconstruct the coastline evolution and to separate the isostatic-eustatic component from tectonic vertical movements.

REFERENCES

ANTONIOLI, F., ANZIDEI, M., LAMBECK, K., AURIEMMA, R., GADDI, D., FURLANI, S., ORRU, P., SOLINAS, E., GASPARI, A., KARINJA, S., KOVAČIĆ, V. & SURACE, L. (2007): Sea level change during the Holocene in Sardinia and in the northeastern Adriatic (central Mediterranean Sea) from archaeological and geomorphological data.– Quaternary Science Reviews, 26, 2463–2486.

FAIVRE, S. & FOUACHE, E. (2003): Some tectonic influences on the Croatian shoreline evolution in the last 2000 years.– Zeitschrift für Geomorphologie N.F., 47/4, 521–537.

FOUACHE, E., FAIVRE, S., DUFAURE, J-J., KOVAČIĆ, V. & TASSAUX, F. (2000): New observations on the evolution of the Croatian shoreline between Poreč and Zadar over the past 2000 years.– Zeitschrift für Geomorphologie N.F. Suppl.-Bd., 122, 33–46.

FOUACHE, E., FAIVRE, S., GLUŠČEVIĆ, S., KOVAČIĆ, V., TASSAUX, F., & DUFAURE, J-J. (2005): Evolution of the Croatian shore line between Poreč and Split over the past 2000 years.– Archaelogia Maritima Mediterranea, 2, 116–134.

LAMBECK, K., ANTONIOLI, F., PURCELL, A. & SILENZI, S. (2004): Sea-level change along the Italian coast for the past 10,000 yr.– Quaternary Science Reviews, 23, 1567–1598.

LAMBECK, K., PURCELL, A. (2005): Sea-level change in the Mediterranean Sea since the LGM: model predictions for tectonically stable areas.– Quaternary Science Reviews, 24, 1969–1988.

Recentna morfostrukturna građa otoka Hvara

Recent morfostructural fabric of the Hvar Island

Ivan Hećimović

Hrvatski geološki institut, Zavod za geologiju, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Hrvatska
(ihecimovic@hgi-cgs.hr)

Ključne riječi: strukturno geomorfološka istraživanja, reljef, recentni strukturni sklop, otok Hvar
Key words: Structural-geomorphological investigations, Relief, Recent tectonic seeting, Island of Hvar

U području sjevernog dijela dalmatinskih otoka provedena je strukturno-geomorfološka razrada kojom je obuhvaćen i otok Hvar. Razrada je izvođena s nakanom utvrđivanja recentnog strukturnog sklopa, a obuhvaćala je proučavanje reljefa. Pri tome je bilo važno uočiti, izdvojiti i definirati one tipove i oblike reljefa koji mogu ukazivati na položaj, odnose i pomake struktura, te one oblike koji su mogli nastati kao posljedica tektonske aktivnosti. Otok Hvar je najdulji jadranski otok (67 km) i naglašeno izdužen u pravcu E-W. Površine je 299 km^2. Najvećim dijelom predstavlja relativno niski gorski hrbat s najvišim vrhom od 628 m (Sv. Nikola). U geološkoj građi otoka sudjeluju donjokredni dolomiti s vapnencima i gornjokredni vapnenci s dolomitima te u manjoj mjeri eocenski vapnenci i lapori. Kvartarne naslage zastupljene su proluvijalnijm, deluvijalnim, fluvijalnim i eolskim klastitima.

Provedenom strukturno-geomorfološkom razradom ustanovljeni su raznovrsni oblici reljefa koji su nastali kao posljedica tektonske aktivnosti i geomorfoloških procesa, te su na taj način i klasificirani. Pri tome su odlučujuću ulogu u formiranju reljefa imali geološki procesi odnosno najmlađi tektonski pokreti. Kao izravna posljedica aktivnosti najmlađih tektonskih pokreta ističe se hidrografska odnosno drenažna mreža. Njezina važnost je u tome što ona predstavlja osnovnu formu reljefa i zato poručavanje drenažne mreže čini temeljni metodološki pristup u provedbi strukturno-geomorfološke razrade. Drenažna mreža otoka Hvara je pretežito radijalnog rasporeda. Taj tip erozijske mreže najčešće nastaje u područjima izdizanja neotektonskih struktura. Obično su takva područja u hipsometrijski višem položaju u odnosu na okruženje što utječe na brojnost vodotoka, odnosno takva područja obilježavaju naglašeni erozijski procesi koji predstavljaju glavno geomorfološko obilježje neotektonski izdignutih struktura. Ipak najbrojniji oblici reljefa nastali su kao posljedica najmlađih rasjedanja. U takvim dijelovima terena uslijed aktivnosti duž rasjeda došlo je do formiranja posebnog tipa drenažne mreže, paralelnog i pravokutnog. Na aktivne rasjede još ukazuju anomalije u dolinama poput laktastog skretanja vodotoka, odnosno fosilnih dolina, pojava asimetrije u dolinama, pravocrtno pružanje dolina, spajanje nekoliko dolina u jednu ili pojava izvora raspoređenih u pravcu. Na aktivnost rasjeda ukazuju i strmo odsječeni obronci te pojava kontrastnog reljefa koji se javljaju uslijed naglih i snažnih izdizanja kao što je to izraženo na južnim obroncima otoka Hvara. Te pojave ujedno upućuju i na rasjedne zone.

U oblikovanju reljefa sudjeluju u međuovisnošću s ovim endogenetskim i egzogenetski procesi. Njihova aktivnost izravno ovisi o litološkim značajkama stijena te mladim tektonskim pokretima. Razlikovati se može krški, fluviokrški i padinski odnosno derazijski reljef (BOGNAR, 1990). Krški tip reljefa je pri tome vezan uz dobro propusne karbonatne naslage dok je fluviokrški razvijen u slabije propusnim karbonatnim naslagama, dolomitama i gustim vapnencima. Padinski (derazijski) procesi posljedica su vrlo izraženog izdizanja, a očituju se u snažnom destrukcijskom djelovanju i nastanku akumulacijskih oblika, posebice na južnim obroncima Hvara.

S obzirom na brojnost izdvojenih reljefnih oblika, njihove značajke te činjenicu da isti strukturno-geomorfološki proces rezultira različitim reljefnim oblicima ovisno o aktivnosti tektonskih pokreta, građi i litološkom sastavu, moglo se s dovoljnom sigurnošću utvrditi područja koja se nalaze u izdizanju, te postaviti trase rasjeda. Posebna pozornost je pri tome posvećena definiranju utvrđenih rasjeda. Radi njihovog što sigurnijeg i točnijeg ucrtavanja dodatno je učinjena analiza avionskih i satelitskih snimaka. Pri tom su oni rasjedi koji su ustanovljeni geomorfološkom analizom i koji se jasno iskazuju i na snimcima, poglavito satelitskim, posebno izdvojeni. Predstavljaju najvažnije rasjede u promatranom području. Njih je moguće odijeliti prema pružanju i naročito prema refleksnom izražaju u reljefu. Neki od tih rasjeda zapravo predstavljaju zone koje su ponegdje i kilometarskih dimenzija pružanja E-W do SE-WNN. Takvi rasjedi su najznačajniji u strukturnom sklopu i njihovom aktivnošću formirane su glavne otočne strukture. One su morfološki istaknute u reljefu, te imaju obilježja morfostruktura. Izdvojene su dvije takve izdignute morfostrukture. Glavna se proteže središnjim, brdovitim dijelom otoka i imenovana je kao Hvarska gorska hrbat-morfostruktura. Pruža se generalno u pravcu E-W, a preoblikovana je padinskim, krškim i fluviokrškim geomorfološkim procesima. U morfogenetskom smislu pe-

čat joj daju rasjedi od kojih se u reljefu posebno ističu oni s njezine južne strane što ukazuje na njihovu naglašenu aktivnost. Oni čine široku rasjednu zonu čije konkavne dionice i vrlo ustrmljeni slojevi ukazuju na reversan karakter što znači da ona ima značajke reversno izdignute morfostrukture. Njezino sjeverno krilo također je obilježeno reversnim pomacima, ali sjevernih vergencija. Sjeverni dio otoka Hvara predstavlja pobrđe koje obuhvaća izdignuta morfostruktura Vrboska. Pečat joj daju naslage kvartara koje su eolskog i fluvijalnog porijekla, a akumulirane su na njezinom zaravnjenom dijelu koji je znatno niži u odnosu na gorsku hrbat-morfostrukturu.

Recentni strukturni sklop bilo je moguće utvrditi usporedbom dobivenih rezultata strukturno-geomorfološke razrade s geološkim podacima s površine i dubine. Iz geološke karte (MARINČIĆ, 1997) razvidno je da otok Hvar čine reversne strukture duž čijih krila se pružaju reversni rasjedi suprotnih vergencija. Isto tako, interpretirani seizmički profil (PRELOGOVIĆ et al., 2004) ukazuje da glavno strukturno obilježje otoka Hvara predstavljaju reversni rasjedi s njegove sjeverne i južne strane.

Usporedba površinskih i dubinskih podataka s rezultatima geomorfološke razrade ukazuje da ustanovljen recentni strukturni sklop obilježavaju reversno izdignute morfostrukture i reversni rasjedi koji su posljedica kompresijskih procesa N-S orjentacije. Morfostrukture su vrlo istaknute u reljefu i njihovo formiranje je vezano uz aktivnosti reversnih rasjeda pružanja E-W do ESE-WNW. Posebno su značajni reversni rasjedi južnih vergencija duž kojih su se odvijala najizrazitija izdizanja morfostruktura. Vrlo su istaknuti u reljefu čime se naglašava njihova aktivnost i dodatno zaključuje da je reljef otoka Hvara nastao kao posljedica najmlađih tektonskih pokreta.

LITERATURA

BOGNAR, A. (1990): Geomorphologic and engineering-geomorphological characteristics of Island of Hvar and ecological evaluation of relief.– Geograf. glasnik, 52, 49–65, Zagreb.

MARINČIĆ, S. (1997): Tectonic Structure of the Island of Hvar (Southern Croatia).– Geol. Croatica, 50/1, 57–77, Zagreb.

PRELOGOVIĆ, E., PRIBIČEVIĆ, B., IVKOVIĆ, Ž., DRAGIČEVIĆ, I., BULJAN, R. & TOMLJENOVIĆ, B. (2004): Recent structural fabric of the Dinarides and tectonically active zones important for petroleum-geological exploration in Croatia.– Nafta, 55/4, 155–161, Zagreb.

Kompleksna geološka struktura zapadnog Biokova na trasi tunela Sv. Ilija

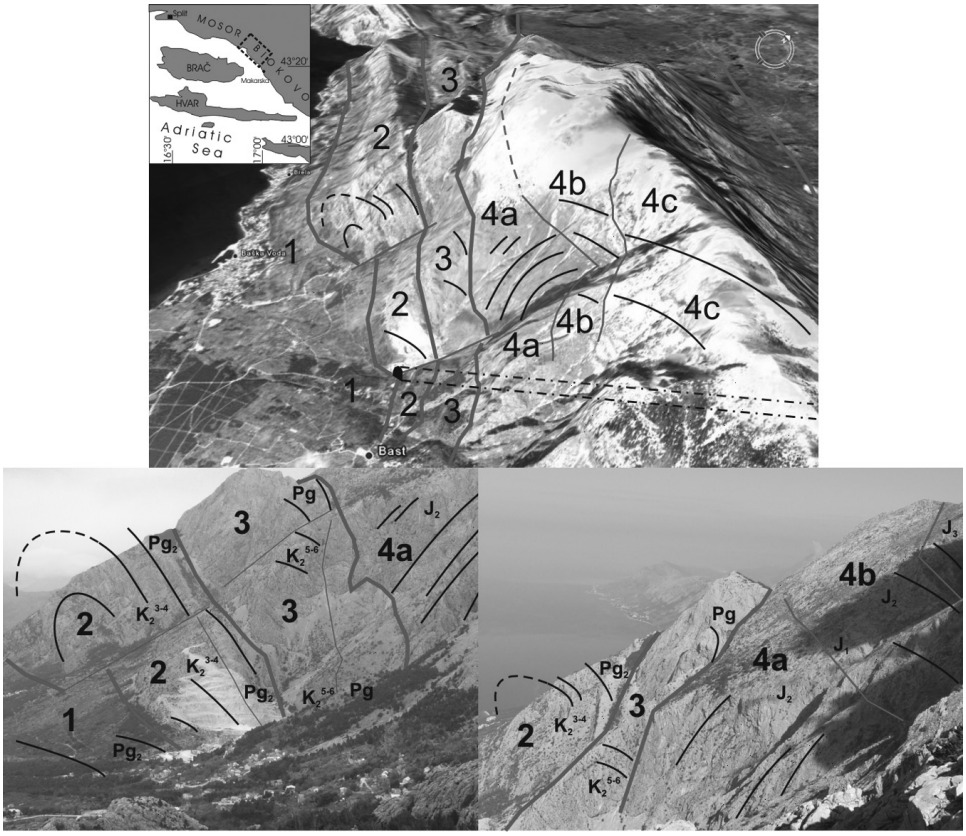
Complex geological structure of western Biokovo Mt. on the route of Sv. Ilija tunnel

Tvrtko Korbar[1], Ladislav Fuček[1], Tonći Grgasović[1], Damir Palenik[1], Vibor Novak[1], Georg Koch[1], Zvonko Blagus[2], Kristina Huđber[3] & Tomislav Hodak[4]

[1]Hrvatski geološki institut, Zavod za geologiju, Sachsova 2, 10 000 Zagreb, Hrvatska (tvrtko.korbar@hgi-cgs.hr)
[2]Geokon-Zagreb d.o.o., Starotrnjanska 16a, 10 000 Zagreb, Hrvatska
[3]Hidroelektra niskogradnja d.d., Zeleni trg 6a, 10 000 Zagreb, Hrvatska
[4]Mi Projektiramo Vama d.o.o., Antuna Šoljana 9, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: Biokovo, stratigrafija, paleogeografija, tektonika, Vanjski Dinaridi, tunel, Hrvatska
Key words: Biokovo, stratigraphy, palaeogeography, tectonics, External Dinarides, tunnel, Croatia

Tunel Sv. Ilija (Biokovo) je dužine 4440 m, a najveći nadsloj od oko 1300 m i nepristupačan teren na trasi tunela, činili su ga jedinstvenim problemom za geološku interpretaciju. U okviru geološkog kartiranja za potrebe izrade prognoznoga geološkog profila prikupljeni su brojni novi podatci. Tunel prolazi uglavnom kroz jursko-kredne karbonate, pretežito



Slika 1. Položajna skica zapadnog Biokova i shematska interpretacija kompleksne geološke strukture na panoramskoj slici (pogled s visine od 3,23 km prema SZ; Google Earth) te na fotografijama južnih padina.
Figure 1. Location map of western Biokovo Mt. and schematic interpretation of complex geological structure on panoramic picture (view from altitude of 3.23 km to NW; Google Earth), and on photographs of southern slopes.

vapnence, koji pripadaju različitim genetskim i strukturno-tektonskim cjelinama (Sl. 1). Utvrđeno je da strukturni kompleks zapadnog Biokova generalno odgovara strukturama prikazanim na OGK 1:100.000 (MARINČIĆ et al., 1976). Međutim, jednu značajnu strukturnu jedinicu izgrađuju deformirane karbonatne naslage Kotišinsko-tilovičkog (JELASKA et al., 2000, 2003), odnosno SI Jadranskog korita (KORBAR, 2009), vjerojatnog SZ produžetka Budva-cukali bazena (CHOROWICZ, 1975).

Na geološkom profilu su izdvojene 4 glavne strukturne jedinice (od JZ prema SI) koje pripadaju Vanjskim Dinaridima, a izgrađene su od deformiranih naslaga koje su taložene na različitim krustalnim segmentima Jadranske mikroploče:

1) Baška Voda – Vrulja: debeli slijed intenzivno deformiranih pretežito klastičnih fliških naslaga s uloščima i bankovima zrnastih vapnenaca (eocen, Pg_2);

2) Topići – Dubci: prebačena hektometarska antiklinala JZ vergencije, izgrađena od rudistnih vapnenaca formacije Gornjega Humca (konijak-santon, K_2^{3-4}) i Foraminiferskih vapnenaca paleogena u krovini (eocen, Pg_2);

3) Bast – Gornja Brela: deformirane masivne naslage kredno-paleogenskih padinsko-bazenskih pretežito kristaliničnih vapnenaca i breča (K_2^{5-6}, Pg) te fliških klastita u krovini;

4) Sv. Ilija – Zadvarje: kilometarska razlomljena antiklinalna struktura glavnog masiva zapadnog Biokova, izgrađena od plitkovodnih karbonata jure u južnom krilu (4a), istisnute (*pop-up*) fragmentirane jezgre (4b) te generalno monoklinalnog slijeda od plitkovodnih karbonata jure do gornje krede (formacije Gornjega Humca) u sjevernom krilu (4c).

Antiklinala 2 je po frontalnom rasjedu navučena na intenzivno deformirani fliš Jadranskog segmenta, tj. na jedinicu 1. Jedinice 2, 3 i 4 su međusobno ograničene strmim (subvertikalnim) rasjedima. Za razliku od jedinica 2 i 4, koje se na temelju stratigrafije naslaga krede i paleogena mogu pripisati istoj tektonostratigrafskoj jedinici (Visoki krš, Dinaridski segment), središnje smještena jedinica 3 ima specifičan razvoj naslaga najmlađe krede i paleogena, što ukazuje na kompleksnu paleogeografiju i polifaznu tektoniku. Pretpostavlja se da su naslage SI Jadranskog korita istisnute kroz prethodno preko njih navučene dijelove Dinaridskog segmenta (KORBAR, 2009). Struktura zapadnog Biokova je sa SI prema zaleđu ograničena slabo izraženim protusmjernim reversnim rasjedom, koji na površini reducira debljinu naslaga formacije Gornjega Humca (konijak-santon), a na kojima nekonformno slijede eocenski Foraminiferski vapnenci.

Geomehaničke značajke pretežito vapnenaca u uskoj su vezi s učestalošću slojnih diskontinuiteta, ali i strukturno-tektonskim smještajem pojedinih jedinica. Tako su, npr. na samoj trasi tunela masivni vapnenci i breče jedinice 3 izrazito raspucani u dm blokove, što je vjerojatno posljedica njihova specifičnog tektonskog smještaja. S druge strane, u također debeloslojevitim do masivnim vapnencima srednje jure (susjedna jedinica 4a) tektonski diskontinuiteti nisu tako učestali. Tijekom iskopa tunela mjestimice se nailazilo na manje (dm do m) pojave paleogenskih klastita (siltoznih glinjaka i glina), koji su utisnuti u pukotine unutar brečiranih rasjednih zona. U središnjem dijelu tunela naišlo se na dekametarsku kavernu zapunjenu nekonsolidiranim sedimentima (siltovi, siltozne gline, pijesci), zbog čega je iskop bio izuzetno usporen, jer je postojala velika opasnost od urušavanja. Prognozni geološki profil u velikoj je mjeri potvrđen tijekom iskopa tunela.

LITERATURA

CHOROWICZ, J. (1975): Le devenir de la zone de Budva vers le Nord-Ouest de la Yougoslavie.– Bull. Soc. Géol. France, 7/17, 699–709.

JELASKA, V., BENČEK, Đ., MATIČEC, D., BELAK, M. & GUŠIĆ, I. (2000): Geološka povijest i strukturna evolucija Vanjskih Dinarida (Geological History and Structural Evolution of the Outer Dinarides).– In: VLAHOVIĆ, I. & BIONDIĆ, R. (eds.): 2. Hrvatski Geološki Kongres (Second Croatian Geological Congress), Cavtat – Dubrovnik 2000, VODIČ EKSKURZIJA (EXCURSION GUIDE-BOOK), A-1, 1–12, Zagreb.

JELASKA, V., BENČEK, Đ., CVETKO TEŠOVIĆ, B., ČOSOVIĆ, V., GUŠIĆ, I., IŠTUK, Ž. & MATIČEC, D. (2003): Platform Dynamics During the Late Cretaceous and Early Palaeogene – External Dinarides, Dalmatia.– In: VLAHOVIĆ, I. & TIŠLJAR, J. (eds.): Evolution of Depositional Environments from the Palaeozoic to the Quaternary in the Karst Dinarides and Pannonian Basin, 22nd IAS Meeting of Sedimentology, Opatija – September 17–19, 2003, Field Trip Guidebook, 101–107, Zagreb.

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, doi: 10.1016/j.earscirev.2009.07.004

MARINČIĆ, S., KOROLIJA, B. & MAJCEN, Ž. (1976): Osnovna geološka karta SFRJ, list Omiš, 1:100.000, K 33-22 (Basic geological map of SFRY, Sheet Omiš).– Inst. geol. istraž. Zagreb (1968–1969), Savezni geol. zavod, Beograd.

Prebačene karbonatne naslage krede i paleogena SI ruba Vinodola – implikacije za tektonski sklop šireg područja Rijeke

Overturned Cretaceous to Paleogene carbonates of the NE margin of Vinodol valley – implications for tectonic structure of wider Rijeka region

Tvrtko Korbar, Ladislav Fuček, Damir Palenik, Dubravko Matičec & Vlatko Brčić

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

Ključne riječi: stratigrafija, tektonika, Vanjski Dinaridi, geohazard, Hrvatska.
Key words: stratigraphy, tectonics, External Dinarides, geohazard, Croatia.

Definiranje prebačenih slijedova naslaga od velikog je značaja za rekonstrukciju orogenetske evolucije Vanjskih Dinarida, jer takve deformacije ukazuju na izraženu horizontalno-tangencijalnu komponentu stresa tijekom glavne faze formiranja dinaridskih struktura. Na OGK 1:100.000, list Crikvenica (ŠUŠNJAR et al., 1970), prebačene naslage zabilježene su duž čitavog SI ruba Vinodolske doline. Međutim, iz prikazanih položaja nije jasan lateralni odnos normalnih i prebačenih slojeva uzduž istih struktura. Naime, unutar intenzivno tektonski raspucanih i rekristaliziranih karbonata, određivanje položaja slojeva izuzetno je otežano, a prebačeni slojevi se crtaju samo kad su sa sigurnošću definirani. Inverzni položaj najbolje je vidljiv u horizontu samog nekonformnog stratigrafskog dodira krednih i paleogenskih vapnenaca, koji izdanjuju duž strmih padina i litica SI ruba središnjeg dijela doline. Isti se može sa sigurnošću odrediti i na izdancima rudistnih litosoma s ljušturama radiolitida u položaju rasta. Mjestimice su između prebačenih i normalnih slojeva nacrtani pretpostavljeni rasjedi, koji se pak ne mogu jednoznačno definirati, jer se radi o izuzetno tektonski razlomljenim karbonatnim naslagama, pa tako čitav geološki sklop nema logično objašnjenje. BLAŠKOVIĆ (1999) detaljno prikazuje prebačenu strukturu SI oboda središnjeg dijela Vinodola, a definira je kao prebačenu, izoklinalnu antiklinalu JZ vergencije, iako na karti ne prikazuje položaje slojeva koji bi trebali definirati njeno SI krilo.

U okviru nedavnog geološkog kartiranja na trasi buduće brze željezničke pruge Zagreb – Rijeka, definiranje položaja slojeva na području Ledenica (Sl. 1) bilo je vrlo otežano. Naslage su na tom području izrazito tektonski raspucane u dm i m blokove. Slojni diskontinuiteti, inače jasni u normalnim slijedovima istih stratigrafskih horizonata Vanjskih Dinarida, vrlo se teško zapažaju. Naknadna istraživanja tada zapaženih nejasnih stratigrafskih odnosa omogućila su primjenu dobro definiranog stratigrafskog obrasca za donju kredu na istraživanom području (VELIĆ, 1977; FUČEK et al., 1995), koji nije bio poznat u vrijeme izrade lista Crikvenica (ŠUŠNJAR et al., 1970). Pritom su od osobitog značaja bili dobro izraženi aptski emerzijski horizonti, na kojima u stratigrafskoj krovini slijede relativno manje tektonizirane i prepoznatljive, tanjeslojevite naslage alba, na temelju čega je i definiran prebačeni slijed naslaga. Dalje prema SI (područje Bater – Breze) potvrđen je normalni položaj slojeva karbonatnih naslaga jure, koje su nagnute generalno prema JZ pa pripadaju južnom krilu velike antiklinalne strukture JZ dijela Gorskog kotara (ŠUŠNJAR et al., 1970; HERAK, 1980).

Premda Blašković (1999) interpretira SI rub središnjeg dijela Vinodolske doline kao prebačeno JZ krilo antiklinale, naslage gornje krede i paleogena, koje nalazimo prebačene u strmim odsjecima, nisu zabilježene dalje prema SI zaleđu (ŠUŠNJAR et al., 1970), što bi bilo za očekivati da se doista radi o antiklinali. Nadalje, nejasni podatci o izmjeni normalnih i prebačenih slojeva donje krede u tom području (ŠUŠNJAR et al., 1970), i nedvojbeno utvrđen prebačeni slijed naslaga donje krede dalje prema JI (kod Ledenica), upućuju na potrebu dodatnih istraživanja.

Bilo kako bilo, prebačeni kredni i paleogenski karbonati SI ruba središnjeg i južnog dijela Vinodolske doline, čine dio erodirane kilometarske strukture (Sl. 1). Budući da tako velika prebačena struktura nije mogla biti formirana uz strmi reversni rasjed dinaridskog pružanja, duž SI ruba Vinodolske doline (ŠUŠNJAR et al., 1970), njezin položaj u širem tektonskom sklopu trebalo bi reinterpretirati. To je moguće na dva načina: (a) kao prebačeno SI krilo Vinodolske sinklinale u fronti velike navučene antiklinalne strukture Gorskog kotara (slično GKRH, 2009), ili (b) kao dio pokrovnom tektonikom (*thin-skinned*) intenzivno boranog paketa naslaga krede i paleogena tektonostratigrafske jedinice Visokog krša (*High Karst*), koji je naknadno usvođen. Pritom se kontakt s antiklinalno izdignutim podinskim naslagama (jure i starijih) iste tektonostratigrafske jedinice (južno krilo para-autohtone mega-antiklinale JZ dijela Gorskog kotara), nalazi na potezu Bater – Zlobin (prema KORBAR, 2009).



Slika 1. Panoramska slika Vinodola i zaleđa s naznačenim područjem prebačenih karbonatnih naslaga krede i paleogena (pogled s visine od 5,5 km prema SZ; Google Earth).
Figure 1. Panoramic picture of Vinodol valley and its hinterland. Lines indicate area of overturned Cretaceous to Paleogene carbonates (view from altitude of 5.5 km to the NW; Google Earth).

Danas je čitava mega-struktura erodirana i razlomljena mlađim rasjedima, te je za njezino potpuno definiranje potrebna izrada detaljnije geološke (litostratigrafske) karte ili niza detaljnih profila. Moguće pružanje prebačene strukture prema SZ (Grobnik – Obruč) i kontakt s velikom antiklinalnom strukturom JZ dijela Gorskog kotara, važni su za definiranje tektonskog sklopa šireg područja grada Rijeke. Tektonski sklop, kombiniran s GPS podatcima o pomacima pojedinih blokova i podatcima o položaju hipocentara potresa, nužni su za procjenu recentne geodinamike i geohazarda u tom gusto naseljenom i seizmički aktivnom području.

LITERATURA

BLAŠKOVIĆ, I. (1999): Tectonics of Part of the Vinodol Valley Within the Model of the Continental Crust Subduction.– Geologia Croatica, 52/2, 153–189.

HERAK, M. (1980): Sustav navlaka između Vrbovskog i Delnica u Gorskom kotaru (The nappe-system between Vrbovsko and Delnice in Gorski kotar (Croatia).– Acta Geologica, 10/2, 35–51, Zagreb.

FUČEK, L., VELIĆ, I., VLAHOVIĆ, I., OŠTRIĆ, N., KOROLIJA, B. & MATIČEC, D. (1995): Novi podaci o stratigrafiji donje krede otoka Cresa.– In: VLAHOVIĆ, I., VELIĆ, I. & ŠPARICA, M. (eds.): Proceedings of the First Croatian Geological Congress, 1, 167–172, Zagreb.

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, doi: 10.1016/j.earscirev.2009.07.004

GKRH (2009): Geološka karta Republike Hrvatske, M 1:300.000, Hrvatski geološki institut, Zagreb.

ŠUŠNJAR, M., BUKOVAC, J., NIKLER, L., CRNOLATAC, I., MILAN., A., ŠIKIĆ, D., GRIMANI, I., VULIĆ, Ž. & BLAŠKOVIĆ, I. (1970): Osnovna geološka karta SFRJ, list Crikvenica (Basic geological map of SFRY, Sheet Crikvenica) 1:100.000, L 33-102.– Inst. geol. istraž. Zagreb, 1970., Sav. geol. zavod, Beograd.

VELIĆ, I. (1977): Jurassic and Lower Cretaceous assemblage-zones in Mt. Velika Kapela, central Croatia.– Acta Geologica, IX/2, 15–37, XXXII Plates.

Kinematic and paleostress evolution of the NW-SE trending "Dinaric" faults in the northwestern External Dinarides, Central Slovenia

Kinematika, režim paleonaprezanja i razvitak Dinaridskih rasjeda NW-SE pružanja u sjeverozapadnom dijelu Vanjskih Dinarida, središnja Slovenija

Lea Lajmiš & Marko Vrabec

Department of Geology, Faculty of Natural Sciences and Engineering, University of Ljubljana, Privoz 11, 1000 Ljubljana, Slovenia

Keywords: External Dinarides, Dinaric faults, kinematic and paleostress analysis
Ključne riječi: Vanjski Dinaridi, Dinaridski rasjedi, kinematika, analiza paleonaprezanja

Orogen-parallel NW-SE trending faults with right-lateral offsets are ubiquitous in the Dinaric orogen. These faults consistently cut and displace thrusting-related structures and are therefore commonly interpreted as belonging to the final stage of tectonic evolution of the Dinarides (e.g. PICHA, 2002). In our investigated area in central Slovenia (northwestern External Dinarides) many NW-SE trending faults with marked topographic expression are present, some of which are of regional importance (like the Idrija fault, Želimlje fault, Žužemberk fault). We studied mesoscopic structural characteristics and map-scale relationships of the faults, and measured fault-slip data on exposed fault planes. Kinematic and dynamic analysis of fault-slip data was performed with the T-TECTO software package (ŽALOHAR & VRABEC, 2007).

We separated four major tectonic phases. The oldest phase is characterized by NE-SW directed compression, which we attribute to – Paleogene thrusting of the External Dinarides. The second phase is characterized by NE-SW oriented tension in extensional tectonic regime. The existence of this phase is well-supported by fault-slip data and also by fault geometry in ouctrop scale and map scale, manifested occasionally by typical half-graben structures and conjugate NW-SE trending normal fault sets. The third phase is marked by ~E-W compression with ~N-S oriented tension in strike-slip stress regime. Typically, this phase produced oblique-slip reactivation of Phase 2 normal faults, whereas other effects in outcrop- or map-scale structure were not found. We tentatively assume Miocene timing for Phases 2 and 3. The fourth phase shows ~N-S oriented compression with ~E-W oriented tension in strike-slip stress regime. This phase produced dextral reactivation of NW-SE trending normal faults, which is clearly visible from relative age relationships of slickensides on fault planes. Map-scale dextral offsets on NW-SE trending faults are also evident. Phase 4 is consistent with modern stress and strain field in the region as indicated by earthquake focal mechanisms and GPS measurments (e.g. WEBER et al., 2010), and we ascribe it to the Pliocene-Quaternary inversional/transpressional phase in the northwestern Dinarides (e.g. VRABEC & FODOR, 2006).

A major implication of our data is that the NW-SE trending orogen-parallel »Dinaric« faults have a complex polyphase history. They probably originated as normal faults and were only later reactivated as right-lateral strike-slip faults. Geodynamic processes responsible for NE-SW directed orogen-perpendicular extension, which produced normal faulting, are presently not understood. Earlier intepretation assumed that the tensional episode in the Dinarides reflects Miocene extension in the Pannonian Basin (ILIĆ & NEUBAUER, 2005). However, in our study area the measured direction of tension does not match the generally ~E-W oriented Miocene tension in the adjacent Pannonian domain (e.g. FODOR et al., 1998). We therefore propose a working hypotesis that Dinaric tension is related to late-stage orogenic extensional processes, similar to those documented in many modern and fossil orogens worldwide.

LITERATURA

FODOR, L., JELEN, B., MARTON, E., SKABERNE, D., ČAR, J., VRABEC, M. (1998): Miocene – Pliocene tectonic evolution of the Slovenian Periadriatic fault: implications for Alpine – Carpathian extrusion models.– Tectonics, 17, 690–709.

ILIĆ, A., NEUBAUER, F. (2005): Tertiary to recent oblique convergence and wrenching of the Central Dinarides: Constraints from a palaeostress study.– Tectonophysics, 410, 465–484.

PICHA, F.J. (2002): Late orogenic strike-slip faulting and escape tectonics in frontal Dinarides-Hellenides, Croatia, Yugoslavia, Albania and Greece.– AAPG Bulletin, 86/9, 1659–1671.

VRABEC, M., FODOR, L. (2006): Late Cenozoic tectonics of Slovenia: Structural styles at the north-eastern corner of the Adriatic microplate. In: N. PINTER, G. GRENECZY, J. WEBER, S. STEIN, MEDAK, D. (eds.), The Adria microplate: GPS geodesy, tectonics and hazards, (NATO Science Series, IV, Earth and Environmental Sciences, vol. 61).– Dordrecht: Springer, 151–168.

WEBER, J., VRABEC, M., PAVLOVČIČ PREŠEREN, P., DIXON, T., JIANG, Y., STOPAR, B. (2010): GPS-derived motion of the Adriatic microplate from Istria Peninsula and Po Plain sites and geodynamic implications.– Tectonophysics 483, 214–222.

ŽALOHAR, J., VRABEC, M., (2007): Paleostress analysis of heterogenous fault-slip data: The Gauss method.– Journal of Structural Geology, 29, 1798–1810.

Indications of neotectonic activity of Late Pleistocene terrestrial sediments in the middle part of the Danube valley

Indikatori neotektonske aktivnosti u gornjopleistocenskim kopnenim sedimentima središnjeg dijela doline Dunava

Árpád Magyari & István Marsi

Geological Institute of Hungary, Stefánia út 14, HU-1143 Budapest, Hungary
(magyari@mafi.hu; marsi@mafi.hu)

Key words: Danube valley, Middle Pleistocene, terrestrial sediments, neotectonics
Ključne riječi: dolina Dunava, srednji pleistocen, kopneni sedimenti, neotektonika

We investigated Pleistocene terrestrial sediments along the middle section of the Danube valley from south of Budapest till the Baranja region. We analysed and logged a number of profiles which can be divided into four groups: SW part of the Gödöllõ Hills (in the north), Paks and Üveghuta sites (in the middle part) and Ilok region (in the south).

The sections in the SW part of the Gödöllõ Hills (eastern part of the Danube) belonged to the temporary outcrops of a highway construction around the eastern part of Budapest. The investigated area can be divided into two parts. Pliocene sand and clay are covered with forest type paleosol and Holocene quick sand on the north. On the south the Pliocene sand and clay are covered with loess horizons that are accompanied by forest and forest steppe type paleosols. Despite the differences in the geological build-up within the area, two erosional surfaces can be found everywhere. The first one is on top of the Pliocene alluvial sand and the second one is between the brown forest palaeosol and the eolian sand.

Another opportunity to observe the momently open and long outcrops of the highway constructions (M-6) was 5 km NNW from Paks. In the lowermost part of the sections the eroded and undulated surface of red clays (Tengelic Clay Fm and mediterranean type paleosols) are succeeded by slope and alluvial sediments which fill up the dissected paleomorphology. The sediments grade upward into loess and paleosols MB, L6 and or Ph and L7 (Upper sequence of the Paks Loess Formation). In that horizon a large number of joints (in the loess) and open fissures could be measured. The latter are filled in with cover alluvial sand, silt and clay and eolian sand and are covered by zonal forest steppe soil. In the alluvial deposits decimetre-scale water escape structures, microfaults and kinking structures could be observed, and the whole section is tilted towards west.

The drilling and geophysical exploration of the Üveghuta Site was carried out within the frame of the national project to search for a suitable site for the disposal of low- and intermediate-level radioactive waste deriving from the Paks Nuclear Power Plant (The National Repository of Radioactive Waste, 40 km south from Paks). It provided a unique opportunity to attain geological knowledge about the overlying loess assemblage of the Mórágy Granite. Concerning both the full thickness and the thickness of single levels, the complete loess section is quite similar in hilltop boreholes. Here hiatuses were observed in several boreholes on the base of Loess Horizon L2 (at about 65 thousand years), L3 (at about 180 thousand years) and L5 (at about 375 thousands years) (BALLA et al., 2009).

The Ilok area of Croatia was investigated within the framework of a bilateral scientific project between the Croatian Geological Survey and the Geological Institute of Hungary during 2009. Alluvial sand, marshy sediments and brown forest type palaeosol cropped out in the northern part of the village. The lateral continuation of this series can be found in the clay pit of Ilok on the southern part of the village. The alluvial sand is partly interfingered and partly covered with the marshy sediments, which gradually change upward into infusion loess, loess and laminated silty clay of an alluvial flat. The whole sequence is tilted towards ENE (Fig. 1.) and becomes horizontal abruptly in the upper part of the laminated silty clay. This series continues laterally by brow forest type palaeosol, which is truncated erosionally by forest steppe type palaeosol. Based on the brown forest type paleosols in the underlaying layers the possible age of the tilting is coeval with the lower part of the L5 or L6 loess horizon.

In spite of the local differences in the Middle Pleistocene sediments, some common features can be recognized between the localities. Imprint of forceful erosion can be detected in all sections, which probably took place during the deposition of Loess Horizons L5/L6 and L3. The first erosional phase is accompanied by tilting (Paks, Ilok) and paleoseismic activity (Paks, Üveghuta), while the younger



Figure 1. Tilted laminas of Middle Pleistocene clay and silt in the Ilok claypit.
Slika 1. Nagnuti slojevi u laminiranim srednjopleistocenskim glinama i siltovima u glinokopu kod Iloka.

event is associated with joints and open fractures (Paks). All theses features indicate neotectonic activity, which probably took place at least in two steps in the above mentioned areas of the middle section of the Danube Valley.

The project was supported by the T037593 National Research Foundation (OTKA) and by the János Bólyai Research Grant of the Hungarian Academy of Science (MAGYARI, Á.).

REFERENCES

BALLA, Z., CSÁSZÁR, G., GULÁCSI, Z., GYALOG, L., KAISER, M., KIRÁLY, E., KOLOSZÁR, L., KOROKNAI, B., MAGYARI, Á., MAROS, GY., MARSI, I., MOLNÁR, P., ROTÁRNÉ, SZ.Á. & TÓTH, GY. (2009): Geology of the North-eastern part of the Mórágy Block – Regional Map Series of Hungary, Explanatory Notes to the Geological Map-series of the North-eastern Part of the Mórágy Block (1:10 000), Budapest, Geol. Inst. of Hung., 216 p.

Subduction of the Adriatic microplate under the Pannonian segment based on new seismic and gravity explorations

Subdukcija Jadranske mikroploče ispod Panonskog segmenta na temelju novih seizmičkih i gravimetrijskih istraživanja

Franjo Šumanovac[1], Jasna Orešković[1], Endre Hegedűs[2], Saša Kolar[1], Darko Dudjak[1] & Attila C. Kovács[2]

[1]University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Pierottijeva 6, 10000 Zagreb, Croatia
[2]Eötvös Loránd Geophysical Institute of Hungary, Columbus u. 17-23, H-1145 Budapest, Hungary

Key words: Dinarides, Pannonian basin, gravity modelling, receiver functions
Ključne riječi: Dinaridi, Panonski bazen, gravimetrijsko modeliranje, funkcije prijemnika

The transition area from Dinarides to the Pannonian basin was, in the last decade, covered by several experiments in order to obtain the structure of the lithosphere and relationship between the Adriatic microplate and the Pannonian segment. The beginning of a new research was within the international wide-angle refraction and reflection project ALP 2002. This active-source seismic experiment was followed by the ALPASS-DIPS project (**A**lpine **L**ithosphere and Upper Mantel **PA**Ssive **S**eismic Monitoring-**DI**narides-**P**annonian **S**egment). The project is passive seismic survey which uses natural earthquakes in order to determine structure of the Earth's crust and upper mantle. Basic exploration had been carried out on the profile Alp07 stretching from Koromačno in Istra over the Dinarides to the Hungarian-Croatian border in a WSW–ENE direction. It is oriented almost perpendicularly to the Dinarides and to main faults in this region. Tectonically, the profile stretches from the edge of Adriatic microplate through the northern part of the Dinarides, crosses wide ophiolite zone (Dinaridic ophiolite zone and Sava-Vardar zone) and terminates in the Pannonian basin at the eastern part of the Tisia block.

The data within ALPASS-DIPS project were gathered on 15 temporary stations in Croatia and 2 stations in southern Hungary. Most of the stations were deployed along the profile Alp07 where the velocity model has already been defined. Recorded data have been processed using the receiver function method, based on the converted P-to-S phase. Gravity modelling on the Alp07 profile enabled a definition of calibrated rock densities for different structural units. The study area has been extended, covering the area of Croatia, Bosnia and Herzegovina and southern parts of Hungary, in order to obtain structural relations in wider area. Thereafter five more profiles were set up, where 2-D gravity modelling was carried out (ŠUMANOVAC, 2010).

Seismic and gravity model

Seismic modelling, both inverse and forward, was performed on the Alp07 profile (ŠUMANOVAC et al., 2009).

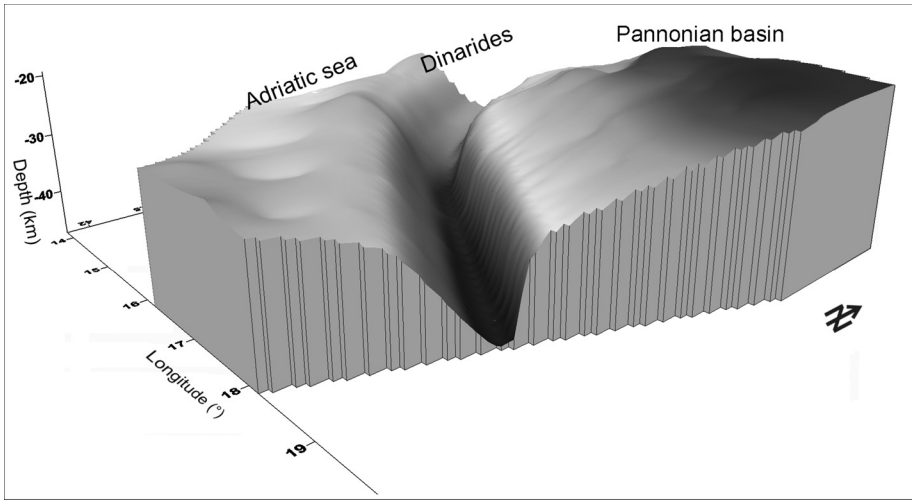


Figure 1. 3-D map of the Mohorovičić discontinuity based on gravity modelling.
Slika 1. 3-D prikaz dubina Mohorovičićevog diskontinuiteta konstruiran na temelju gravimetrijskog modeliranja.

Following seismic modelling, 2-D gravity modelling was used to determine densities in the lithosphere. On the basis of both data sets, three types of crust were defined along the profile: the Dinaridic and the Pannonian crusts that are separated by a Transition zone. The Dinaridic upper crust is characterized by low seismic velocities and low densities, while the lower crust shows high seismic velocities and densities. The Pannonian crust can be seen as single layered, characterized by low seismic velocities and low densities. The strongest lateral changes in seismic velocities and densities were found on the margin of the Pannonian basin and in the Sava depression area, where a wide Transition zone was defined.

Calibrated densities were used in gravity modelling of the wider area. Structural units defined on the Alp07 profile can be followed on other profiles. Since the structure covered by the profiles is two-dimensional, the obtained results enabled the construction of 3-D Mohorovičić discontinuity map (Fig. 1). The depth of the Mohorovičić discontinuity is the greatest in the Dinarides root. On the Alp07 profile, located in the NW part of the study area, the depth is about 40 km and increases to the SE where it reaches about 46 km. The subsidence of the Moho is particularly marked on the north side of the Dinarides, at the contact with the Pannonian basin, where, based only on structure geometry, subduction is assumed. The shallowest Mohorovičić discontinuity is located in the NE part of the study area (the Pannonian basin) at depth less than 20 km.

Receiver functions

Based on receiver functions analysis, there are three types of seismograms that can be derived: Dinaridic, Transitional and Pannonian. Pannonian type can be observed at station CBP4M which belongs to the Pannonian crust segment (Fig. 2). Transitional type can be seen at station Cro_07 because it is located in a transitional zone, while Dinaridic type can be observed at station Cro_03, and belongs to Dinaridic crust. Three major lithospheric discontinuities can be defined at the Dinaridic type and the Transitional type, while the Pannonian type reveals only two discontinuities. The shallowest discontinuity observed at station CBP4M, can be defined as a sedimentary basement, and because of strong acoustic impedance contrast, the amplitude is very high. Deeper discontinuity appears at about 4 s, and is also characterized with high amplitude. However, it can be interpreted as the Mohorovičić discontinuity, because high amplitude is most likely the result of velocity contrast between crust and upper mantle. Analysis shows that there are no more discontinuities between them in the Pannonian type. Therefore, based on active seismic data analysis and gravity modelling, this corresponds very well with the unique-layer interpretation of Pannonian crust (ŠUMANOVAC et al., 2009). Receiver functions that were calculated for stations under the Dinarides and in the Transition zone showed two-layered crust, which was also a confirmation of earlier active-source seismic experiment and gravity modelling. From receiver functions analysis Moho depth along Alp07 profile is the greatest under the Dinarides, and is shallowest in the Pannonian basin.

REFERENCES

ŠUMANOVAC, F. (2010): Lithosphere structure at the contact of the Adriatic microplate and the Pannonian segment based on the gravity modelling.– Tectonophysics, 485, 94–106, doi:10.1016/j.tecto.2009.12.005.

ŠUMANOVAC, F., OREŠKOVIĆ, J., GRAD, M. & ALP 2002 WORKING GROUP (2009): Crustal structure at the contact of the Dinarides and Pannonian basin based on 2-D seismic and gravity interpretation of the Alp07 profile in the ALP 2002 experiment.– Geophys. J. Int., 179, 615–633, doi: 10.1111/j.1365-246X.2009.04288.x.

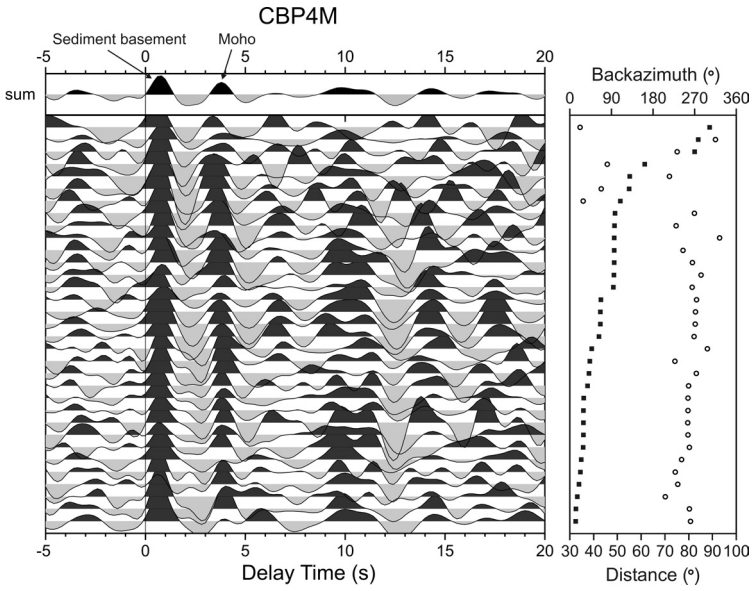


Figure 2. Receiver functions for station CBP4M located in the Pannonian basin. Events are sorted according to backazimuth with stacked trace at the top.
Slika 2. Funkcije prijemnika za stanicu CBP4M smještenu u Panonskom bazenu. Seizmogrami su poredani s obzirom na povratni azimut, a zbirna funkcija prijemnika prikazana je na vrhu.

Northern margin of the Dinarides in the basement of the Pannonian Basin

Sjeverna granica Dinarida u podlozi Panonskog bazena

Vlasta Tari-Kovačić

INA-Naftaplin, Exploration and Development Department, Šubićeva 29, 10 000 Zagreb, Croatia

Key words: Dinarides, Tisia-Dacia, accretionary wedge, Pannonian Basin, basement
Ključne riječi: Dinaridi, Tisia-Dacia, akrecijski rub, Panonski bazen, podloga

The complexity of the South Pannonian Basin basement in Croatia is the reason why only a few attempts were made to interpret its geohistory. The most of published/unpublished papers are restricted to simple description of the basement lithologies. Recently, an attempt was made to distinguish Tisia and Dinarides domains based on restricted number of petrographic and radiometric analyses of magmatic and metamorphic well core samples (PAMIĆ, 1998, 2002), regardless on their appearance within sedimentary succession. In reality, the majority of magmatic and metamorphic rocks of the basement are either re-sedimented or embedded into tectonic mélange, as exampled by TARI (2002). Radiometric ages, therefore should be considered carefully, regarding complete succession of rocks, with the respect on its top and basal contacts, as exampled by Cerna-1 well succession. It is important to emphasize that due to a complex tectonic geohistory of the basement, which is composed of pre-Triassic rocks, Triassic and Jurassic rift formations, and Alpine compression/subduction and collision formations, should be exclude as a comparative element in palinspastic interpretation of the Alpine plates boundary definition. All these lithologies are scattered, virtually sense-less in the basement of the Pannonian Basin, extending from Drava depression in the North to the northern Bosnian Mountains in the South. Here, the basement is interpreted as an accretionary wedge of Dinaridic provenience, created by Late Cretaceous-Paleogene subduction, strongly tectonized by Oligocene to Early Miocene trenspression, Miocene rifting and, eventually, by intensely Pleistocene strike-slip displacement.

Regarding the plate tectonic setting, subduction of Tisia-Dacia beneath Apulia (Adria) resulted in obduction of the Inner Dinarides Ophiolite Belts. CCW rotation of Apulia (MARTON & MORO, 2009) pushed Tisia-Dacia Block to rotate in the same direction through Early and Late Cretaceous time, creating concurrently accretionary prisms above underthrusting plate. As a consequence, a WNW-ESE trending accretionary wedge was developed along the present day northern margin of the Dinarides. A magmatic arc was also activated: Upper Cretaceous-Paleogene west-east trending remnants of the magmatic arc are exposed at the surface in Slavonian Mountains (Požeška Gora and Papuk), and in northern Bosnian Mountains (Prosara and Motajica), following the southern margin of Pannonian Basin (TARI, 2002). Upper Cretaceous-Paleogene accretionary wedge deposits were recognised in oil wells which penetrated into the basement of the South Pannonian Basin in Croatia (TARI & PAMIĆ, 1998) and Serbia (ČANOVIĆ & KEMENCI, 1988). Coeval flysch-like deposits of the retroarc area in the northern Bosnia belong to the same tectonic system.

Recent interpretation of deep seismic lines in the Drava Depression area encountered a strongly expressed south dipping reverse fault involving exclusively the pre-Neogene basement. The fault vas interpreted in the area between Zagreb–Legrad strike-slip system on the West and Danube River on the East. The fault plane deeps to the south beneath the Dinarides, and it can be traced on seismic lines from the depth of 0.9 to 4.5 seconds (900 to more than 8000 m) involving exclusively the basement of Neogene Pannonian Basin.

This deep reverse fault represents, most likely, the sole fault of the Northern Dinaride accretionary wedge system. It divides two main lithological/tectonic units that differ by assemblage, rate and age of tectonic deformation, magmatism and metamorphism.

Comparing a lithostratigraphic composition of the basement along the fault a distinct differentiation was noted between northern (underthrust) and southern (overthrust) formations.

The southern one is interpreted as "northern" Dinaridic accretionary wedge, developed during Cretaceous–Paleogene subduction of Vardar Ocean branch of Tethys beneath the Dinarides and collision with Tisia-Dacia Block. Generally, accretionary wedge is characterized in extremely chaotic assemblage of lithofacies and specific structural setting. It consists of oceanic rocks scraped off the subducting plate, magmatic rocks of volcanic arc setting, sedimentary, magmatic and metamorphic rocks breached from landward plate margin and concurrent fore-arc and back arc deposits. These rocks are often affected by low- to high-grade, predomi-

nantly high pressure-low temperature metamorphism, during collision and collision tectonics. Herein, in the basement of the Pannonian Basin (PAMIĆ, 1998), their common character is tectonic melange of pebble to "mountain"-sized blocks and boulders composed of pre-Alpine basement elements (pre-Variscan and Variscan metamorphics and metavolcanics), strongly tectonized, even phylitized Triassic dolomites, Alpine metamorphics (exampled by Upper Jurassic to Upper Eocene schists and gneiss in Molve and Kalinovac area), contemporary ophiolite melange (basalts, peridotites, serpentinites and amphibolites in Bilogora, Moslavačka gora, Požeška gora and Eastern Slavonia area), Upper Cretaceous to Eocene flysch (Eastern Slavonia) Upper Cretaceous-Paleogene granitoids, and tuff and metatuff deposits of the same age.

The Alpine formations of northern unit, as evidenced by oil wells along the Drava Depression, can be easily compared with Mecsek-Villany area and Transdanubian part of Tisia Block (KOVACS et al., 2000). The Triassic formations are represented by dolomite and anhydrite in Legrad, Molve, Stari Gradac, Orešac and Siječe area, and comparing to Tisia Block in Hungary, they are most likely of Anisian age. Several wells in Gotalovo, Gola and Bilogora area encountered fossiliferous shaley-carbonate pelagic deposits of Middle Jurassic to Lower Cretaceous age, scagllia-like reddish pelagic limestone of Cretaceous age and Senonian flysch deposits. The presence Oligocene marine turbidites, so far known exclusively in Međimurje, is verified recently (Kalac, industrial document) in several wells of Peteranec, Gotalovo and Bizovac area. Their presence suggests the continuation of Oligocene marine environment further eastward into Tisia domain.

The accretionary wedge complex is strongly tectonized and deeply eroded during the early phase of Pannonian Basin thermal uplift, and rifted later on during Miocene and Pliocene times. The later transpression regime terminated in Pliocene by pull-apart basin – flower structure systems, corresponding to the main phase of hydrocarbon generation, trap formation and hydrocarbon accumulation.

REFERENCES

ČANOVIĆ, M. & KEMENCI, R. (1988): Mezozoik podine Panonskog bazena u Vojvodini (in Serbian).– Spec. Publ. Matica srpska, 337 str., Novi Sad.

KOVACS, S., HAAS, J., CSASZAR, G., SZEDERKENYI, T., BUDA, G. & NAGYMAROSY, A. (2000): Tectonostratigraphic terranes in the pre-Neogene basement of the Hungarian part of the Pannonian Basin.– Acta Geol. Hungarica, 43/3, 225–328.

MARTON, E. & MORO, A. (2009): New paleomagnetic results from imbricated Adria: Island Ist and related areas.– Geol. Croatica, 62/2, 107–114.

PAMIĆ, J. (1998): North Dinaridic Late Cretaceous-Paleogene subduction related tectono-stratigraphic units of Southern Tisia, Croatia.– Geol. Carpat., 49, 341–350.

PAMIĆ, J. (2002): The Sava-Vardar Zone of the Dinarides and Hellenides versus the Vardar Ocean.– Eclogae geol. Helv., 94.

TARI, V & PAMIĆ, J.(1998): Geodynamic evolution of the northern Dinarides and South Pannonian Basin.– Tectonophysics, 297, 269–281.

TARI, V. (2002): Evolution of the northern and western Dinarides: a tectonostratigraphic approach.– EGU Stephan Mueller Spec. Publ. Series, 1, 223–236.

Seizmo-geološka interpretacija i korelacija na području dugootočkog bazena – Ravni Kotari – Knin

Seismic-geological interpretation and correlation of Dugi Otok basin – Ravni Kotari – Knin area

Darko Tomašić[1], Ivan Kratković[1], Sanjin Grandić[2] & Boris Vrbanac[1]

[1]INA.d.d., SD Istraživanje i proizvodnja nafte i plina, Šubićeva 29, Zagreb, Hrvatska
[2]Viktora Kovačića 14, 10 000 Zagreb, Hrvatska

Ključne riječi: krivuljasti (neravni) nivo svođenja seizmičkih nailazaka, valna seizmička obrada, seizmička obrada u TauP domeni, dubinska migracija
Key words: Floating datum, Wavelet Processing, TauP Processing, Depth Migration

Rastrošne površinske zone u geomorfološki izrazito razvedenim terenima (sa naglašenim hipsometrijskim razlikama visine terena) su jedni od glavnih uzroka vrlo loše seizmičke slike podzemlja. Takvi tereni se nalaze u području Dinarida, odnosno Visokog krša. U ovom radu dani su primjeri interpretacije seizmičkih profila preko Kninske antiforme, Ravnih Kotara te Dugootočkog bazena. Kod tih profila odnos korisni signal – smetnja je vrlo nizak pa je uslijed toga i njihova seizmička slika vrlo loša. Iz tog razloga ovi profili nisu pogodni za neku ozbiljniju seizmičku interpretaciju. Primjenom novih seizmičkih algoritama u ponovljenoj obradi ovih profila, uspjeli smo dobiti zadovoljavajuću kvalitetu seizmičke slike. Na tako ponovljenoj obrađenoj seizmici pristupilo se strukturnoj interpretaciji navedenog područja. Interpretacijom je dodatno potvrđena geološka struktura Popovići koja predstavlja moguću zamku za akumulaciju ugljikovodika. Također, bilo je moguće potvrditi i preciznije definirati strukturne stilove na razmatranom području.

New data on seismotectonic activity in Croatia

Novi podaci o seizmičkoj aktivnosti u Hrvatskoj

Bruno Tomljenović[1], Marijan Herak[2], Davorka Herak[2], Koraljka Kralj[3] & Bojan Matoš[1]

[1]University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology & Petrol. Engineering, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Croatia
[2]University of Zagreb, Faculty of Science and Mathematics, Horvatovac bb, 10 000 Zagreb, Croatia
[3]INA Oil Company, Exploration Department, Šubićeva 29, 10 000 Zagreb, Croatia

Key words: Seismicity, Active tectonics, Croatia
Ključne riječi: Seizmičnost, aktivna tektonika, Hrvatska

Seismic and structural data obtained by two projects financed by the Ministry of Science, Education and Sports of the Republic of Croatia allow us to define and characterize the major seismogenic zones of the Croatia, here briefly described.

The seismogenic zone of *Žumberak – Samoborsko gorje* experienced the strongest known earthquake on February 11th 1699. The earthquake of August 13th 1887 (I_o = VII °MCS) caused heavy damage on churches and houses in the town of Jastrebarsko and the surrounding villages. Three fault-plane solutions (FPS) calculated for this zone point to generally N-S to NW-SE trending greatest principal stress direction and the prevalence of strike-slip tectonics accommodated by steeply dipping NE–SW striking sinistral and/or NW-SE striking dextral fault sets (HERAK et al., 2009). Pliocene-Quaternary transpressional tectonics controlled by a generally N-S trending greatest principal stress direction is also evidenced by structural data, which indicate the youngest displacements along the southern margin of the Žumberak Mt. accommodated by sinistral NE-SW striking fault set.

The seismogenic zone of Pokuplje lies along the Kupa River where it transects through the NW-SE trending hills of Vukomeričke gorice. The most important event here is the one of October 8th 1909 (M=6.0, I_o=VIII °MCS). Two FPS available from this zone consistently indicate a moderately plunging SW-trending pressure axis, with potential earthquake generating fault corresponding either to NW-SE striking dextral or NE-SW striking sinistral fault set. The former seems to be more plausible seismogenic source and would be a part of the Sava fault zone, which is in this segment documented as the NE-dipping boundary normal fault along the southwestern margin of the Pannonian basin during the Neogene. At present, however, this fault segment would be reactivated and inverted accommodating dextral and reverse motions due to recently NE-SW directed compressional stress. This interpretation is additionally supported by a cross-sectional view of hypocentres indicating a seismogenic zone that dips to the NE with an angle of 60°, a dip angle typical for normal faults.

The seismogenic zone of Medvednica experienced strong seismic activity in the 18th, 19th and in the beginning of the 20th century. The strongest earthquakes occurred on October 13th 1775 with the epicentral intensity of VII–VIII °MCS, on November 9th 1880 with the intensity VIII °MCS (known as the great Zagreb earthquake), on December 17th 1905 (I_o = VII–VIII °MCS) and on January 2nd 1906 (I_o = VII–VIII °MCS). Calculated and available FPSs indicate seismogenic activity on (1) reverse ENE-WSW striking faults and (2) along dextral or sinistral NW-SE and ENE-WSW striking faults, respectively. The hypocentres in the western part of this zone lie along a steeply SSE-dipping plane that is in agreement with the Quaternary active SE-dipping reverse fault mapped along the northern margin of Mt. Medvednica. Geometry and kinematics of this fault nicely corresponds with the NE-SW striking and SE-dipping nodal plane calculated by FPS, which indicate a reverse fault plane with a top-to-the-NW motion direction. Another two FPSs indicate seismogenic structures corresponding either to the NW-SE striking dextral or the NE-SW striking sinistral faults.

The seismogenic zone of Ivanščica – Kalnik recently experienced pronounced seismic activity with only moderate events of macroseismic intensity up to VII °MCS (e.g. June 1st 1993). All three FPS from the central and eastern part of this zone (HERAK et al., 2009) indicate prevalence of compressional tectonics under N–S trending P-axis, accommodated by the E–W striking reverse faults that are in a good agreement with faults mapped along the northern and southern margins of Ivanščica and Kalnik Mts.

The seismogenic zone of Bilogora – Drava extends in NW-SE direction for about 75 km between towns of Koprivnica and Virovitica. Three out of four earthquakes known from this area with I – VII °MCS had epicentres near the town of Koprivnica. The March 27th 1938 earthquake (I_o = VIII °MCS) destroyed many houses and churches in the town of Đurđevac and its surrounding villages. This is the first event in Croatia for which FPS could have been com-

puted. Potential seismogenic structure most probably corresponds with the NW–SE striking nodal plane dipping at 75° to the NE, which would nicely correlate with the major NW–SE striking Bilogora fault zone characterized by reverse and dextral faults which affected Pliocene-Quaternary strata.

The seismogenic zone of Ilirska Bistrica – Senj is the NW-SE trending, 60 km long and 30 km wide zone of epicentres along the coastline of Kvarner extending from Ilirska Bistrica (Slovenia) to Senj at the NW flank of Mt. Velebit. The oldest known strong event here is the Vinodol 1323 earthquake (I_o=9), later followed by earthquakes of 1750, 1870, 1878 (I_o=7-8) and 1916 (M_L = 5.8). Two seismogenic sources have been delineated in this zone. The first, Ćićarija fault system represents the frontal NE-dipping thrust system in the northern part of the external Dinarides and makes the eastern boundary of the gently folded and aseismic block of stable Adria (Istria peninsula). Instrumentally recorded seismicity with M_L < 3.0 is partly consistent with two major thrusts that at depth of 3 km merge into the major NE-dipping fault. This fault extends to depth of ca. 18 km where it ramps from the regional NE-dipping décollement within the pre-Mesozoic basement. The second Ilirska Bistrica – Senj fault system is composed of at least six faults in en échelon relationship traced along ca. 50 km long and 10 km wide zone. In its central part, this fault system is represented by the Grobnik-Bakar fault, i.e. some 60° NE-dipping fault that ramps at depth of 20 km from the regional décollement within the pre-Mesozoic basement. Surface structural measurements and fault plane solution data point to combination of strike-slip (dextral) and reverse (top to SW) motions along this fault system.

The seismogenic zone of Dalmatia is 350 km long and 100 km wide extending from Zadar up to Dubrovnik, including the coastline range and its hinterland as well as the island belt of the central-Adriatic archipelago. Here, damaging earthquakes are more frequent towards the SE, the strongest recorded at Mt. Dinara in 1986 (M_L = 5.5) and 1990 (M_L = 5.6), in Sinjsko polje in 1898, 1899 and 1907 (I_o=8-9), in offshore Makarska in 1962 (M_L = 5.9-6.1) and in Makarska hinterland in 1923 and 1942 (M_L = 6.2). Further SE in Ston-Dubrovnik area evidences of pronounced seismicity date back to ancient and medieval times (e.g. in 1481, 1482, 1504, 1520, 1530 and 1563). The most important is certainly the great Dubrovnik earthquake of 1667 (I_o=10), which was preceded by intense activity spread between Kotor (Montenegro) and Dubrovnik. In the area of Ston, some 40 km NE from Dubrovnik, strong events occurred in 1850 (I_o=8-9) and in 1996 (M_L = 6.0). The major seismogenic source in the southern Dalmatian sector of the Adriatic coastline region is the Ston-Dubrovnik fault system. It comprises a set of NW-SE striking and NE-dipping thrusts traced from offshore Ston to offshore Dubrovnik area, formed as out-of-sequence thrusts with respect to the Latest Miocene frontal thrust in this part of the external Dinarides. Surface structural measurements, FPS data and geometry of thrusts point to the prevalence of reverse top-to SW movements.

The seismogenic area of Adriatic offshore of Croatia turned to be quite active especially in its central-southern sector, i.e. SE of Zadar – Ancona line. Contemporary seismicity in this sector has been revealed as quite intense and rather localized around islands of Vis, Jabuka and Palagruža. The most recent earthquake series are those of Palagruža in 1988 (main shock M_L = 5.4) and Jabuka in 2003 (main shock M_L = 5.9; HERAK et al., 2005). The most representative seismogenic source in this area is the Jabuka-Andrija thrust system. It splays off from the Paleozoic– basement at depth of ca. 15 km, cut through Neogene and Quaternary horizons up to the sea-floor. Other thrusts are described as blind thrusts with Quaternary strata clearly deformed above their tips. Our data suggest that the ongoing seismotectonic activity along the Jabuka-Andrija thrust system is strongly localized, being associated with still active growth of salt diapirs, which are the most representative structural features of active tectonics in this part of the Adriatic offshore.

REFERENCES

HERAK, D., HERAK, M. & TOMLJENOVIĆ, B. (2009): Seismicity and earthquake focal mechanisms in North-Western Croatia.– Tectonophysics, 465, 212–220.

HERAK, D., HERAK, M., PRELOGOVIĆ, E. MARKUŠIĆ, S. & MARKULIN, Ž. (2005): Jabuka island (Central Adriatic Sea) earthquakes of 2003.– Tectonophysics, 398, 167–180.

Adria microplate motion and active deformation of the Dinarides – inferences from Global Positioning System (GPS) data

Kretanje Jadranske mikroploče i aktivno deformiranje Dinarida prema podacima Global Positioning System-a (GPS-a)

Vrabec Marko[1], Tomljenović Bruno[2], Sterle Oskar[3], Bačić Željko[4,5], Bašić Tomislav[5,6], Marjanović Marijan[4] & Stopar Bojan[3]

[1]Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Aškerčeva 12, SI-1000 Ljubljana, Slovenija,
[2]Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Hrvatska
[3]Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova 2, SI-1000 Ljubljana, Slovenija
[4]Državna geodetska uprava Republike Hrvatske, Gruška 20, 10 000 Zagreb, Hrvatska
[5]Sveučilište u Zagrebu, Geodetski fakultet, Kačićeva 26, 10 000 Zagreb, Hrvatska
[6]Hrvatski geodetski institut, Savska cesta 41/VII, p.p. 19, 10 144 Zagreb, Hrvatska

Key words: GPS geodesy, active tectonics, Adriatic microplate, Dinarides
Ključne riječi: GPS geodezija, activna tektonika, Jadranska mikroploča, Dinaridi

We analyze a joint regional network of č100 GPS sites spanning across the eastern margin of the Adriatic from Italy to southern Croatia, and covering the geodynamic units of the Southern Alps, the Adriatic microplate proper (Istria), the Dinarides, the Eastern Alps and the Pannonian Basin. Dataset consists predominately of high-precision survey-type GPS measurements that were carried out in 1994-2007, where each site was occupied at least 3 times. Additionally, data of several continuously recording GPS (CGPS) stations were included in the analysis. GPS data processing was performed with Bernese software package. Site velocities with associated uncertainties were calculated in the stable Eurasian reference frame

Active deformation in the coastal belt of the Dinarides is predominately controlled by the counter-clockwise rotation of the Adriatic microplate with respect to Eurasia, around an Euler pole in the Western Alps. The orientation of GPS velocity vectors at coastal sites matches very well the predicted Adria motion trajectories. Orientation of this "Adria Push" ranges from NNW-SSE in the Southern Alps of Slovenia towards the NNE-SSE direction in southern Dalmatia and in the Dinarides of Bosnia and Herzegovina. The rate of shortening across the South-Alpine and Dinaridic fold-thrust belts increases from ~2 mm/yr in the north to ~4 mm/yr in the south. In the central and southern Dinarides we detect no statistically significant deformation perpendicular to direction of maximal shortening, which implies extremely low to nonexistent deformation rates on orogen-parallel "Dinaridic" strike-slip faults within the time span of our campaign data.

However, a measurable orogen-parallel deformation that could be related to dextral strike-slip activity on geomorphologically prominent NW-SE trending faults is observed north of the Idrija fault in Slovenia and along its southeastern continuation into Croatia. A measurable jump in deformation rates is seen also in the interior of Croatia in the transition zone from the Dinarides into the Pannonian lowlands. In both cases, the currently implied dextral slip rates are in the order of 1 mm/yr.

Strukturne značajke Kosovskog ugljenonosnog bazena
Structural fabric of the Kosovo coal-bearing basin

Agim Ymeri & Nazmi Braha

KEK, Engineering Department, Mother Tereza Nr 36, Priština, Kosovo

Ključne reči: Kosovski ugljenonosni bazen, Neogen, strukturni sklop
Key words: Kosovo coal-bearing basin, Neogene structural fabric

U ovom radu su prikazani rezultati dugogodišnjih i detaljnih istraživanja neogenskih naslaga Kosovskog ugljenonosnog basena, s posebnim naglaskom na strukturni sklop. Unutar ovih naslaga formiran je deblji sloj ugljena s visokom gospodarskim vrijednoscu, čiji eksploatacijski potencijal uveliko ovisi od strukturnih odnosa koji vladaju u ležištu i taložnom bazenu. Rezultat intenzivnih tektonskih pokreta je stvaranje velikog broja regionalnih i lokalnih rasjeda koji su ugljenu seriju odvojili u nekoliko makro i mikro strukturnih blokova različitih polozaja i geometrijskih oblika.

In this paper, the results of a long-lasting and detailed research activities of Neogene coal-bearing deposits of Kosovo basin are presented, with a special emphasis on its structural fabric. Within these deposits a thick coal layer of high economic value was formed, the economic potential of which largely depends on structural relations prevailing in the coal-bearing deposits and depositional basin. The result of intense tectonic movements is reflected in formation of numerous regional and local faults, which disintegrated coal-bearing into a series of macro and micro structural blocks displaced at different levels, showing variable geometry.

SADRŽAJ – CONTENT

POZVANO PREDAVANJE – KEY LECTURE

Linking the geosphere & biosphere to understand dolomite formation 1
Judith A. McKenzie

Loess – High resolution sediment archives 3
Manfred Frechen

Zaštita strateških zaliha podzemnih voda Republike Hrvatske 4
Zoran Nakić

PETROLOGIJA SEDIMENATA I ANALIZA BAZENA – SEDIMENTARY PETROLOGY AND BASIN ANALYSIS

Characteristics of some Middle Triassic volcaniclastic rocks in the External Dinarides (Croatia and Bosnia and Herzegovina) 6
Dunja Aljinović, Tea Kolar-Jurkovšek, Bogdan Jurkovšek & Hazim Hrvatović

Litofacijesi, dijagenetski procesi i fizičko-mehanička svojstva stijena kamenoloma K-3 na području Sinawin-Sha'wa u Libiji 8
Uroš Barudžija, Ana Kršinić, Siniša Kozarić, Neven Tadej & Mladen Fistrić

Petrološko-sedimentološke značajke albskih naslaga na području Tinjanske drage (Istra) 10
Vlatko Brčić

Korelacija fosilnih sedimenata špilje Veternice (Medvednica) s recentnim aluvijem 12
Marta Crnjaković, Damir Lacković, Snježana Mikulčić Pavlaković & Dragan Bukovec

Authigenic iron minerals as indicators of early-dolomitization in the Sandy Dolomites (uppermost Permian–Lower Triassic, Velebit Mt., Croatia) 14
Karmen Fio, Hrvoje Posilović, Jasenka Sremac, Igor Vlahović, Vladimir Bermanec & Ivo Velić

Valutice u sedimentima nižeg miocena Dilj gore (lokaliteti Staro Završje, Vučje jame i Pivnice) 16
Marija Horvat

Carbonate gravity-flow deposits from Bohinj area (NW Slovenia): evidence of a latest Jurassic – earliest Cretaceous carbonate platform in the Internal Dinarides 18
Duje Kukoč, Špela Goričan & Adrijan Košir

An integrated approach to provenance analysis: an example of Cretaceous sandstones from the northwestern Dinarides 20
Borna Lužar-Oberiter, Hilmar von Eynatten, Istvan Dunkl, Tamas Mikes & Ljubomir Babić

Tefra u pleistocenskim lesnim naslagama otoka Suska (sjeverni Jadran, Hrvatska) – karakterizacija i problematika 22
Snježana Mikulčić Pavlaković, Marta Crnjaković, Darko Tibljaš, Marin Šoufek, Lara Wacha & Manfred Frechen

Sedimentology, origin and depositional setting of sandstone beds within the oldest Promina deposits (Middle to Upper Eocene) of Northern Dalmatia, Croatia 24
Ervin Mrinjek, Vili Pencinger, Goran Mikša, Igor Vlahović, Ivo Velić, Josipa Velić, Stanislav Bergant, Dubravko Matičec & Božo Prtoljan

Carbonate olistoliths and megabeds within Middle to Upper Eocene Promina deposits: A sedimentary response to thrusting and fold growth in the Dinaric foreland Basin 26
Ervin Mrinjek, Vili Pencinger, Igor Vlahović, Ivo Velić, Josipa Velić, Stanislav Bergant, Goran Mikša, Dubravko Matičec & Božo Prtoljan

Karakteristike badenskih transgresivnih naslaga kod Našičkog Gradca (Krndija, sjeveroistočna Hrvatska) 28
Vili Pencinger, Ervin Mrinjek, Stjepan Crnogaj, Željko Bortek, Mirjana Miknić & Valentina Hajek-Tadesse

Kvartarne naslage između Jablanca i Alana na sjevernom Velebitu 30
Krešimir Petrinjak

Ciklusi niske i visoke plime u tajdalnim eocenskim pješčenjacima, otok Rab 32
Leda Pičuljan & Igor Felja

Characterization of the seabed surface sediments off the western Istrian coast (Northern Adriatic) using a quantitative echosounder 33
Kristina Pikelj, Danijela Bogner, Vjekoslav Tičina & Stipe Muslim

Siliceous nodular concretions from Upper Cretaceous limestone near Vrgorac (Croatia) 35
Hrvoje Posilović, Karmen Fio, Jasenka Sremac, Blanka Cvetko Tešović & Marija Brajković

Holocenska sedimentacija u akvatoriju luke Poreč 37
Krunoslav Škaro & Danijela Bogner

Sastav i porijeklo baremskih glinovitih sedimenata s otoka Mljeta 39
Darko Tibljaš, Kadosa Balogh, Ankica Oros Sršen, Toma Molnar, Vanja Biševac, Blanka Cvetko Tešović & Ivan Gušić

Depositional model of freshwater lacustrine/palustrine carbonates (Early-Middle Miocene, Sinj Basin, SE Croatia) 41
Alan Vranjković, Elizabeth Gierlowski-Kordesch, Arjan de Leeuw, Davor Pavelić, Oleg Mandic, Ivan Dragičević, Dunja Aljinović & Mathias Harzhauser

PALEONTOLOGIJA I HISTORIJSKA GEOLOGIJA – PALAEONTOLOGY AND HISTORICAL GEOLOGY

Conodont dating of the Lower Triassic – Scythian sedimentary rocks in the External Dinarides (Croatia and Bosnia and Herzegovina) 43
Dunja Aljinović, Tea Kolar-Jurkovšek, Bogdan Jurkovšek & Hazim Hrvatović

Palaeoclimatic record based on the irregular echinoid tests 44
Šimun Aščić, Jasenka Sremac, Hrvoje Posilović, Karmen Fio & Đurđica Pezelj

Anizički krinoidi Gologlava 46
Marija Bošnjak & Dražen Japundžić

Integrated stratigraphy of the Upper Cretaceous carbonate deposits on the Island of Čiovo (central Dalmatia, Croatia) 48
Mihovil Brlek, Tvrtko Korbar, Blanka Cvetko Tešović, Ladislav Fuček & Bosiljka Glumac

Ubušivanja, eocenske velike foraminifere i Prijelazni slojevi (Istra, Hrvatska), paleoekološki i tafonomski značaj 50
Vlasta Ćosović, Alan Moro & Željko Ištuk

Lavsa Island, biostratigraphic overview of Eocene beds from the K/T boundary to Middle Lutetian and its paleogeographic position between Dinarides and Apennines on the Paleogene Adriatic carbonate platform (Ypresian (Cuisian) – Oligocene) 52
Katica Drobne, Vlasta Tari, Uroš Premru & Mladen Trutin

Tragovi aktivnosti fosilnih insekata na miocenskim biljkama 54
Tamara Đerek & Sanja Japundžić

Principal component analysis around the Transitional and Sandy Dolomite boundary in the Velebit Mt. (Croatia) 56
Karmen Fio, Hrvoje Posilović, Jasenka Sremac, Igor Vlahović, Ivo Velić & Jorge E. Spangenberg

How tectonic, sea level changes and (dis)connections with others marine areas influenced on calcareous nannoplankton asemblage during the Sarmatian/Pannonian transition 58
Ines Galović

Paleontološke karakteristike eocenskih klastita područja Čitluka (jugozapadna Hercegovina) 60
Goran Glamuzina

Vapnenačke alge otoka San Salvador (Bahami) i njihova usporedba s odgovarajućim fosilnim zajednicama 61
Tonći Grgasović & Antun Husinec

Ostracods as biostratigraphic and palaeoenvironmental proxies from Miocene deposits in Croatia 63
Valentina Hajek-Tadesse

Planktonic foraminiferal turnover across the Eocene/Oligocene boundary in the North Adriatic Sea 65
Morana Hernitz Kučenjak, Vlasta Premec Fuček & Renata Slavković

New facts about the Upper Badenian Paratethys paleogeography 67
Aleksander Horvat, Miloš Bartol & Vasja Mikuž

Paleozoic and Mesozoic succession of sediments in Khnifes-1 Well (Syria) 69
Zlata Ivaniček, Branko Sokolović, Damir Stanković, Gabrijela Pecimotika, Vladimir Veseli, Krešimir Krizmanić & Georg Koch

Tragovi ugriza na ljušturama anizičkih amonita Poštaka, Hrvatska 71
Dražen Japundžić, Katarina Krizmanić & Nediljka Prlj Šimić

Late Cretaceous carbonate succession of the Northern margin of the Adriatic Carbonate Platform (Hrušica plateau, W Slovenia) 73
Jernej Jež & Bojan Otoničar

A revision of the Cretaceous ichthyofauna from Croatia, with special reference to pycnodonts 75
Koraljka Klepač & Francisco José Poyato-Ariza

Definition of the Permian – Triassic boundary in Western Slovenia 77
Tea Kolar-Jurkovšek, Bogdan Jurkovšek & Dunja Aljinović

Kemostratigrafija krednih karbonata jadranskog područja Hrvatske – pregled dosadašnjih istraživanja 78
Tvrtko Korbar

Utjecaj sinsedimentacijske tektonike i OAE 2 na razvoj Jadranske karbonatne platforme tijekom cenoman-turona: primjer otoka Brača (Dalmacija, Hrvatska) 80
Tvrtko Korbar, Bosiljka Glumac, Blanka Cvetko Tešović & Sarah B. Cadieux

Miocenski palinološki zapis bušotine Dravica-1 82
Krešimir Krizmanić & Dražen Brajković

Evolutionary history of the Miocene Dinaride Lake System 84
Oleg Mandic, Arjan de Leeuw, Mathias Harzhauser, Wout Krijgsman, Davor Pavelić & Hazim Hrvatović

Miocene climate change and global warming in the long-lived Lake Gacko 86
Oleg Mandic, Arjan de Leeuw, Boško Vuković, Wout Krijgsman, Mathias Harzhauser & Klaudia F. Kuiper

Subaerial exposure surfaces recorded in shallow-marine Lower Jurassic platform carbonates on Velebit Mt., Croatia 87
Maja Martinuš, Duje Kukoč & Damir Bucković

Miocenski do gornjopleistocenski proboscidi Hrvatske 89
Jadranka Mauch Lenardić

Did Neanderthals and Modern Humans meet? – Reexamining the chronology of sediments in Vindija Cave (Croatia) by using single-grain optically stimulated luminescence 91
Michael C. Meyer, Ljerka Marjanac, Zenobia Jacobs & Richard G. Roberts

Ihnocenoze dinosaura na Jadransko-Dinaridskoj karbonatnoj platformi 93
Aleksandar Mezga

Taphonomic selection among echinoids or why is *Clypeaster* the most abundant echinoid in the Miocene of Croatia 95
Goran Mikša & Aleksandar Mezga

Benkovac Stone mb. – 'flysch trace fossils' in the shallow water setting 97
Goran Mikša, Ervin Mrinjek & Igor Vlahović

Makrofosili iz različitih eocenskih nalazišta središnje Istre, Hrvatska 99
Vasja Mikuž & Aleksander Horvat

Paleoenvironmental evolution of southern Pannonian Basin during Badenian transgression 101
Đurđica Pezelj & Oleg Mandic

Sarmatske naslage lokaliteta Donje Orešje (Medvednica) 102
Đurđica Pezelj & Jasenka Sremac

Mollusc shell repair marks as indicator of predator-pray interaction 104
Hrvoje Posilović, Zlatan Bajraktarević & Dinko Kozak

Biostratigraphy, phylogeny and paleobiology of Eocene planktonic foraminifera from the North Adriatic Sea 106
Vlasta Premec Fuček, Morana Hernitz Kučenjak & Renata Slavković

Dijagenetske promjene na stijenkama kućica planktonskih foraminifera 108
Renata Slavković, Vlasta Premec Fuček and Morana Hernitz Kučenjak

Paleozoic and Mesozoic succession of sediments in Al Bahra-1 well (Syria) 110
Branko Sokolović, Zlata Ivaničeк, Ninoslav Sabol, Damir Stanković, Vladimir Veseli, Krešimir Krizmanić, Georg Koch & Jasenka Sremac

Špilja formacija murske potoline u Sloveniji 112
Velimir Turk

Stratigraphic-structural interpretation of SE Palmyrides (Syria) 113
Vladimir Veseli, Krešimir Krizmanić, Damir Takač, Bruno Tomljenović & Georg Koch

Pijesci i foraminiferska zajednica na odabranim lokalitetima istočne obale Jadranskog mora 115
Jelena Vidović, Vlasta Ćosović, Mladen Juračić, Adriana Borčić, Matea Čiča, Tamara Orešković & Lea Pesjak

Zonacija srednjeg i gornjeg miocena sjeverne Hrvatske na temelju mekušaca 117
Davor Vrsaljko

Vranić: Najznačajnije nalazište fosilnih kitova u Sjevernoj Hrvatskoj 118
Davor Vrsaljko, Sanja Japundžić, Marijan Kovačić, Zrinka Grganić-Vrdoljak & Pia Pleše

GEOLOŠKA BAŠTINA – GEOLOGICAL HERITAGE

Geološke osobitosti područja općine Jesenje 119
Radovan Avanić

Srednjovjekovni Rudnik Zrinski na Medvednici – nekad i sad 121
Tajana Ban Ćurić & Nives Farkaš-Topolnik

Geološke turističke atrakcije Hrvatske – prijedlog za školske i obiteljske izlete 123
Renata Brezinščak

Geološke zbirke u školama 124
Zvonko Bumber & Vicko Sviličić

Zaštita geološkog lokaliteta "Vukovarski Gorjanovićev profil" 125
Lidija Galović

Marketinške aktivnosti u promicanju geoloških vrijednosti Nacionalnog parka Sjeverni Velebit 127
Dubravka Kljajo

Zaštita i prezentacija fundusa Geološko-paleontološkog odjela Hrvatskoga prirodoslovnog muzeja 129
Katarina Krizmanić & Nediljka Prlj Šimić

Geološka baština Hrvatskog zagorja 131
Nevenka Krklec & Vlasta Krklec

Park prirode Papuk – prvi geopark u Hrvatskoj 133
Goran Radonić & Goran Pavić

PETROLOGIJA MAGMATSKIH I METAMORFNIH STIJENA – PETROLOGY OF IGNEOUS AND METAMORPHIC ROCKS

Complex Cretaceous evolution of the Moslavačka Gora crystalline: different aspects from various types of "foreign" and "cognate" enclaves inside granites 135
Dražen Balen & Zorica Petrinec

Order and disorder in columnar joints of Rupnica Geosite (Papuk Geopark) 137
Dražen Balen, Goran Radonić & Goran Pavić

Stilpnomelan i biotit u mineralnoj paragenezi zelenih škriljavaca Medvednice (SZ Hrvatska) – indikatori metamorfne zonalnosti 139
Mirko Belak, Vesnica Garašić & Dragutin Slovenec

Variscan high-T and Cretaceous low-T monazite in granitoid pebbles of the Permotriassic sequence, Papuk, Croatia 141
Vanja Biševac, Erwin Krenn, Dražen Balen & Friedrich Finger

Alkali feldspar microtextures from Pogari formation granite pebbles (Middle Bosnia) 143
Mihovil Brlek, Dražen Balen & Vladimir Bermanec

Mineraloško-petrografski sastav ultramafita na jednom dijelu ofiolitne zone Dinarida 145
Amra Hamzabegović & Milan Stević

Dating of rifting magmatizm and evaporites within the Adria Plate, on Jabuka, Brusnik and Vis islands, Croatia 147
Ladislav A. Palinkaš, Sibila Borojević Šoštarić, Sabina Strmić Palinkaš, Franz Neubauer, Jorge Spangenberg & Ivan Razum

Turning mineral grains into voxels: destructive tomographic techniques reveal the true nature of a peculiar granitic rock texture in 3D 149
Zorica Petrinec & Dražen Balen

Alteracijski procesi u mafitnim ekstruzivnim stijenama iz ofiolitnog melanža Medvednice (Hrvatska) 151
Damir Slovenec & Boško Lugović

New constraints on the geochronology of the Moslavačka Gora crystalline massif in Croatia 153
Biljana Starijaš, Axel Gerdes, Dražen Balen, Darko Tibljaš, Andreas Mayer & Fritz Finegr

INŽENJERSKA GEOLOGIJA – ENGINEERING GEOLOGY

Inženjerskogeološka istraživanja za potrebe izgradnje ustave i crpne stanice na sustavu Bid – Bosut 155
Ivan Baranašić, Petrina Kontrec, Marijan Krsnik & Boris Kavur

Složeno klizište u dolini Rječine: rezultati monitoringa 157
Čedomir Benac, Sanja Dugonjić, Maja Oštrić, Željko Arbanas & Petra Đomlija

Inženjerskogeološki laboratorij u Hrvatskom geološkom institutu 159
Željka Brkić & Vlatko Gulam

Most "Kopno-Pelješac" – inženjerskogeološke značajke 161
Renato Buljan, Vlatko Gulam & Davor Pollak

Inženjerskogeološka istraživanja klizišta u naselju Ruhotina 163
Neđo Đurić

Utjecaj serpentina na svojstva i trajnost peridotita kao tehničko-građevnog kamena 165
Mladen Fistrić, Tomislav Ženko, Nikolina Ilijanić & Renato Hrkač

Litological types of rocks along the new tunnel route for the relocation of the Kriveljska River 167
Slađana Krstić, Milenko Ljubojev & Mile Bugarin

Regionalni prikaz prirodnih hazarda u dijelu jugoistočne Europe 168
Snježana Mihalić, Biljana Abolmasov, Martin Krkač & Pavle Ferić

Japansko-hrvatski bilateralni projekt "Identifikacija rizika i planiranje korištenja zemljišta za ublažavanje rizika klizanja i bujica u Hrvatskoj" – pilot područja 170
Snježana Mihalić, Željko Arbanas, Martin Krkač & Sanja Dugonjić

Osnovna inženjerskogeološka karta, list Ivanić Grad 172
Željko Miklin, Nada Bastalić, Josip Kolarić & Laszlo Podolszki

Preliminarna karta hazarda u "Podsljemenskoj urbaniziranoj zoni" 174
Željko Miklin, Željko Ortolan, Ivan Hećimović & Laszlo Podolszki

Hidrogeološke i inženjerskogeološke značajke fliških naslaga u području eksploatacijskog polja Sv. Juraj – Sv. Kajo kod Splita 176
Josip Terzić, Dražen Navratil, Petar Hrženjak, Madlena Ožanić & Jasmina Lukač Reberski

Geological approach to rock mass stability and feasibility during the exploitation and excavation in hard rock masses 178
Ivan Tomašić & Ana Kršinić

Inženjerskogeološki problemi pri iskopu tunela "Kobiljača" 180
Tomislav Ženko, Davor Pollak, Tomislav Novosel, Laszlo Podolszki & Nikolina Ilijanić

HIDROGEOLOGIJA – HYDROGEOLOGY

Zaštita vodocrpilišta u sustavu regionalnog vodovoda Varaždin 182
Andrea Bačani, Kristijan Posavec & Tatjana Vlahović

Hidrogeološki uvjeti ostvarenja višenamjenske akumulacije Bjelolasica 184
Božidar Biondić, Ranko Biondić, Tomo Novosel, Marijan Krsnik & Hrvoje Meaški

Crpilište Ravnik – stanje i perspektive 186
Željka Brkić, Kosta Urumović & Maja Briški

Hidrogeološke karakteristike vodonosnika na budućem crpilištu regionalnog vodovoda kod Đurđevca 188
Željka Brkić, Kosta Urumović, Maja Briški, Željko Pekaš & Ozren Larva

Hidrogeološki potencijali Krekanskog neogenskog bazena 190
Milena Čavić

Problem definiranja zaštitnih zona izvorišta u karbonatnim naslagama Papuka 191
Željko Duić & Branko Hlevnjak

Ispitivanje utjecaja pražnjenja vodospreme Streljana u krško podzemlje na pojavljivanje zamućenja izvorišta Zvir u Rijeci 193
Franjo Dukarić, Ranko Biondić, Božidar Biondić & Josip Kolarić

Optimalna metoda i trenutak revitalizacija zdenca ugroženog djelovanjem Fe bakterija 195
Branko Hlevnjak, Jasna Zima & Vlado Skeležija

Application of sintacs method in the recharge area of the Jadro and Žrnovnica springs 197
Sanja Kapelj, Jelena Loborec, Janislav Kapelj & Mirjana Švonja

Dubinska geologija – osnova istraživanja i proizvodnje geotermalne i mineralne vode u Republici Hrvatskoj 198
Slobodan Kolbah

Trends in geothermal water utilization in Croatia 199
Miron Kovačić & Staša Borović

Vodoopskrbni potencijal jame Rokina bezdana 201
Mladen Kuhta & Andrej Stroj

Istovremeno trasiranje ponora Rupa i bušotine DB-1 na Grobničkom polju 203
Mladen Kuhta, Tihomir Frangen & Andrej Stroj

Rezultati ponovljenog trasiranja Markovog ponora na Lipovom polju 205
Mladen Kuhta, Andrej Stroj & Franjo Dukarić

Značajke krškog vodonosnika izvora Veličanke na Papuku 207
Mladen Kuhta, Andrej Stroj, Željka Brkić & Domagoj Jamičić

Hidrogeološke i hidrokemijske značajke otoka Paga 209
Jasmina Lukač Reberski, Josip Terzić & Stipe Dolić

Hidrogeološke i hidrološke značajke Duvanjskog polja – promatrano u kontekstu poplavnog vala iz siječnja 2010. godine 211
Josip Marinčić, Amira Galić, Maja Prskalo & Enes Šerifović

Kakvoća podzemne vode na području Dravskog bazena 213
Tamara Marković, Željka Brkić, Ozren Larva, Željko Pekaš, Kosta Urumović & Maja Briški

Primjena hidrokemijskih pokazatelja i stabilnih izotopa kisika i vodika u hidrogeološkim istraživanjima krških sustava: pokusno područje – izvori rijeke Gacke 215
Tamara Marković, Zvjezdana Roller-Lutz, Jasmina Lukač-Reberski, Ante Pavičić, Andrej Stroj, Tihomir Frangen, Željka Brkić, Tamara Hunjak, Diana Mance & Hans Lutz

Utjecaj promjene klime na hidrokemijske pokazatelje podzemne vode: pokusno područje projekta CCWaterS – Bokanjačko blato 217
Tamara Marković, Josip Terzić, Nicoletta Berović, Slobodan Miko, Ozren Hasan, Nikolina Ilijanić, Jasmina Lukač-Reberski & Stjepan Dolić

Project GENESIS: groundwater and dependent ecosystems – new scientific and technical basis for assessing climate change and land-use impacts on groundwater systems 219
Zoran Nakić

Problematika numeričkoga modeliranja toka podzemne vode u kršu 221
Jelena Parlov

Modeliranje transporta zagađivala u zagrebačkom vodonosniku u svrhu procjene ugroženosti rezerviranog prostora vodocrpilišta "Črnkovec" 223
Kristijan Posavec, Andrea Bačani & Renata Kolačević

Mehanizmi zaslanjenja priobalnih krških izvorišta – primjer Bubić jame 225
Josip Rubinić & Ivana Gabrić

Sulfatne krške podzemne vode Zapadne Hercegovine, Bosna i Hercegovina 227
Natalija Samardžić

Prilog poznavanju geneze mineralnih voda u Kiseljaku kod Sarajeva 229
Ferid Skopljak

Usporedba rezultata trasiranja ponorne zone sjevernog kraka Gacke kod Otočca 231
Andrej Stroj, Mladen Kuhta & Franjo Dukarić

Karbonatne i klastične naslage paleogena u Istri (geološki i hidrogeološki prikaz) 233
Marko Šparica Andrea Bačani & Vibor Novak

Pokusno crpljenje i kretanje razina podzemne vode u eksploatacijskim zdencima na krškom izvoru rijeke Čikole 235
Josip Terzić, Tihomir Frangen, Zdravko Brajković & Kosta Urumović

Hidrogeološka istraživanja, GIS i kartografija za izradu "Osnovne hidrogeološke karte Republike Hrvatske" u krškim područjima. Primjer lista Zadar OHGK RH 237
Josip Terzić, Ante Pavičić, Tamara Marković & Mario Dolić

Izvori u Parku prirode "Žumberak – Samoborsko gorje" – raspodjela po litostratigrafskim jedinicama, izdašnosti i režimu istjecanja, te nadmorskoj visini 239
Tatjana Vujnović

GEOFIZIKA – GEOPHYSICS

Geofizička istraživanja u akumulaciji Hammam Grouz u Alžiru 240
Miroslav Andrić & Božo Padovan

Ležište pijeska i šljunka Vukojevac 242
Željko Bortek & Igor Janjatović

Primjena karotažnih mjerenja u određivanju vode s niskim vrijednostima saliniteta u ležištu 244
Zoran Čogelja & Zvonko Jeras

Primjena refrakcijske seizmičke metode za pronalaženje podzemne šupljine u dvoslojnom modelu 245
Tihomir Engelsfeld, Franjo Šumanovac, Vladimir Krstić & Nenad Pavin

LWD – Pregled i primjer s Jadranskog mora 247
Zdravko Kosovec & Dražen Parlov

Unapređenje obrade na temelju razvoja softwarea i hardwarea u proteklih 15 godina na primjeru Vučkovec 3D 249
Nina Kovačić, Stjepan Žilajković & Pavao Porubić

Dubinsko modeliranje strukture Jihar 250
Mirjana Milinović Kolundžić, Damir Takač & Josip Husnjak

Detekcija pukotinskih i kavernoznih zona u kršu upotrebom georadara: primjeri s AC Zagreb – Split – Dubrovnik, dionica Šestanovac – Zagvozd 251
Olinka Mirković

Sedimentological characteristics of limestones and their influence on the paleomagnetic results – example form Adriatic carbonate platform 253
Alan Moro, Emő Márton & Damir Bucković

Geofizička istraživanja za izbor lokacije budućeg LPG rezervoara u Urinju 254
Božo Padovan & Miroslav Andrić

Povezivanje bušotinskih sa seizmičkim podacima 256
Damir Takač & Katica Ivičić

Interpretacija elektrologa po Turk-Legčević metodi 257
Velimir Turk & Jasna Sovilj-Legčević

Korelacije između seizmičkih akustičkih otpora i ležišnih svojstava 258
Marija Vidović, Damir Takač & Krešimir Pejić

GEOMATEMATIKA – GEOMATHEMATICS

Handling uncertainty in the case of lateral extension of log-porosity values in a turbidity reservoir 259
János Geiger, Tomislav Malvić & Kristina Novak Zelenika

Define of depositional environment using neural network 261
Horváth Janina

Procjena sekvencijskim Gaussovim simulacijama ležišnih varijabli pješčenjačkog donjopontskoga ležišta nafte, polje Kloštar, Savska depresija, Hrvatska 263
Kristina Novak Zelenika & Tomislav Malvić

Vjerojatnost geološkog uspjeha 265
Ines Vlahov & Brankica Cirković

Use of neural networks in geochemical data interpretation: classification, function approximation and clustering case study 267
Gorazd Žibret

GEOLOGIJA UGLJIKOVODIKA – HYDROCARBON GEOLOGY

Model sedimentacije donjo do srednjomiocenskih naslaga na području Slatina – Donji Miholjac 269
Dijana Bigunac, Marica Balen, Lilit Cota, Zlata Ivaniček, Krešimir Krizmanić, Mario Matković, Srebrenka Matej, Damir Rakarić & Branko Sokolović

Procjena zrelosti utvrđenih matičnih stijena na području Rugvica – Ježevo 270
Snježana Blažeković-Smojić & Vesna Hrženjak

Novo geološko rješenje na temelju reinterpretacije 2D seizmike 271
Ana Domjanić & Ivona Kranjčević

Odnos rezervi i proizvodnje ugljikovodika po dekadama i dominantnim ležišnim litologijama u hrvatskom dijelu Panonskog bazena 272
Goran Jović, Marko Cvetković, Tomislav Malvić & Josipa Velić

Procjena petrofizikalnih parametara nekonvencionalnih ležišta ugljikovodika 274
Hrvoje Jurčić & Srećko Maretić

Organic facies of Lower Pannonian and Middle Miocene sources in northern flank of Drava basin 275
István Koncz, Tamás Lukács, Zsolt Horváth, Balázs Gellért, Mónika Kajári, Lilit Cota, Marica Balen & Dijana Bigunac

Unapređenje obrade na temelju razvoja softwarea i hardwarea u proteklih 15 godina na primjeru Vučkovec 3d 276
Nina Kovačić, Stjepan Žilajković & Pavao Porubić

Seizmička interpretacija Aphamia bloka 277
Branka Krpan

New study of Aleksinac oil shale 278
Slađana Krstić, Vesna Ljubojev & Milenko Ljubojev

Seismic anomalies in the north Adriatic offshore 280
Vladislava Kukavica & Bogomil Parlov

Promjena taložnih uvjeta kvartarnih pješčanih ležišta plina u polju Božica, Padska depresija, Hrvatska 281
Tomislav Malvić & Davorin Balić

Lithofacies and petrophysical model of Miocene sandstone Gama series reservoirs on Žutica Field, Sava Depression, Croatia 283
Marin Mirošević & Renata Vidaček

Interpretacija paleookoliša primjenom seizmičkih atributa 285
Nataša Nastasić & Josip Bubnić

Seismic interpretation of the Moghan-2 block (Iran) 286
Nataša Nastasić & Josip Husnjak

Tanki pješčani slojevi distalnih dijelova mutnih struja na području Sjevernog Jadrana 287
Bogomil Parlov, Dražen Parlov, Vlatka Vaniček, Dina Zopf, Nevenka Romanić Kristensen & Tomislav Krsnik

Nadtlak određen D-eksponentom kao kriterij determiniranja nekonvencionalnih ležišta na primjeru Dravske i Murske depresije 288
Ana Pintar, Stjepan Trogrlić & Vesna Žužul

Potencijal nekonvencionalnih ležišta plina u hrvatskom dijelu panonskog bazena 289
Arso Putniković, Nada Krklec, Tamara Troskot-Čorbić, Krešimir Krizmanić & Alan Mavar

Primjena fazne analize kod mjerenja poroziteta 291
Nevenka Raškaj, Dubravka Djačanin, Zdenka Barbić & Adaleta Perković

Sava 3d-nastavak – Prikaz strukturnih oblika prije i nakon primjene procesa migracije 293
Tihana Ružić, Igor Nagl & Marijana Radovčić

Strukturni elementi jezgara iz bušotine Dravica-1 (Hrvatska) 294
Ninoslav Sabol, Krešimir Krizmanić, Branko Sokolović & Zlata Ivaniček

Geokemijska ispitivanja pojava ugljikovodika u bušotini Jihar-5 (Sirija) 296
Irenka Stanković, Ljubica Rumenjak, Marija Maričić & Veronika Čuljak

Sedimentološke karakteristike miocenskih sedimenata plinsko-kondenzatnog polja Gola (SZ dio Dravske depresije) 298
Jasna Tadej, Željka Marić-Đureković, Neven Tadej & Ana Majstorović Bušić

Organic petrology of the External Dinarides, Croatia 300
Tamara Troskot-Čorbić & Darko Španić

Unconventional hydrocarbon source rocks of Croatia 302
Ivica Vulama & Vesna Špiljak Vulama

Plinski potencijal paludinskih ležišta na polju Stružec 304
Vesna Žužul, Darko Tomičić & Ana Pintar

ZAŠTITA OKOLIŠA – ENVIRONMENTAL PROTECTION

EU 7th Framework Program Presentation (RESTCA-TERCE-NIMPSS) – Slovenian activities and cooperation of GeoZS in geochemical investigation in former Yugoslavia 305
Jasminka Alijagić & Robert Šajn

Geološki procesi i mehanizmi uskladištenja ugljičnog dioksida u dubokim slanim vodonosnicima 306
Iva Kolenković & Bruno Saftić

Mogućnost smanjenja emisije stakleničkih plinova u Hrvatskoj izgradnjom podzemnih skladišta ugljičnog dioksida 308
Bruno Saftić, Josipa Velić, Vesnica Garašić, Iva Kolenković & Tomislav Malvić

Ocjena prihvatljivosti planova programa i zahvata za ekološku mrežu i Naturu 2000 – stručno metodološki pristup s osvrtom na geološke aspekte ocjene 310
Neven Trenc

Sedra kao okolišni pokazatelj u krškim riječnim sistemima 312
Neven Cukrov & Sonja Lojen

An environmental assessement of Sasa Mine tailings dam accident 314
Petra Vrhovnik, Nastja Rogan Šmuc, Matej Dolenec, Todor Serafimovski, Goran Tasev & Tadej Dolenec

Prirodna ranjivost vodonosnika Parka prirode "Žumberak – Samoborsko gorje" 315
Tatjana Vujnović

Tracing the anthrophogenic effects on marine ecosystem with nitrogen stable isotope rations in particulate organic matter (Adriatic Sea, Croatia) 316
Petra Žvab Rožič, Tadej Dolenec, Sonja Lojen, Nastja Rogan Šmuc, Petra Vrhovnik, Živana Lambaša Belak, Goran Kniewald & Matej Dolenec

Environmental impacts of aquaculture activity: the case study of fish farm near Vrgada Island (Central Adriatic, Croatia) 318
Petra Žvab Rožič, Vatroslav Karamarko, Branimir Baždarić, Goran Kniewald, Matej Dolenec & Tadej Dolenec

GEOLOGIJA KRŠA / KARST GEOLOGY

Speleološki objekti kao dio hrvatske geobaštine 320
Neven Bočić

Razvoj podzemnih i površinskih oblika na prostoru krške zaravni 321
Neven Bočić

Razrada gustoća ponikava krških područja u sklopu izrade OIGK 322
Iris Bostjančić, Vlatko Gulam, Laszlo Podolszki & Hrvoje Burić

Hidrogeološke značajke zaštićenog područja prirode Slunjčica i mogućnosti zaštite riječnih staništa 324
Marina Trpčić & Nikola Pletikosić

Sanacija kaverne i izgradnja mosta u kaverni u tunelu "Vrata" na autocesti Zagreb – Rijeka 326
Mladen Garašić

Prinos poznavanju i novi tipovi speleogeneze proučavane prilikom istraživanja spilja, jama i kaverni u Hrvatskom kršu 328
Mladen Garašić

Speleološka istraživanja na trasi Jadranske autoceste od Zagvozda do Ravče 330
Mladen Kuhta, Tihomir Frangen & Andrej Stroj

Promjena paleookoliša i nagli pad razine vode u krškom drenažnom sustavu: dokazi na temelju položaja i mjerenja siga špilje Veternice u Hrvatskoj 332
Damir Lacković, Bosiljka Glumac, Yemane Asmerom & Andrej Stroj

Monitoring speleoloških objekata u Parku prirode Biokovo 334
Ksenija Protrka & Ozimec Roman

Speleološko – geološka istraživanja špilje Ledenica u Špeharima 335
Neven Šuica

MINERALOGIJA I GEOKEMIJA – MINERALOGY AND GEOCHEMISTRY

Distribution of chemical elements in the Stavnja Valley (Bosnia and Herzegovina) 336
Jasminka Alijagić & Robert Šajn

Geochemical characteristics of the Rostovo calcite-barite-Hg-tetrahedrite ore deposits in the Mid-Bosnian Schist Mts. 338
Vesnica Garašić & Ivan Jurković

Sadržaj Pb, Zn i Cd u recentnim sedimentim muljevima rijeka Mure i Drave 340
Josip Halamić & Ajka Šorša

Pedološke, geološke i geokemijske značajke uzoraka GEMAS projekta u R. Hrvatskoj 342
Stjepan Husnjak, Josip Halamić, Ajka Šorša & Vedran Rubinić

Mercurian tetrahedrite from the Saski Rad barite siderite veins in the Mid-Bosnian Schist Mts. (MBSM) 344
Ivan B. Jurković, Vesnica Garašić & Ivan M. Jurković

Geochemical and grain-size variations within the overbank sediment from the Sava River, Croatia 346
Gordana Medunić, Kristina Pikelj, Nenad Tomašić, Esad Prohić, Ivan Pogačić & Vedrana Pogačić

Mogućnosti iskorištavanja peloida Morinjskoga zaljeva 348
Goran Mihelčić, Goran Ivanišević, Delko Barišić, Vladislav Mihelčić & Niko Filipović

Razvoj nove metode optičke spektroskopije u mineralogiji i geokemiji 349
Srđan Pichler & Dalibor Paar

Geochemical characteristics and environmental assessment of the Kočani Field (Republic of Macedonia) 350
Nastja Rogan Šmuc, Petra Vrhovnik, Tadej Dolenec, Todor Serafimovski, Goran Tasev & Matej Dolenec

Mineraloške i sedimentološke karakteristike željezove rude u povijesnom rudniku Kotlenice 351
Stanko Ružičić, Filip Presečki, Goran Durn, Neven Tadej & Uroš Barudžija

Heavy metals in alluvial sediments of the Drava River 353
Robert Šajn, Josip Halamić & Zoran Peh

Adsorption properties of clays from deposits in loess formations of NW Croatia 355
Nenad Tomašić, Sanja Hmelina, Štefica Kampić, Dragana Mitrović & Nataša Holcinger

GEOLOGIJA KVARTARA I GEOARHEOLOGIJA – QUATERNARY GEOLOGY AND GEOARCHAEOLOGY

Comparison of recent and Pleistocene climate-isotope data from malakofauna 357
Adriano Banak & Pavle Ferić

Geoarchaeological research of the "white horizon" units from the Early Bronze Age locality "Orovački vinogradi"(Bjelovar, Croatia) 358
Uroš Barudžija, Goran Jakovljević, Dunja Aljinović, Vlatko Brčić & Neven Tadej

Preliminary results of gamma-spectrometric study of soils from Island of Brusnik 360
Vladimir Bermanec, Ivanka Lovrenčić Mikelić, Ladislav Palinkaš, Matea Rogić & Delko Barišić

New results of investigations of Pleistocene locality Marlera I (southern Istria, Croatia) 362
Dejana Brajković, Jadranka Mauch Lenardić, Ljiljana Pavičić, Siniša Radović & Ankica Oros Sršen

Borderless geology: Geological Maps of Drava territory 364
Géza Chikán & Ivan Hećimović

Primjeri geološkog kartiranja morskog dna Jadrana 366
Ranko Crmarić, Krunoslav Škaro & Mladen Juračić

Loess/palaeosol section in Šarengrad, Croatia – The correlation of the geochemical and magnetic susceptibility data 367
Lidija Galović, Balázs Bradák, Manfred Frechen, Goran Durn, Josip Halamić & Zoran Peh

Correlation of Quaternary and Tertiary sediments of Drava-valley at Sellye-Slatina Sheet, scale 1:100 000 369
Ivan Hećimović, István Marsi, Adriano Banak, Géza Chikán, Pavle Ferić, Anita Grizelj, Marija Horvat, László Koloszár & Árpád Magyari

Use of micro-Raman spectroscopy for the analysis of weathering products on stone monuments 371
Sabina Kramar, Maja Urosevic, Helmut Pristacz & Breda Mirtič

Mineralne sirovine i helenističko lončarstvo otoka Visa 372
Marta Mileusnić, Ivan Glavaš, Maja Miše & Boris Čargo

Špiljski sedimenti arheološkog lokaliteta Vela spila, otok Korčula, Hrvatska 373
Marta Mileusnić, Ljiljana Pavičić, Dinko Radić & Preston Thor Miracle

Preliminary malacological investigations on East Croatian loess profiles 374
Dávid Molnár, Julia Hupuczi, Lidija Galović & Pál Sümegi

Comparative archaeometric characteristics of ceramic sherds recovered from the excavation site of Roman villa situated on the island of St. Klement (Pakleni otoci, Croatia) 375
Branimir Šegvić & Marina Ugarković

Promjene u paleookolišu zabilježene u sigama spilje Modrič – prethodno priopćenje 377
Maša Surić, Frank McDermott & Dominika Rudzka

Glacijalna sedimentna tijela na Tudorevu i Mirovu (sjeverni Velebit) 378
Josipa Velić, Dubravka Kljajo & Ivo Velić

IRSL dating of a Quaternary sediment succession in Šarengrad, Eastern Croatia 380
Lara Wacha, László Koloszár, Géza Chikán, Lidija Galović, Árpád Magyari, István Marsi & Sumiko Tsukamoto

Geochronological and palaeoenvironmental reconstruction of the loess-palaeosol sequence on the island of Susak 382
Lara Wacha, Snježana Mikulčić Pavlaković, Manfred Frechen, Marta Crnjaković, Christian Rolf & Ulrich Hambach

STRUKTURNA GEOLOGIJA, GEOMORFOLOGIJA I TEKTONIKA – STRUCTURAL GEOLOGY, GEOMORPHOLOGY AND TECTONICS

Morfodinamika minijaturnih žala (Kvarner, sjeveroistočni Jadran) 384
Čedomir Benac, Igor Ružić & Suzana Ilić

Statistička i grafička interpretacija mjerenja nagiba slojeva u bušotinama šire okolice Virovitice 386
Marija Bošnjak, Tomislav Malvić, Marko Cvetković & Josipa Velić

Structural evolution of Zagros – A general review 388
László Csontos

Indicators of relative sea-level change on the example of the island of Vis (Croatia) 389
Sanja Faivre, Tatjana Bakran-Petricioli & Nada Horvatinčić

Recentna morfostrukturna građa otoka Hvara 390
Ivan Hećimović

Kompleksna geološka struktura zapadnog Biokova na trasi tunela Sv. Ilija 392
Tvrtko Korbar, Ladislav Fuček, Tonći Grgasović, Damir Palenik, Vibor Novak, Georg Koch, Zvonko Blagus, Kristina Huđber & Tomislav Hodak

Prebačene karbonatne naslage krede i paleogena SI ruba Vinodola – implikacije za tektonski sklop šireg područja Rijeke 394
Tvrtko Korbar, Ladislav Fuček, Damir Palenik, Dubravko Matičec & Vlatko Brčić

Kinematic and paleostress evolution of the NW-SE trending "Dinaric" faults in the northwestern External Dinarides, Central Slovenia 396
Lea Lajmiš & Marko Vrabec

Indications of neotectonic activity of Late Pleistocene terrestrial sediments in the middle part of the Danube valley 397
Árpád Magyari & István Marsi

Subduction of the Adriatic microplate under the Pannonian segment based on new seismic and gravity explorations 399
Franjo Šumanovac, Jasna Orešković, Endre Hegedűs, Saša Kolar, Darko Dudjak & Attila C. Kovács

Northern margin of the Dinarides in the basement of the Pannonian Basin 401
Vlasta Tari-Kovačić

Seizmo-geološka interpretacija i korelacija na području dugootočkog bazena – Ravni Kotari – Knin 403
Darko Tomašić, Ivan Kratković, Sanjin Grandić & Boris Vrbanac

New data on seismotectonic activity in Croatia 404
Bruno Tomljenović, Marijan Herak, Davorka Herak, Koraljka Kralj & Bojan Matoš

Adria microplate motion and active deformation of the Dinarides – inferences from Global Positioning System (GPS) data 406
Vrabec Marko, Tomljenović Bruno, Sterle Oskar, Bačić Željko, Bašić Tomislav, Marjanović Marijan & Stopar Bojan

Strukturne značajke Kosovskog ugljenonosnog bazena 407
Agim Ymeri & Nazmi Braha

Potpora – Supported by

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

HRVATSKE VODE

Sponzori – Sponsored by

štedbanka d.d.

PROMEKS KOMPJUTER d.o.o.

KAMEN BENKOVAC d.o.o.

Izvorno hrvatsko

www.kamen-benkovac.hr

EKO, ETNO,TRADICIONALNO- KAMEN BENKOVAC



Kamen Benkovac – iz bogate ponude prirodnog kamena izdvajamo: **Mobilne kućice** , u potpunosti obložene benkovačkim kamenom.Pogodne za sve namjene (suvenirnice, pekarnice,zalogajnice....).
Za sve dodatne informacije stojimo na raspolaganju na telefonima: **023 684 109 ili 023 684 134**

Vaš Kamen Benkovac



Hrvatsko geotehničko društvo

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) i inženjersku geologiju (IAEG) 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 srodne struke, bavi se popularizacijom etičkih vrijednosti u struci, služi kao most u suradnji sa srodnim međunarodnim strukovnim udrugama kao što su Međunarodna udruga za mehaniku tla i geotehničko inženjerstvo (ISSMGE – International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering), Međunarodna udruga 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 srodne struke. Članstvo u udruzi je dobrovoljno. Svatko tko je bio ili je aktivan na području geotehnike i drugih srodnih struka, a prihvaća Statut Udruge i voljan je sudjelovati u njenom radu, može postati član Udruge.

Prof. Ivan Vrkljan
Tajnik HGD-a
Hrvatsko geotehničko društvo
Berislavićeva 6
10 000 Zagreb