

**3.** SLOVENSKI  
GEOLOŠKI  
KONGRES

Bovec, 16. - 18.  
september 2010

# POVZETKI IN EKSKURZIJE

ABSTRACTS AND FIELD TRIPS



## **3. SLOVENSKI GEOLOŠKI KONGRES**

*Bovec, 16. - 18. september 2010*

### **POVZETKI in EKSKURZIJE**

**ABSTRACTS and FIELD TRIPS**

**3. slovenski geološki kongres**  
**Povzetki in ekskurzije / Abstracts and field trips**

© 2010, ZRC SAZU

*Uredniki / Editors*

Adrijan Košir, Aleksander Horvat, Nadja Zupan Hajna &  
Bojan Otoničar

*Izdajatelj in založnik / Issued and published by*

Znanstvenoraziskovalni center SAZU,  
Paleontološki inštitut Ivana Rakovca

*Zanj / Represented by*

Špela Goričan

*in*

Inštitut za raziskovanje krasa

*Zanj / Represented by*

Tadej Slabe

*Tisk / Printed by*

Collegium Graphicum, Ljubljana

*Naklada*

250 izvodov

CIP - Kataložni zapis o publikaciji  
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

55(497.4)(082)

SLOVENSKI geološki kongres (3 ; 2010 ; Bovec)  
Povzetki in ekskurzije = Abstracts and field trips /  
3. slovenski geološki kongres, Bovec, 16.-18. september 2010 ;  
[uredniki Adrijan Košir ... et al.]. - Postojna : Znanstveno-  
raziskovalni center SAZU, Inštitut za raziskovanje krasa ;  
Ljubljana : Paleontološki inštitut Ivana Rakovca, 2010

ISBN 961-961-254-217-7

1. Košir, Adrijan  
252277504



*Organizator*

Znanstvenoraziskovalni center SAZU  
(Inštitut za raziskovanje krasa in  
Paleontološki inštitut Ivana Rakovca)  
v sodelovanju s Slovenskim geološkim društvom

*Organizacijski odbor*

Miloš Bartol, Alenka Eva Črne, Špela Goričan,  
Aleksander Horvat, Adrijan Košir, Bojan  
Otoničar, Metka Petrič, Tom Popit, Stanka  
Šebela, Janez Turk, Nadja Zupan Hajna\*  
\*predsednica o.o.

*Programski odbor*

Franci Gabrovšek, Špela Goričan, Metka Petrič,  
Dragica Turnšek, Nadja Zupan Hajna

*Kongres so finančno podprli*

Znanstvenoraziskovalni center  
Slovenske akademije znanosti in umetnosti,  
Javna agencija za raziskovalno dejavnost  
Republike Slovenije,  
ATC Kanin,  
Elea iC,  
ZAG - Zavod za gradbeništvo Slovenije,  
Turizem KRAS, d.d.

*Pri organizaciji sta pomagala*

Javni zavod Triglavski narodni park,  
Občina Bovec

Digitalna verzija (pdf) je pod pogoji licence <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>  
prosto dostopna: <https://doi.org/10.3986/9789610503521>.

## VSEBINA

Povzetki predavanj in posterjev 7

*Kazalo predavanj* 7

*Kazalo posterjev* 9

*Povzetki (po abecedi avtorjev)* 11

Ekskurzije 59

*E0 Geološke katastrofe in razvoj Bovške kotline v kvartarju* 61

*E1 Trenta - Triglavski narodni park. Geologija, geomorfologija in vodni viri* 69

*E2 Razvoj jure in krede na Mangartu* 81

*E3 Kras na Kaninskih podih* 99

Kazalo avtorjev 107



## POVZETKI / ABSTRACTS

### Predavanja / Talks

- Jasminka **Alijagić**, Robert Šajn: *EU 7th Framework Program Presentation (RESTCA-TERCE-NIMPSS) – Slovenian activities and cooperation of GeoZS in geochemical investigation in former Yugoslavia* 11
- Jure **Atanackov**, Pavel Spurny, Jiri Borovička, Javor Kac, Pavel Kalenda, Gregor Kladnik, Dieter Heinlein, Thomas Grau: *Padec in orbita meteorita Jesenice* 11
- Miloš **Bartol**, Aleksander Horvat, Vasja Mikuž: *Nova spoznanja o zgornjebadenijski paleogeografiji Centralne Paratetide* 12
- Miloš **Bavec**, Jasna Šinigoj, Matija Krivic, Mitja Požar, Mirica Trajanova, Bogomir Celarc, Dragomir Skaberne, Marijan Poljak, Matevž Novak: *OneGeology-Europe – rezultati projekta in slovensko sodelovanje* 12
- Sara **Bensi**, Francesco Fanucci: *Macro and meso structures of external Dinarides in Trieste region* 13
- Tomaž **Budkovič**: *Baza rudišč Republike Slovenije* 14
- Bogomir **Celarc**, Blaž Milanič, Ladislav Placer: *Gube v dolini Glinščice* 14
- Sonja **Cerar**, Janko Urbanc, Kim Mezga: *Možnost dodatnega zajema pitne vode na Sorškem polju* 15
- Magda **Čarman**: *Pojavi nestabilnosti terena na dolenskem krasu* 15
- Alenka Eva **Črne**, Victor A. Melezhik, Anthony R. Prave, Qu Yuangao, Aivo Lepland: *Stratigraphy of an organic-rich Palaeoproterozoic succession (Onega Basin, NW Russia)* 16
- Suzana **Fajmut Štrucl**, Mojca Bedjanič, Uroš Herlec, Primož Vodovnik, Gerald Hartmann: *Geopark med Peco in Košuto – prvi evropski čezmejni geopark med Slovenijo in Avstrijo* 17
- Tamara **Ferjan**, Mihael Brenčič, Mateja Gosar: *Geokemija vodovodne vode na območju Slovenije* 18
- Alojzij Pavel **Florjančič**: *Petdeset let od odkritja urana na Žirovskem vrhu* 18
- Špela **Goričan**, Jean Guex Luis O'Dogherty, Elizabeth S. Carter, Paulian Dumitrica, Annachiara Bartolini: *Evolucijski trendi mezozojskih radiolarijev in primerjava z evolucijo drugih morskih organizmov* 20
- Mateja **Gosar**: *Geokemično kartiranje kmetijskih in travnatih tal Evrope - GEMAS projekt* 21
- Aleksander **Horvat**, Helena Rojht, Miha Mišič, Christos Athanassiou, Bill J. Vayias, Željko Tomanović, Stanislav Trdan: *Vpliv mineraloške in geokemične sestave diatomejskih sedimentov na insekticidno aktivnost riževega žužka (Sitophilus oryzae [L.] (Coleoptera, Curculionidae))* 22
- Sergej **Jamnikar**: *Hidrogeološki vidiki odkopavanja premoga v Premogovniku Velenje – obravnava posedanja prvih peskov nad premogom* 22
- Petra **Jamšek**, Andrej Šmuc, Franc Čuš: *Opredelevanje geogenih parametrov terroir-ja sorte Malvazija v vinorodnem okolišu Vipavska dolina* 23
- Mitja **Janža**: *Izdelava hidrološkega modela vodonosnika Ljubljanskega polja z uporabo geostatistike in samodejnega umerjanja parametrov* 23
- Mateja **Jemec**, Marko Komac: *Properties of PSInSAR measurements in the region of the Cerkljansko and Škofja Loka hills* 24
- Jernej **Jež**, Bojan Otoničar: *Vpliv evstatičnih in tektonskih dogodkov na zgornjekredno dinamiko sedimentacije na severnem obrobju Jadranske karbonatne platforme: primer iz Nanosa* 24
- Lidija **Korat**, Alenka Mauko, Breda Mirtič, Ana Mladenovič, Sabina Kramar: *Vrednotenje modelirnih mas za restavriranje peraiškega tufa* 27

- Adrijan **Košir**, Andrea Martín Pérez, Bojan Otoničar: *Moonmilk stalactites: mainly water, some microfibrinous calcite – what holds them together?* 27
- Jože **Kotnik**, Milena Horvat: *Mercury emissions due to tectonic activity and its accompanying phenomena* 28
- Sabina **Kramar**, Nastja Rogan-Šmuc, Ana Mladenović, Matej Dolenc, Helmut Pristacz, Breda Mirtič, Judita Lux: *Characterization of Roman pottery from an archaeological site near Mošnje* 29
- Duje **Kukoč**, Špela Goričan, Adrijan Košir: *Spodnjekredni karbonatni turbiditi pri Bohinju kot dokaz za obstoj izolirane karbonatne platforme v Notranjih Dinaridih* 29
- Lea **Lajmiš**, Marko Vrabec: *Kinematska in paleonapetostna zgodovina NW-SE usmerjenih „dinarskih“ prelomov v osrednji Sloveniji* 30
- Alenka **Lenart**, Breda Mirtič, Miha Jeršek, Sašo Šturm: *Kemijska sestava skorje meteorita Jesenice* 32
- Sonja **Lojen**, David Domínguez-Villar: *Dinamika podzemne vode in okoljske spremembe v Postojnski jami: primer Pisanega rova* 33
- Petra **Meglič**, Jure Krivic, Joerg Prestor: *Modeliranje vplivov obremenitev na podzemno vodo Dravskega polja* 33
- Andrej **Mihevc**, Ivan Horaček, Petr Pruner, Nadja Zupan Hajna, Stanislav Čermák, Jan Wagner, Pavel Bosak: *Mio-pliocenska starost jamskih aluvialnih sedimentov v Snežni jami na Raduhi* 34
- Vasja **Mikuž**, Aleksander Horvat: *Makrofosili iz eocenskih plasti pri Čopiju v Istri na Hrvaškem* 34
- Miloš **Miler**, Mateja Gosar: *SEM/EDS analiza faz težkih kovin v odlagališčih rudarskih odpadkov v Mežiški dolini* 35
- Branko **Mušič**, Kim Vyncke, Hannelore Vanhaverbeke, Patrick Degryse, Véronique De Laet, Igor Medarič, Matjaž Mori, Marc Waelkens: *Geophysical and archaeological survey, satellite imagery and archaeological excavations - complementary contributions to reconstruct a Classical-Hellenistic urban landscape - the case of Duzen Tepe (SW-Turkey)* 35
- Matevž **Novak**, Bogomir Celarc, Lea Lajmiš, Albrecht Leis, Branka Trček: *Geologic structure of the Rogaška Slatina aquifer system and its geochemical characteristics* 36
- Katarina **Oblak**: *Srednjemiocenski mikrofosili vzhodne Slovenije* 37
- Bojan **Otoničar**, Matija Perne: *Hipogena speleogeneza med Besnico in Kropo na Gorenjskem (Turkovo in Jeralovo brezno)* 38
- Ladislav **Placer**: *Pomen Kvarnerskega, Sesljanskega in Medejskega preloma* 38
- Tomislav **Popit**, Adrijan Košir: *Kvartarni paleoplazovi na Rebrnicah* 39
- Mitja **Prelovšek**: *Prostorska in časovna spremenljivost korozije v pomembnejših slovenskih jamah Dinarskega krasa* 40
- Dušan **Rajver**, Andrej Lapanje: *Izkoriščanje geotermalne energije v svetu in Sloveniji: stanje in izzivi* 40
- Nina **Rman**: *Spremljanje termalnih vrtin v Prekmurju oz. SV Sloveniji* 42
- Nastja **Rogan Šmuc**, Petra Vrhovnik, Todor Serafimovski, Goran, Tasev, Tadej Dolenc, Matej Dolenc: *Environmental assessment of soils and crops from Kočani Field (Republic of Macedonia)* 43
- Duška **Rokavec**, Marko Fajič: *Rudarstvo in mineralne surovine kot področje urejanja prostora* 43
- Boštjan **Rožič**, Aljaž Ivekovič, Andrej Šmuc, Jernej Pavšič, Jasna Kastivnik: *Jurske in spodnjekredne plasti Slovenskega bazena v dolini reke Mirne* 44
- Andreja **Senegačnik**, Slavko V. Šolar, Duška Rokavec: *Prispevek Geološkega zavoda Slovenije pri upravljanju z mineralnimi surovinami* 45
- Trajče **Stafilov**, Robert Šajn, Zlatko Pančevski, Blažo Boev, Marina V. Frontasyeva, Lydmila P. Strelkova: *Contamination of topsoil in Veles Region, Republic of Macedonia* 46
- Stanka **Šebela**, Nina Zupančič, Miloš Miler: *Črne prevleke iz vhodnih delov Postojnskega jamskega sistema in Črne jame* 47
- Jasna **Šinigoj**, Katarina Hribernik, Matija Krivic, Andreja Senegačnik, Duška Rokavec: *Spletna aplikacija upravnih podatkov nahajališč mineralnih surovin* 47
- Slavko **Šolar**: *Vzdržno gospodarjenje z mineralnimi surovinami za gradbeništvo* 48
- Tadeja **Šubic**: *Kanjon Kokre v Kranju - naravoslovna šola* 49

- Mirka **Trajanova**: *Pohorski magmatizem na prehodu v Panonski bazen* 50
- Igor **Veber**: *Zaloge premoga v Šaleški dolini* 51
- Tomaž **Verbič**, Maja Andrič: *Kaj (ne)vemo o Ljubljanskem barju v holocenu in njegovem posedanju v prihodnje?* 51
- Timotej **Verbovšek**, Bojan Režun: *Spreminjanje geokemične sestave rudniške vode v času potapljanja jame RŽS Idrija* 52
- Marko **Vrabc**, Bruno Tomljenović, Oskar Sterle, Željko Bačić, Tomislav Bašić, Marijan Marjanović, Bojan Stopar: *GPS meritve gibanja Jadranske mikroplošče in aktivnih tektonskih deformacij v Dinaridih* 54
- Polona **Vreča**, Gregor Muri, Radojko Jačimović, Branko Čermelj, Martina Šturm: *Geokemične raziskave sedimentov iz Dvojnega jezera* 54
- Vesna **Zalar**, Sabina Kramar, Ana Mladenović, Maja Urosevic, Wilfried Körner, Alenka Mauko, Breda Mirtič, Judita Lux: *Characterization of mortars from Roman villa rustica: Archaeological site near Mošnje* 55
- Mojca **Zega**, Anica Cernatič Gregorič: *Raba in ohranjanje vrtač, značilne kraške reliefne oblike in sestavnega elementa pokrajine matičnega Krasa* 55
- Nadja **Zupan Hajna**, Pavel Bosák, Petr Pruner, Helena Hercman, Andrej Mihevc, Jan Wagner: *Starost jamskih sedimentov v Medvedjem rovu Križne jame* 56
- Gorazd **Žibret**: *Uporaba nevronske mreže pri obdelavi geokemičnih podatkov* 56
- Petra **Žvab Rožič**, Vatroslav Karamarko, Branimir Baždarić, Goran Kniewald, Matej Dolenc, Tadej Dolenc: *Vpliv marikultur na morski ekosistem (Vrgada, srednji Jadran, Hrvaška)* 58

## Posterji / Posters

- Mojca **Bedjanič**, Miha Jeršek: *»Geološki zakladi« ali geologija malo drugače* 13
- Magda **Čarman**, Špela Kumelj: *SafeLand : Živeti z ogroženostjo pred plazovi v Evropi: Ocena, vpliv globalnih sprememb in strategije upravljanja* 16
- Katica **Drobne**, Bojan Ogorelec, Uroš Premru: *Foraminifere, izziv za interpretacijo razvoja na paleogenski Jadranski karbonatni platformi (primer SW Slovenija in Istra)* 16
- Luka **Gale**: *Baški dolomit v profilu Slatnik nad Soriško planino (SE Julijske Alpe): sedimentacija in foraminiferna združba* 19
- Špela **Goričan**, Hans-Jürgen Gawlick, Richard Lein, Sigrid Missoni, Alenka Eva Črne: *Upper Anisian radiolarian cherts from the High Karst Nappe (southern Montenegro)* 19
- Andrej **Gosar**, Maja Martinec: *Analysis of site effects in the Ilirska Bistrica town area* 20
- Bogdan **Jurkovšek**: *Geološka karta severnega dela Tržaško-komenske planote 1:25.000* 25
- Tea **Kolar-Jurkovšek**, Bogdan Jurkovšek, Spencer G. Lucas: *Fosilna dvoživka iz spodnjetrojaskih plasti Julijskih Alp* 26
- Mateja **Košir**, Snježana Miletić, Sabina Kramar, Judita Lux, Duška Rokavec, Nina Zupančič: *Preliminarne raziskave izvora naravnega kamna iz arheološkega najdišča Mošnje* 28
- Špela **Kumelj**, Tomaž Kopitar, Marko Tukič, Martin Podboj: *Baza geoloških profilov kot del Geološke informacijskega sistema* 30
- Alenka **Lenart**, Matjaž Godec, Breda Mirtič, Sašo Šturm: *Kremen, dvojčen po japonskem dvojčičnem zakonu* 31
- Albrecht **Leis**, Ralf Benischke, Walter Poltnig, Martin Dietzel: *Investigation of calcite precipitation kinetics and modeling of the  $\delta^{13}C$  fractionation of inorganic carbon species during transport and calcite precipitation along the flow path of a natural stream (Carinthia, Austria)* 32
- Katarina **Oblak**: *Badenijske pappinide in uvigerinide z jugozahodnega obrobja Panonskega bazena (vzhodna Slovenija)* 37



- Željko **Pogačnik**: Interpretacija geoelektrične anomalije v krovlini cikloteme Perunk-zgornje paleocenski flišni kompleks okolice Anhovega 39
- Dušan **Rajver**, Jan Šafanda, Petr Dedeček: Air-ground temperature tracking at Malence, Slovenia: What can we see after 6 years of subsurface temperature monitoring? 41
- Nina **Rman**: Geološke delavnice za osnovnošolce 42
- Duška **Rokavec**, Jasna Šinigoj: Evropski informacijski sistem za podporo politike trajnostne oskrbe z energijo in mineralnimi surovinami 44
- Martina **Stupar**, Tanja Lukežič: Varovanje geološkega profila Gube v Ključu 46
- Andreja **Škedelj Petrič**: Litiotidne školjke iz tropskega morja v Dolenjskih Toplicah 48
- Anja **Torkar**, Mihael Brenčič: Prostorska porazdelitev dotokov v dolini reke Radovne 49
- Janez **Turk**, Dragomir Skaberne, Ivan Turk: Geokemična analiza pleistocenskih sedimentov v najdišču Divje Babe I 50
- Timotej **Verbovšek**, Gorazd Žibret: Geomorfološka analiza rek z uporabo igre kaosa 52
- Gorazd **Žibret**: Hišni prah in cestni sediment kot indikatorja emisij težkih kovin v zrak 57

## EU 7th Framework Program Presentation (RESTCA-TERCE-NIMPSS) – Slovenian activities and cooperation of GeoZS in geochemical investigation in former Yugoslavia

Jasminka Alijagić & Robert Šajn

Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana,  
jasminka.alijagic@geo-zs.si

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 (ERA). The Project Idea is based on the fact that the enlargement of ERA is best to achieve by identification and strategic support of promising centers within the EU peripheral regions. The project targets one of the EU priorities by recognizing that the regions of convergence have a great scientific potential but need specific reinforcements to be appropriately integrated into ERA.

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.

GeoZS activities in FP7 – RESTCA:

Initialization of environmental geochemical studies in areas of W Balkan:

- Researching design,
- Methods of sampling and in-situ measurements based on sampling schemes,
- Optimal methods of analyzing and QA/QC control,
- Data geo-referencing and transmission in GIS environment,
- Data processing (classical multivariate statistical analyses and neural networks methods),
- Method of visualizations,
- Determination of the natural conditions and the rate of anthropogenic impact of heavy metals,
- 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:

- Mining and smelting (archeological and historical publication; Austro-Hungarian publication, archives of geological surveys of

Austria and Hungary; archives of geological surveys of former Yugoslav republic),

- War operation (Balkan wars, 1912 – 1913; I World War, 1914 – 1918; II World War, 1941 – 1945; Big explosion of munitions magazines, 1945 – 1991; Civil war in former Yugoslavia (1991 – 2000).

Application of scanning electron microscope - energy dispersive spectrometer (SEM/EDS):

- Optimal methods for exploitation of instrument,
- Support to introducing modern way of researching (Mineralogical composition of particles with heavy metals; Source and origin of heavy metals in sampling materials; Species and form of heavy metals in sampling materials and Accessibility of heavy metals for organisms),
- Transfer of knowledge and experience.

Cooperation on environmental geochemistry studies in W Balkan:

- BiH (Ironworks Zenica; Ironworks Vareš; Geochemical atlas of Sarajevo),
- Croatia (Drava valley; Experimental geochemical map of Croatia and Slovenia),
- Macedonia (Pb smelter Veles; FeNi – Kavadarci; Cu Open pit and flotation Bučim; Geochemical atlas of Skopje; Mine Alšar),
- Srbija (Ironworks Smederevo; Mine and flotation Bor).

## Padec in orbita meteorita Jesenice

Jure Atanackov<sup>1</sup>, Pavel Spurny<sup>2</sup>, Jiri Borovička<sup>2</sup>, Javor Kac<sup>3</sup>, Pavel Kalenda<sup>4</sup>, Gregor Kladnik, Dieter Heinlein<sup>5</sup> & Thomas Grau<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Geološki zavod Slovenije, Dimičeva 14, 1000 Ljubljana,  
jure.atanackov@geo-zs.si

<sup>2</sup>Astronomical institute, Academy of Sciences CR, Ondrejov observatory, Češka

<sup>3</sup>Astronomsko društvo Orion, Maribor, Slovenija

<sup>4</sup>Fakulteta za matematiko in fiziko, Univerza v Ljubljani, Ljubljana, Slovenija

<sup>5</sup>DLR Fireball network, Augsburg, Nemčija

<sup>6</sup>European research center for fireballs and meteorites (ERFM), Bernau, Nemčija

Meteorit Jesenice je padel 9. aprila 2009 zjutraj na območje Mežakle. Gre za zelo pomemben meteorit tako na lokalnem kot v svetovnem merilu. Je šele drugi najdeni meteorit na območju Slovenije po Avškem meteoritu, ki je padel 30. marca 1908. Obenem je šele 13. meteorit z znano prvotno heliocentrično orbito v zbirki skoraj 40.000 meteoritov. Povezava meteorita z njegovo prvotno orbito je izjemnega pomena za rekonstrukcijo njegovega gibanja v Osončju ter določitev njegovega izvornega območja. Atmosferska dinamika meteoroida odraža njegove makroskopske fizikalne lastnosti pred vstopom v ozračje. V prispevku predstavljamo analizo instrumentalnih zaznav padca meteorita Jesenice. Padec so optično zaznale meteorske in vsenebne kamere na dveh astronomskih observatorijih v Sloveniji in dve vsenebni kameri in fotoelektrični senzorji Evropske vsenebne mreže na Češkem. Akustični signal prodora meteoroida skozi atmosfero je zaznalo tudi 16 potresnih opazovalnic v Sloveniji, Avstriji in Italiji v radiju 150 km od talne projekcije atmosferske poti meteoroida. Zajeti podatki so omogočili natančno rekonstrukcijo atmosferske

dinamike meteoroida in njegove heliocentrične orbite. Vpadna hitrost meteoroida je znašala 13.7 km/s, vpadna masa pa okoli 200 kg, kar ustreza meteoroidu s premerom okoli 0.5 m. Skupna masa doslej najdenih meteoritov (3.6 kg) predstavlja le 10–30 % celotne mase padlih meteoritov. Visok odstotek preživele mase je neposreden odraz zelo nizke vstopne hitrosti meteoroida. Meteorit Jesenice (L6 hondrit) se je pred padcem gibal orbiti tipa Apollo s perihelijem tik znotraj Zemljine orbite in afelijem v notranjem delu asteroidnega pasu. Orbita ni sorodna orbitam meteoritov Glanerbrug (7. april 1990) in orbitalnega para Pribram (padel 7. aprila 1959) in Neuschwanstein (6. april 2002). Instrumentalna detekcija padca meteorita Jesenice je rezultat skoraj desetletja razvoja Slovenske meteorske mreže, vsenebne mreže Alpe-Adria All-sky Newtork ter več kot stoletja delovanja Evropske vsenebne mreže.

## Nova spoznanja o zgornjebadenijski paleogeografiji Centralne Paratetide

Miloš Bartol<sup>1</sup>, Aleksander Horvat<sup>1,2</sup> & Vasja Mikuž<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Paleontološki inštitut Ivana Rakovca ZRC SAZU, Novi trg 2, 1000 Ljubljana, milos.bartol@zrc-sazu.si

<sup>2</sup>Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geologijo

Slovenski koridor, povezava med Centralno Paratetido in Mediteranom, se je odprl med izoblikovanjem sistema Panonskega bazena v karpatiju ob koncu spodnjega miocena. Po ustaljeni razlagi naj bi se ta povezava dokončno prekinila ob koncu evstatičnega cikla TB2.4 v badeniju na meji nanoplanktonskih biocon NN5 in NN6. Od takrat naj bi Centralna Paratetida komunicirala z ostalimi morji le občasno in to izključno preko Vzhodne Paratetide. V literaturi se razen Slovenskega koridorja pojavljajo tudi drugi potencialni komunikacijski koridorji, največkrat Vardarski koridor. Rezultati neodvisnih študij srednjemiocenskega kalcitnega nanoplanktona, kremenčnih alg in moluskov vzhodne Slovenije kažejo, da sta Mediteran in Centralna Paratetida skozi Slovenski koridor komunicirala vse do konca badenija in evstatičnega cikla TB2.5 v zgornjem delu srednjega miocena.

Sestava zgornjebadenijskih nanoplanktonskih združb Murske udorine je izredno podobna združbam opisanim na več točkah v Mediteranu. Sukcesija biostratigrafskih dogodkov opaženih v standardni nanoplanktonski bioconi NN6 (upad pogostosti in konec pojavljanja vrste *Cyclicargolithus floridanus*, začetek pojavljanja in porast pogostosti velikih primerkov vrste *Reticulofenestra pseudumbilicus*, pojav vrste *Calcidiscus macintyreii*) je v obeh regijah identična. Vzporeden razvoj je mogoče pojasniti bodisi kot odraz univerzalnih globalnih trendov bodisi kot posledico dobre povezanosti obeh morskih območij. Podatke iz Murske udorine in Mediterana smo primerjali s podatki iz vrtin iz Pacifika, Atlantika in Indijskega oceana na različnih geografskih širinah. Izkazalo se je, da je mogoče globalno dobro korelirati le konec pojavljanja vrste *Sphenolithus heteromorphus*, ki označuje mejo biocon NN5/NN6 in je bil na različnih lokacijah datiran na čas pred 13,4 do 13,6 milijoni let. Ostali opaženi dogodki so po svetu diahroni ali celo manjkajo, pogosto pa so razen ali namesto njih prisotni tudi drugi dogodki, ki v Murski udorini in Mediteranu niso opazni.

Najstarejšim morskim sedimentom Krškega bazena smo z diatomejami določili zgornjebadenijsko starost, kar kaže, da je morje ta bazen preplavilo šele med zgornjebadenijsko transgresijo ob začetku evstatičnega cikla TB2.5. Sestava raziskanih združb moluskov v teh plasteh podpira obstoj povezave med Centralno Paratetido in Mediteranom. Posebej pomembna je vrsta *Pereiraea gervaisi*, ki se v Centralni Paratetidi pojavlja samo v plasteh zgornjebadenijske starosti, kar podobno kot sestava nanoplanktonskih združb kaže na povezanost obeh morij do konca badenija. Zelo zgovorna je tudi geografska razširjenost vrste *P. gervaisi*: znana je iz Mediterana ter Zahodne Paratetide, v Centralni Paratetidi pa se pojavlja izključno na severozahodnem obrobju. Njena odsotnost v osrednjem in južnem delu Centralne Paratetide jasno kaže na povezavo z Mediteranom, ki je v zgornjem badeniju očitno potekala preko Slovenskega koridorja in ne preko južneje ležečih povezav.

## OneGeology-Europe – rezultati projekta in slovensko sodelovanje

Miloš Bavec, Jasna Šinigoj, Matija Krivic, Mitja Požar, Mirica Trajanova, Bogomir Celarc, Dragomir Skaberne, Marijan Poljak & Matevž Novak

Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana, milos.bavec@geo-zs.si

Avgusta 2010 se je po treh letih zaključil projekt OneGeology-Europe. Ideja za izvedbo tega široko zastavljenega evropskega geološkega projekta je zrastle iz globalne iniciative OneGeology. V okviru slednje so »skrbniki« nacionalnih geoloških podatkov/kart širom sveta (v veliki večini so to geološki zavodi ali njihovi ekvivalenti) na spletu ponudili geološke podatke v obliki geoloških kart manjših meril in poljubni obliki. Nadgradnja iniciative – OneGeology Europe je šel pri izvedbi korak naprej. Rezultat je tehnološko, oblikovno, semantično in v precejšnji meri tudi vsebinsko poenotena dinamična spletna geološka karta okvirnega merila 1:1 milijon.

Glavni cilj projekta, ki je pod svojim okriljem združil 29 organizacij (projektnih partnerjev) iz 21 evropskih držav, je bil zagotoviti spletno dosegljivost geoloških podatkov. Ključna sestavina za doseg tega cilja je poenoten podatkovni model, ki je bil razvit na podlagi preteklih izkušenj s podobnimi projekti manjših razsežnosti v okviru tega projekta. Poenotena karta omogoča z znanjem podprto odločanje raziskovalcem, svetovalcem, gradbenikom, upravljavcem vodnih virov, upravnim službam, prostorskim načrtovalcem in ostalim uporabnikom prostora. Zaenkrat v ciljnim merilu, ki ima seveda omejeno uporabnost, v prihodnosti pa najverjetneje tudi v natančnejših merilih. Tudi v primeru projekta so bili že izvedeni nekateri primeri poenotenja geoloških kart natančnih meril preko državnih meja. Že sedaj je mogoč tudi odgovor manj zahtevnem uporabniku: kaj leži pod mojimi nogami.

Glavne dosežke projekta lahko strnemo v naslednjih opisih:

- Spletna medopravilna (interoperable) baza geoloških podatkov Evrope v merilu 1:1,000,000.
- Pospešen razvoj in uporaba jezika za izmenjavo geoloških informacij (interchange standard language) – GeoSciML.

- Umikanje pregrad za dosegljivost geoloških podatkov najširši javnosti. V ta namen so bili razviti protokoli licenciranja in uporabe podatkov.

- Razvoj skupne poenostavljene terminologije, ki naj bi pripomogla k lažji razumljivosti in uporabnosti geoloških podatkov vsem končnim uporabnikom.

- Velik napredek v uveljavljanju evropske direktive INSPIRE na področju geoznanosti.

Ob pomembnem napredku na področju geoinformatike je bil velik del projekta namenjen tudi razvoju in poenotenju skupne specifikacije za opis geoloških pojavov. Kot ena od glavnih platform projekta je bila tako razvita skupna specifikacija za geološke prostorske podatke ter tudi dejanska medopravilna baza podatkov v merilu 1:1.000.000. Jedro specifikacije predstavlja slovar, ki opisuje litologijo, starost in genezo kamnin, sedimentov ter ostalih geoloških pojavov. Vsak pojem je opremljen z definicijo in opisom hierarhičnega položaja. Ob tem so bila ugotovljena številna vprašanja v zvezi s geografsko in semantično neuskkljenostjo. Neredka vprašanja so bila v okviru projekta tudi rešena, s čimer je bil narejen velik korak v smeri doseganja ciljev direktive INSPIRE: slovar, standardi in arhitektura baze so narejeni na način, ki v prihodnosti omogoča nadgradnjo v produkte natančnejših meril.

Geološki zavod Slovenije je v projektu sodeloval kot eden od 24 enakopravnih projektnih partnerjev. V ta namen smo skladno z zahtevami kart manjših meril poenostavili obstoječo geološko karto Slovenije v merilu 1:250.000 avtorja S. Buserja (2009). Osnovne podatke smo najprej poenostavili (združili) in jih potem kartirali v skupen podatkovni model. Karte so v okviru mogočega že usklajene s sosednjima sodelujočima državama – Madžarsko in Italijo. Prav tako smo v okviru projekta na GeoZS postavili odprtokodni prostorski strežnik za spletni prenos geoloških prostorskih podatkov MapServer (MS4W - MapServer 4 Windows - version 3.0-beta 6). MS4W je odprtokodna platforma za objavo prostorskih podatkov ter izdelavo interaktivnih kart na spletu.

Projekt je finančno podprla Evropska komisija.

## Geološki zakladi ali geologija malo drugače

Mojca Bedjanič<sup>1</sup> & Miha Jeršek<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Zavod RS za varstvo narave, Dunajska cesta 22, 1000 Ljubljana, mojca.bedjanic@zrsvn.si

<sup>2</sup>Prirodoslovni muzej Slovenije, Ljubljana

Navdušiti čim več ljudi za naravo, geologijo in varstvo narave, jim približati včasih težko razumljive vsebine, pripraviti malo drugačen priročnik ... To so bile osnovne ideje za nastanek »Geoloških zakladov«. Nastali so Geološki zakladi Krajinskega parka Goričko in leto za tem še Geološki zakladi Pohorja. Ideja o seriji knjižic »Geoloških zakladov« je zaživela.

Z njo smo navdušili in medsebojno povezali strokovnjake (geologe, naravovarstvenike, biologe, etnologe, pedagoge, slaviste) iz različnih institucij (Zavoda RS za varstvo narave, Prirodoslovnega muzeja Slovenije, Centra šolskih in občinskih dejavnosti, NTF - Oddelka za geologijo, Krajinskega parka Goričko). Projektu so se svojimi fotografijami pridružili številni naravoslovni fotografi. Povezali smo se z gospodarstvom oz. podjetji (Mineral, Panvita,

Kema, Nafta Geoterm) in lokalnimi skupnostmi (občine), ki so projekt »Geoloških zakladov« finančno podprli. Izjemno vlogo pri interpretaciji vsebine knjižice pa je imel ilustrator Samo Jenčič z ilustracijami. S pomočjo barvitih, hudomušno ilustriranih zagonetk smo izdelali bolj pestro in barvito publikacijo.

Ideja in s tem povezan koncept obeh (in še naslednjih!?) knjižic je, da na preprost in zanimiv način približamo geologijo, geološko zgodbo in geološke posebnosti izbranega območja čim širšemu krogu ljudi. Tako smo poenostavljeno geološko razlago »Zaklada« podkrepili s fotografijami. Dodali smo še vsebinsko vezano zagonetko za najmlajše bralce oz. obiskovalce.

Naša želja ni bila posredovanje gomile podatkov in »suhoparno« učenje. Skozi zanimivo zgodbo, hudomušne ilustracije in naloge za »bistre glave«, smo skušali pritegniti pozornost bralcev in obiskovalcev opisanega območja. Skušali smo jih navdušiti za naravo, geološke pojave in posebnosti ter njihovo enkratnost in nepovnljivost. Tako smo pridobili »zaveznike«, ki bodo pomembno doprinesli k ohranjanju in promociji teh posebnosti. Zavedati se moramo, da so geološki zakladi nastajali skozi dolge milijone let in da nosijo pomembne informacije o zgodovini našega planeta, dogajanja na njem in s tem seveda tudi zapise o »naši preteklosti«. Z nepremišljenimi in neukimi ravnanji lahko namreč to edinstveno dediščino uničimo v trenutku.

Knjižice lahko služijo kot geološki vodnik na terenu, lahko jih uporabljamo kot učni pripomoček, saj so v njih razloženi osnovni geološki pojmi, lahko jih uporabimo kot delovni zvezek. Eden izmed namenov je bil tudi vzpodbuditi sodelovanje in povezovanje mlajše in starejše generacije (učitelji-učenci, starši-otroci). Namenjena je torej vsem generacijam, ljubiteljem narave, kot tudi tistim, ki bodo ob branju tega gradiva to morebiti tudi postali.

Do sedaj smo izdali dve knjižici iz serije »Geoloških Zakladov«: Geološki zakladi Krajinskega parka Goričko in Geološki zakladi Pohorja. Geološka zgradba ozemlja Slovenije je izjemno pestra ter zanimiva in vsebin ter gradiva za nadaljevanje tega dela vsekakor ne bo zmanjkalo. Izvodi obeh so žal skoraj že pošli, na spletnem naslovu [www.zrsvn.si](http://www.zrsvn.si) pa sta dostopna računalniška izpisa. Glede na to, da je serija doživela pozitiven odziv tako pri strokovni, kot laični javnosti, upamo, da se bo zbirka dopolnjevala, nadgrajevala in širila. S pomočjo geoloških zgodb želimo vsem nam popestriti trenutke, ki jih preživljamo v naravi.

## Macro- and meso-structures of External Dinarides in Trieste region

Sara Bensi<sup>1</sup> & Francesco Fanucci<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Univerza v Trstu, Via E.Weiss 2, 34100 Trst, Italija; sbensi@units.it

<sup>2</sup>Dipartimento di Geoscienze, Università di Trieste, Italia

The study area is located in the Gulf of Trieste (NE Italy) and belongs to the Classical Karst Area, SE from the junction between Southern Alps and Dinarides. The all zone is a part of the External Dinarides.

The main feature of the Trieste Karst structural setting is the NW-SE (Dinaric) Karst Thrust. It forces the carbonate platform to overlay the turbiditic succession (Trieste Flysch) of Dinaric foredeep, which crop out in the city of Trieste, at the base of the

coastal slope and in the inner Gulf of Trieste and is involved in minor NW-SE thrusts. The carbonate platform is represented by some formations in time from lower Aptian to middle Cuisian.

The tectonic framework of this area is characterised by several different structures:

1) dinaric strike slip faults, re-activated as normal and reverse faults (Cretaceous to present);

2) anti-dinaric or N-S faults, associated to platform fragmentation during Late Cretaceous- Lower Eocene;

3) major thrust ramp, with dinaric direction, which determines the overlapping of carbonate platform on Flysch;

4) several minor thrusts mainly interesting the Flysch. They have been recently interpreted by Placer (2007, 2008) as connected to underthrusting of the Adriatic Carbonate Platform beneath the External Dinarides front during Miocene;

5) tear faults, with ENE-WSW direction, which displace the front of thrusts;

6) tectonic lines separating the Istria Structural High from depression of Trieste Gulf.

The stratigraphical transition from the units of carbonate platform to the siliciclastic formation is characterised by some levels of marly limestones and marlstones.

The "Trieste Flysch" is formed by silty marlstones and sandstones alternations. The marlstone's beds thickness ranges from millimetric to decimetric, the sandstone's from centimetric to plurimetric. The sandstones mainly predominate, the grain size are fairly heterogeneous and classified as graywacke frequently of lithic type.

The marlstones have been dated by analysis of calcareous Nanoplankton. The species belong to biozones from NP 9 (corresponding to SBZ 11, Ypresian) and to NP 16 (upper Lutetian - Bartonian).

The far most dominant structural unit is the Karst Thrust oriented in dinaric direction and characterizing the most greater part of the zone. The other important units are the minor thrusts that concern widely the Flysch area in the city of Trieste and continue along the foot of slope and underwater inside the Gulf.

This minor thrusts are in evident continuity with the structure of Čičerija (a subthrusting belt of supposed Miocene age), that has been given recently (Placer, 2007) an important role in the geodynamic evolution of the Northern External Dinarides. The Flysch of Trieste shows, specially in the areas right under the Karst Units, semi-ductile deformation like isoclinal folds that are sometimes tied with outcrops of chaotic levels (like olistostromes). This could be attribute to gravitational tectonic during the first compressive deformation of the main thrust. Above all that were frequently observed drag folds under the thrust fronts. That fronts are frequently dislocated by tear-faults that influence the morphology of the area.

The Flysch maintain the originally stratigraphical relations with the carbonatic sequence just in two cases:

- on short tails of the Karst Thrust front (with local phenomena of backthrusting);

- in a big anticline (buckling fold) that characterize the Rosandra-Glinščica Valley.

#### References:

Placer, L. (2007). Kraški rob (landscape term) Geologic section along the motorway Kozina - Koper (Capodistria). *Geologija* 50/1: 29-44.

Placer, L. (2008). Principles of the tectonic subdivision of Slovenia *Geologija* 51/2: 205-217.

## Baza rudišč Republike Slovenije

### Tomaž Budkovič

*Geološki zavod Slovenije, Dimičeva 14, 1000 Ljubljana, tomaz.budkovic@geo-zs.si*

Bazo rudišč izdelujemo v okviru programa, ki ga Geološki zavod Slovenije izvaja po naročilu Ministrstva za gospodarstvo RS. Za upravne organe naj bi nudila osnovne podatke o vsakem rudišču. Lokacije rudišč smo povzeli po Metalogenetski karti socialistične republike Slovenije, izdana pred tremi desetletji. Baza vsebuje sledeče sklope podatkov:

-splošne podatke (ime rudišča, vrsta kovine, GK koordinate, občina, statistična regija),

-geološke podatke (list OGK, oblika-velikost-starost rudišča, prikamnina, glavni in stranski rudni minerali),

-tehnološke podatke (stanje v času vnosa podatkov, način pridobivanja, začetek in konec obratovanja, uradni naziv podjetja, rudne zaloge, perspektivnost),

-podrobnejši opis sedanjega stanja (ocena na podlagi Google earth),

-osnovno literaturo o objektu (geološko poročilo ali strokovni članek),

-datum vnosa podatkov.

O vsakem rudišču in rudnem pojavu zbiramo tudi dodatne podatke (lego jamskih mer pred 2. svetovno vojno, raziskovalne in pridobivalne prostore po drugi svetovni vojni, jamske karte, lego odlagališč rudarskih in topilniških odpadkov z oceno njihovih količin).

Tudi te nameravamo vključiti v bazo. Do sedaj smo zbrali podatke za 63 rudišč in 152 rudnih pojavov. Dodali jim bomo še rudne pojave urana, najdene med prospekcijsko do leta 1990.

## Gube v dolini Glinščice

### Bogomir Celarc, Blaž Milanič & Ladislav Placer

*Geološki zavod Slovenije, Dimičeva 14, 1000 Ljubljana, bogomir.celarc@geo-zs.si*

V flišnih kamninah doline Glinščice se pojavljajo različni tipi gub, ki so navadno povezane z naravnimi strukturami Kraškega roba. S pomočjo njihove lege, geometrije, vergence, lahko sklepamo, ob kakšni naravno - reverzni strukturi so nastale.

Ocizelska brahisinklinala je obsežno flišno območje med Prešnico na JZ in Steno nad Glinščico v Italiji. Definirana je kot v smeri JV - SZ razpotegnjena sinklinala, katere os iz njenega JV konca tone proti SZ in os iz SZ konca tone proti JV. Glavne strukture v Ocizelski brahisinklinali so Trmunki reverzni prelom, Preški reverzni prelom in Petrinjski narivni prelom.

Flišne plasti na tem območju so močno nagubane in deformirane. Prevladujejo različni tipi in velikosti gub z osmi v smeri SZ-JV, ki vergirajo proti JZ. Navadno so poševne, redko polegale in prevrnjene.

Njihova geneza je povezana s splošnim gubanjem območja in lahko nastopajo kot gube nižjega reda, lahko pa nastajajo tudi kot spremljajoče gube reverzних prelomov.

Trmunki in Preški reverzni prelom sta definirana v useku avtoceste Kozina – Klanec in vpadata strmo ( $70^\circ$ ) proti SV in se nadaljujeta v smeri Glinščice, kjer se njuna cona razširi na več vzporednih prelomov z razvitimi obnarivnimi gubami. Naklon vpada osnih ravnin gub ni nikjer manjši od naklona vpada reverzних prelomov. Za primerjavo naj navedemo, da so na območju Tinjana in Dekanov, kjer so v flišu razviti položnejši narivi, bolj položne tudi osne ravnine obnarivnih gub. Intenzivnost gubanja navadno zamira z oddaljenostjo od prelomne ploskve.

V SZ območju Ocizeljske brahisinklinale, kjer se le ta skledasto zaključijo, plasti v njenem skrajnem SZ delu vpadajo proti JV, v SV in JZ krilu pa proti JJZ oziroma VSV. Podobno so zarotirane tudi osne ravnine gub, ki »idealno« vpadajo proti SV, sedaj pa proti VSV.

Z detajlnim preučevanjem gub v flišnih kamninah lahko torej sklepamo na širšo zgradbo Ocizeljske brahisinklinale in na njeno notranjo narivno zgradbo. Posledično lahko iz geometrije gub na kakšnem drugem območju sklepamo na širšo regionalno strukturno zgradbo.

Območje Kraškega roba bo pretežno po tunelih prečkal novi (drugi) tir železnice Divača - Koper. Strukturno geološka spremljava predvidenih del bo omogočila bolj poglobljena spoznanja o zgradbi tega območja.

## Možnost dodatnega zajema pitne vode na Sorškem polju

**Sonja Cerar, Janko Urbanc & Kim Mezga**

*Geološki zavod Slovenije, Dimičeva 14, 1000 Ljubljana, sonja.cerar@geo-zs.si*

Medzrnski vodonosnik Sorškega polja predstavlja zelo pomemben potencialni vodni vir, saj je na tem območju možno črpati preko 1000 l/s podzemne vode. Za intenzivnejšo rabo tega vodnega vira trenutno predstavlja največji problem kemijsko stanje podzemne vode. Podzemna voda Sorškega polja je namreč v precejšnji meri obremenjena z onesnaževali, ki izvirajo iz intenzivne kmetijske dejavnosti ali z različnimi izpusti iz stanovanjskih ter drugih objektov. V slabem kemijskem stanju pa ni celotni vodonosnik, ampak samo nekateri njegovi deli.

Sorško polje je udorina, ki je zapolnjena s poroznim konglomeratom in delno s prodrom. Podlago udorine sestavljajo praktično nepropustne terciarne glinaste plasti, peščenjak in kompaktni konglomerat. V pleistocenskem konglomeratu in prodru so akumulirane velike količine podzemne vode. Tok podzemne vode v vodonosniku ima generalno smer severozahod-jugovzhod. Ocenjeno je bilo, da 60% podzemne vode prihaja iz Save, 40% podzemne vode pa prispeva lokalna infiltracija padavin. Glede na kemijsko opredelitev podzemnih vod imamo opraviti z Ca-Mg-HCO<sub>3</sub> tipom podzemne vode, ki je značilen za vodonosnike v karbonatnih kamninah.

V letu 2009 so na Sorškem polju potekale hidrogeološke raziskave za ugotovitev možnosti dodatnega zajema pitne vode, ki bi bila kemijsko in bakteriološko neoporečna.

V ta namen so bile podrobno preučene hidrogeološke razmere na območju celotnega vodonosnika Sorškega polja, vključno z zveznimi meritvami sprememb nivojev podzemne vode.

Na območju vodonosnika so bile obdelane tako kemijske kot tudi izotopske značilnosti podzemnih vod. Nitrati predstavljajo zelo pomembno onesnaževalo, ki izrazito omejuje možnost črpanja podzemne vode iz črpališča pitne vode pri Godešiču. Najvišje koncentracije nitratov so bile izmerjene v pasu, ki se vleče od Žabnice preko črpališča Godešič in naprej proti jugu. Najnižje koncentracije nitratov so bile izmerjene na tistih opazovalnih mestih, ki so pod vplivom vode iz reke Save. Iz meritev koncentracij nitratov v profilu vodonosnika je razvidno, da trendi upadanja oz. naraščanja koncentracij nitratov, ki bi kazali na stratificiranost onesnaževal v profilu vodonosnika, niso značilni.

Glede na izotopske analize podzemne vode na Sorškem polju se pojavljata dve komponenti, katerih izotopska sestava kisika je dokaj različna. Prvo komponento predstavlja infiltracija lokalnih padavin, drugo pa predstavlja reka Sava, ki s strani napaja vodonosnik. V vodonosniku prihaja tudi do mešanja obeh komponent. Iz rezultatov analiz je razvidno, da so bolj onesnaženi vzorci podzemnih vod tudi bolj obogateni s težjim kisikovim izotopom kar kaže, da je večina onesnaženja podzemne vode vezana na lokalno infiltrirane padavine, medtem ko je komponenta reke Save bistveno manj onesnažena.

Analiza značilnosti onesnaženja podzemne vode je pokazala, da je lokacija črpališča pitne vode Godešič izrazito neugodna, saj se nahaja na območju z najvišjimi koncentracijami nitratov. Na Sorškem polju obstaja več lokacij, na katerih bi bilo možno črpati podzemno vodo, ki je po svoji kakovosti primerna za oskrbo prebivalcev s pitno vodo. Identificirane so bile 3 potencialne lokacije, na katerih bi bilo glede na hidrogeološke danosti ter značilnosti sedanje rabe prostora možno zajeti podzemno vodo boljše kakovosti. Podzemna voda na teh lokacijah bi bila v mnogo manjši meri obremenjena tako z nitrati kakor tudi drugimi onesnaževali, ki na Sorškem polju večinoma izhajajo iz kmetijske dejavnosti.

## Pojavi nestabilnosti terena na dolenskem krasu

**Magda Čarman**

*Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ul. 14, 1000 Ljubljana, magda.carman@geo-zs.si*

V prispevku so opisani različni pojavi nestabilnosti tal na dolenskem krasu, ki so nastali v zadnjih letih v okolici Žužemberka in Dolenskih Toplic. Dolenski kras je svojevrstno razvit, njegovi glavni značilnosti sta debel preperinski pokrov, večinoma iz glinastih zemljin, in visoka gladina podtalnice, ki zelo niha.

Plaz v okolici Žužemberka je nastal na debelejšem zemljin-skem pokrovu, podora pa v pretrtih karbonatnih kamninah ob žužemberškem prelomu. Nastanek udora na območju Dolenskih Toplic je vezan na tektonsko pretрте kamnine znotraj grude Poljanska gora v dolensko-notranjskih grudah. V grudi Poljanske gore se dinarske strukture mešajo s strukturami Balatonskega niza.

Nestabilnosti tal so torej posledica pretrtosti kamnin ob tekton-

skih conah in/ali padavinskih ekstremov, ki so v zadnjih letih vse pogostejši.

Pojavov nestabilnosti tal časovno ni mogoče vnaprej napovedati, vemo pa, da so njihove pogostitve vezane na jesenska obdobja večjih padavin, zimsko - pomladna obdobja, za katera so značilna velika temperaturna nihanja ter na potresne in popotresne dogodke. Prav tako lahko pride do proženja ob morebitnih človeških posegih.

## SafeLand: Živeti z ogroženostjo pred plazovi v Evropi: Ocena, vpliv globalnih sprememb in strategije upravljanja

**Magda Čarman & Špela Kumelj**

*Geološki zavod Slovenije, Dimičeva 14, 1000 Ljubljana, magda.carman@geo-zs.si*

V prispevku podajamo kratko predstavitev projekta SafeLand. SafeLand je projekt 25 projektnih partnerjev iz 13 držav. Spada v 7. okvirni program - FP7; Tema 6 – Okolje (vključuje klimatske spremembe), Podtema: Naravni hazard in traja od leta 2009 do leta 2012.

V okviru projekta SafeLand bodo obdelani različni pristopi za oceno nevarnosti, oceno tveganja in postopke upravljanja s plazovi v Evropi, na podlagi česar bo podana strategija za plazove na različnih nivojih (od lokalnega do evropskega, pri čemer bo upoštevan tudi sociološki vidik).

V termin plazovi so v tem projektu vključene vse oblike pobočnih masnih nestabilnosti.

## Stratigraphy of an organic-rich Palaeoproterozoic succession (Onega Basin, NW Russia)

**Alenka Eva Črne<sup>1,2</sup>, Victor A. Melezhih<sup>2,3</sup>, Anthony R. Prave<sup>4</sup>, Qu Yuangao<sup>3</sup> & Aivo Lepland<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Paleontološki inštitut Ivana Rakovca ZRC SAZU, Novi trg 2, 1000 Ljubljana, acrne@zrc-sazu.si*

<sup>2</sup>*Geological Survey of Norway, Trondheim, Norway*

<sup>3</sup>*Centre for Geobiology, University of Bergen, Norway*

<sup>4</sup>*Department of Earth Sciences, University of St. Andrews, St. Andrews, Scotland*

The ~2.0 Ga „Shunga Event“, characterized by an extraordinary accumulation of organic material and associated supergiant petroleum deposit, was among several global Palaeoproterozoic events targeted by ICDP Fennoscandia Arctic Russia – Drilling Early Earth Project (FAR-DEEP). This event is recorded in the Zhonega Formation (ZF), a c. 600 m thick volcano-sedimentary succession containing organic-rich rocks, including organosiliceous rocks termed maksovite. Maksovite is a black, massive rock containing high amounts of organic carbon and silica (TOC = 20–50 wt%; SiO<sub>2</sub> = 20–65 wt%). Its genesis remains speculative. Ideas range from dyke-like “injections” to syn-depositional seafloor deposits. Three FAR-DEEP drillholes (12A, 12B and 13A) targeted the Onega Basin, part of the Palaeoproterozoic Karelian Craton on the southeast corner of the Fennoscandian Shield, NW Russia.

The drillholes intersected the most representative, continuous sections of the ZF and offer a unique opportunity to address environmental and tectonic conditions leading to this anomalously rich accumulation of organic matter.

The 504 m core of the ZF is provisionally subdivided into four lithostratigraphic members. 1) The bottom most Greywacke member (498–250 m) is composed mostly of normally-graded, flat-laminated greywacke-siltstone-calcarenite rhythmites containing carbonate concretions and less common intraformational conglomerates, breccias, mafic tuffs and lavas. 2) The Dolostone-Clayey Sandstone member (250–179.7 m) consists of a lower unit of laminated dolostone, a middle unit of white and brown clayey fine-grained sandstones, and an upper part marked by sandstones alternating with organic-rich siltstones (TOC = 12 wt%). 3) The Siltstone-Limestone member (179.7–9.3 m) contains siltstones, marls, limestones, fine-grained calcarenites, and greywackes with black clay „balls“. Several interlayered lava flows and maksovite layers occur in the middle part, and the uppermost part has polymict breccias and brownish organic-rich siltstones (TOC = 25 wt%), the latter forming a matrix in the breccias. 4) The uppermost Dolostone-Chert member (9.3–1.6 m) is defined by thick massive dolostone beds and chert horizons. A 70 m thick gabbro body is intruded into the lowermost part of the Greywacke member (484–413.6 m).

Our preliminary findings show that maksovite occurs in a variety of modes: 1) a thin layer (489.5–487.5 m) with indistinct laminations and gradational contacts with the enclosing strata of the Greywacke member suggesting the layer is part of stratigraphy; 2) a massive, thick (413.6–409 m) body in the Greywacke member that was thermally altered by a direct contact with the gabbro; 3) a thick (156–132.9 m) unit within the Siltstone-Limestone member that, in its lower part, is massive and in depositional contact on underlying limestone and has a sharp upper contact with overlying siltstone layers, the latter contain soft-sediment deformation structures and alternate with synsedimentary brecciated maksovite; 4) as massive and indistinctly laminated layers between mafic lava flows at 56–31 m in the Siltstone-Limestone member; 5) as matrix of carbonate and polymict breccias in the Greywacke member (409–403.5 m); and 6) as veins and veinlets that cross-cut all lithologies. Future detailed petrographic and geochemical work is planned to determine silica and carbon sources, and the origin of the variety of modes of maksovite occurrences.

## Foraminifere, izziv za interpretacijo razvoja na paleogenski Jadranski karbonatni platformi (primer SW Slovenija in Istra)

**Katica Drobne<sup>1</sup>, Bojan Ogorelec<sup>2</sup> & Uroš Premru<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*Paleontološki inštitut Ivana Rakovca ZRC SAZU, Novi trg 2, SI-1000 Ljubljana, drobne@zrc-sazu.si*

<sup>2</sup>*Geološki zavod Slovenije, Ljubljana*

<sup>3</sup>*Preddvor*

V Sloveniji izdajajo paleogenske plasti na sorazmerno majhni površini. V primerjavi z vsemi sedimentnimi kamninami prekrivajo komaj 6,5% ozemlja z mastrichtijem, paleocenom in

eocenom. Tudi odlagale so se v kratkem obdobju od 65 do 33,9 milijonov let, skupaj približno 31,1 milijon let. Toda kljub tem omejitvam je v plasteh ostala bogata fosilna dediščina. Ta čas se je začel z veliko katastrofo ob udaru meteorita v planet Zemlja, ki ga označuje krednoterciarna meja. Po hudih ohladitvah in počasnem dvigu temperature v paleocenu, se je že v začetku eocena klima občutno spremenila, s povišano temperaturo morja. Višek je krivulja dosegla v srednjem eocenu. Kasneje je sledilo ohlajanje podnebja vse do nizkih temperatur v začetku oligocena. Ugodnim klimatskim razmeram v času paleocena in eocena, v tropskem in subtropskem pasu med 30° in 35° severne širine je sledila tudi biota, zelo raznovrstna od bentičnih do planktonskih organizmov. Med njimi so foraminifere, predvsem velike, zbujele pozornost že mnogim, med prvimi je bil geolog Guido Stache.

Zanimanje je bilo posvečeno najprej numulitom, alveolinam, nato koničnim aglutiniranim foraminiferam, kasneje velikim trematofornim miliolidam, diskociklinam, koralam in dazikladacejskim algam. V plasteh, zlasti paleocenskih, kjer se je malo pričakovalo, pa so bili najdeni indeksni fosili za maastrichtij in danij.

Za nabor zadostne množine materiala, je bilo treba sistematično preiskati izdanke na vseh robovih terciarnih sinklinalnih bazenov. Nato so izbrani profili služili za vzorčevanje skladov, kar se da popolnega razvoja, s številnimi velikimi foraminiferami. Teh se je z leti nabralo na stotine in nekaj tisočev preparatov z orientirano lego fosilov in mikrofaciesa, kjer so se nahajali.

Determinacija foraminifer, identifikacija profilov po biostratigrafskih kriterijih, primerjava profilov na ožjem območju, nato med različnimi sedimentarnimi bazeni, je nakazala enakosti in razlike v razvoju posameznih enot na platformi, imenovani Paleogenska Jadranska karbonatna platforma (PgAdCP). Za enovit pregled razvoja so služile podrobne sedimentološke študije, študije mikrofaciesa, paleoekološke ter tektonski odnosi enot med manjšimi in večjimi razdaljami. Rezultati so se pokazali pri izdelavi paleobiogeografskih kart od K/T meje do priabonija za celotno območje PgAdCP.

Glede na biostratigrafsko razčlenitev plasti na platformi oziroma rampah ter glede na prehode v flišne bazene (determinacije planktonskih foraminifer in nanoplanktona) se je izkristaliziral položaj ločenih sedimentarnih con: BiosZ 1 v flišnem bazenu in BiosZ 2, 3, 4 na odmaknjenih rampah. BiosZ potekajo v logičnem zaporedju od najgloblje na severu, aktivne od K/T do lutetija, proti SW, kjer nastopajo na deformirani platformi BiosZ 2 aktivni od K/T do cuisija, BiosZ 3.1 od K/T do lutetija, BiosZ 3.2 od srednjega cuisija do lutetija, BiosZ 4 od srednjega cuisija do bartonija, morda še dlje.

Iz SW in W je omejeval NW rob PgAdCP Jonsko-Jadranski-Belunski bazen kot 5. enota. Rampe so bile med seboj ločene z barierami bodisi kopno, bodisi globlji jarki. Poimenovane so BiosZ 1 – Goriško-Vipavska-Pivška cona, BiosZ 2 – Komensko-Brkinska cona, BiosZ 3 – Čičarijska cona in BiosZ 4 – Istrsko-Dalmatinska cona. Primerljiv razvoj plasti se ugotavlja tudi vzdolž Dalmacije in v Hercegovini.

Ker smo bili pri raziskavah povezani v veliko uspešno skupino UNESCO IGCP 286 in 393, odgovorno za preučevanje paleogena v Tetisu, delno tudi v Karibih, je rezultat biostratigrafska skala za velike foraminifere s conami SBZ 1–SBZ 20 v paleocenu in eocen.

Z vodenjem L. Hottingerja smo se izobraževali in predajali naše znanje mnogim na letnih seminarjih, tudi pri nas v Sloveniji in Istri.

## Geopark med Peco in Košuto – prvi evropski čezmejni geopark med Slovenijo in Avstrijo

Suzana Fajmut Štruel<sup>1</sup>, Mojca Bedjanič<sup>2</sup>, Uroš Herlec<sup>3</sup>, Primož Vodovnik<sup>4</sup> & Gerald Hartmann<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Podzemlje Pece d.o.o., Glančnik 8, SI-2393 Mežica Mežica, [suzana.fajmut@cpm-gm.si](mailto:suzana.fajmut@cpm-gm.si)

<sup>2</sup>Zavod Republike Slovenije za varstvo narave, OE Maribor, Maribor

<sup>3</sup>Oddelek za geologijo, Naravoslovnotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, Ljubljana

<sup>4</sup>RRA Koroška, Regionalna razvojna agencija za Koroško, Dravograd

<sup>5</sup>Regionalmanagement Kärnten Dienstleistungs GmbH, Avstrija

Evropska mreža geoparkov (EGN - European Geopark Network), ki trenutno združuje 37 območij z evropsko pomembno geološko dediščino, je bila ustanovljena leta 2000. EGN se je leta 2004 vključila v Globalno mrežo geoparkov, ki jo je ustanovil urad UNESCO. Osnovni namen mreže je varovanje in promocija geološke dediščine, povezovanje evropskih držav pri izmenjavi dobrih praks, informacij in izkušenj pri varstvu geološke dediščine, promocija celovitega pristopa k varstvu narave ter trajnostni razvoj lokalnih skupnosti. To pa so tudi cilji projekta »Vzpostavitev čezmejnega geoparka med Peco in Košuto«. Idejo, vizijo in cilje smo pripravili v projektni ideji in jo skupaj s številnimi partnerji iz obeh strani Pece prijaviли na razpis Operativnega programa za čezmejno sodelovanje med Slovenijo in Avstrijo 2007-2013. Projekt je dobil zeleno luč in tako v tem letu pričenjamo s številnimi aktivnostmi na širšem območju »Dežele pod Peco«. Območje projekta zajema občine Črna na Koroškem, Mežica, Prevalje, Ravne na Koroškem, Dravograd, Pliberk, Suha, Bistrica nad Pliberkom, Globasnica, Galicija, Žitara Vas, Železna Kapla in Sele in vključuje partnerje iz obeh strani meje (Obirske jame, Zavod Republike Slovenije za varstvo narave, Občina Črna na Koroškem, Občina Mežica, Občina Prevalje, Občina Globasnica, Občina Sele, Tržna občina Bistrica nad Pliberkom, Koroški pokrajinski muzej, RRA Koroška, regionalna razvojna agencija za Koroško in Regionalmanagement Kärnten Dienstleistungs – GmbH).

Projektno območje je veliko 997 km<sup>2</sup>, na njem živi okoli 51.500 prebivalcev. Deželo pod Peco je že v preteklosti zaznamovalo rudarstvo. Težak rudarski kruh so si ljudje na tem območju služili skoraj 350 let. Svinčevo-cinkovo rudo so pridobivali na pobočjih Pece, Uršlje gore in Obirja. Rudne zaloge tega območja pa trenutno ekonomsko niso zanimive. Rudarska dejavnost je usahnila, ostali pa so številni pomembni dokazi o nastanku rudišč, izdanki rudnih teles, tehnična dediščina ... Ta bogata dediščina je danes zanimiva tako za številne obiskovalce kot tudi za znanstvenike. Nekateri rudni pojavi so izjemnega, tudi svetovnega znanstvenoraziskovalnega pomena. Območje odlikuje tudi pestra geološka zgradba s redkimi in izjemnimi geološkimi pojavi (Periadriatski šiv, nahajališče karnijskih krinoidov, smrekovski vulkanizem, Obirske kapniške jame ...), med katerimi so mnoge že prepoznane



kot geološke naravne vrednote. Izjemna geološka podlaga pa je botrovala nastanku številnih življenjskih okolij. Čudoviti gozdovi, gorski pašniki in skalovja nudijo bivalni prostor številnim posebnim rastlinam in živalim.

S pomočjo projekta želimo projektni partnerji čezmejno povezati in vzpodbuditi dialog med ključnimi naravovarstvenimi, izobraževalnimi in turističnimi institucijami z lokalnega, regionalnega in deželnega oz. nacionalnega nivoja in lokalnimi skupnostmi na območju Geoparka. V okviru projekta izdelane strokovne podlage bodo osnova za kandidature za vključitev v prestižno evropsko mrežo Geoparkov pod okriljem organizacije UNESCO. Izvedene bodo tudi številne komunikacijske aktivnosti (komunikacijski načrt, spletna stran, film o geoparku, publikacije, predstavitve območja, izobraževanje ...), cilj pa je tudi vzpostaviti osnovno podporno infrastrukturo Geoparka (info centra, info točke, tematske poti ...).

Dolgoročen uspeh projekta pa seveda ni odvisen le od zagotovitve začetnih finančnih sredstev. Enako pomembni so ustrezen razvojni koncept, močna politična podpora, vključevanje v trajnostni, socialno-ekonomski in kulturni razvoj celotne regije, zagotovljena finančna sredstva za delovanje in nadaljnji razvoj (država, skladi Evropske unije, lokalne skupnosti ...) ter seveda dober načrt upravljanja s profesionalno upravljavsko strukturo. In kar je ključnega pomena, projekt bo zaživel in se razvijal le, če bo sprejet in podprt na lokalnem in regionalnem nivoju.

## Geokemijske analize vodovodne vode na območju Slovenije

**Tamara Ferjan<sup>1</sup>, Mihael Brenčič<sup>2,1</sup> & Mateja Gosar<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana, tamara.ferjan@geo-zs.si

<sup>2</sup>Katedra za geologijo krasa in hidrogeologijo, Oddelek za geologijo, Naravoslovnotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani

V letu 2009 je bilo na območju Slovenije izvedeno vzorčenje pitne vode na vodovodnem omrežju. Vzorčevalni načrt, ki je vseboval 35 lokacij, je bil izdelan tako, da so bili vzorčevani vodovodni sistemi, ki izkoriščajo podzemno vodo iz različnih vodonosnikov. Namen raziskave je bil ugotoviti geokemične karakteristike vodovodne vode glede na geološko ozadje vodonosnikov iz katerih se črpa voda v vodovodno omrežje.

Na vsaki izmed vzorčevalnih mest je bila voda odvzeta iz pipe, kjer je voda vsaj dve minuti prosto iztekala. Vzorci vode so bili odvzeti v plastenke, ki so bile neposredno pred vzorčenjem petkrat sprane, popolnoma napolnjene z vodo in zaprte s plastičnim zamaškom. Poleg odvzema vzorca so bile na mestu vzorčenja izvedene še meritve temperature, pH ter elektroprevodnosti. Laboratorijska analiza je vsebovala določitve pH, elektroprevodnosti, temperature ter parametrov splošne kemije (glavni anioni ter kationi) ter določitve slednih prvin. Pri interpretaciji rezultatov geokemičnih analiz smo uporabili naslednje metode: raztreseni diagrami (koncentracije določitev v odvisnosti od pH in elektroprevodnosti), analiza variance s post hoc Tukey-evin HSD testom.

Ugotovljene so bile 3 skupine vzorcev: 1. skupina okvirno zajema zahodno, jugozahodno ter osrednjo Slovenijo; 2. skupina

zajema severovzhodno Slovenijo; 3. skupina zajema jugovzhodno ter vzhodno Slovenijo.

Najvišje vrednosti hidrogenkarbonatnega iona ter  $\text{Ca}^{2+}$  ter  $\text{Mg}^{2+}$  ter tudi pH-ja so prisotne v jugovzhodni Sloveniji, ker prevladujejo karbonatne kamnine. Najvišje vrednosti slednih prvin ter  $\text{Na}^+$  ter  $\text{K}^+$  pa so prisotne v severovzhodni Sloveniji, kjer v sedimentih Panonskega bazena potekajo procesi ionskih izmenjav, prav tako pa so koncentracije določenih slednih prvin vezane na območja termalne vode. V povezavi s slednimi prvinami ne smemo pozabiti na onesnaženje podzemne vode.

Analizirane vode spadajo v  $\text{Ca}^{2+}\text{-Mg}^{2+}\text{-HCO}_3^{2-}$  in  $\text{Ca}^{2+}\text{-HCO}_3^{2-}$  tip vod, torej karbonatni tip vod. Od glavnih ionov so bile najvišje vrednosti  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  zabeležene v tretji skupini, najvišje vrednosti  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Si}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  ter  $\text{SO}_4^{2-}$  pa v drugi skupini. V drugi skupini so bile poleg prej omenjenih prvin zabeležene tudi najvišje vrednosti slednih prvin. Prav visoke koncentracije slednih prvin na območju Štajerske in Prekmurja, ki pogosto predstavljajo onesnaževala, nakazujejo na problematiko onesnaževanja podzemne vode na tem območju. Dokaz temu je tudi močno povišana vrednost nitrata. Nadalje se je izračun TDS-a ujemal s koncentracijami slednih prvin. Druga in tretja skupina, ki sta imeli najvišje vrednosti slednih prvin sta imeli obenem tudi najvišji TDS. Glede na analizo so bile tako najnižje vrednosti pH-ja določene v drugi skupini, ki ima tudi najnižje koncentracije  $\text{HCO}_3^-$  iona, višje vrednosti pa v tretji skupini, ki ima tudi najvišje koncentracije  $\text{HCO}_3^-$  iona.

Geokemijske analize vodovodne vode odražajo geokemijske pogoje, ki vladajo v vodonosnikih. Pri interpretaciji teh podatkov se je potrebno zavedati, da med vodonosnikom in končnim porabnikom poteka še vrsta procesov. V primeru izvedene študije se to odraža v koncentracijah klorida, ki ima najvišje vrednosti v severovzhodni Sloveniji.

## Petdeset let od odkritja urana na Žirovskem vrhu

**Alojzij Pavel Florjančič**

Podlubnik 23, 4220 Škofja Loka, alojzij.florjancic@guest.arnes.si

Uran v Žirovskem vrhu se nahaja v permskih kontinentalnih klastitih in spada v južnoevropsko metalogenetsko Verucano provinco. Diagenetsko orudjenje z uranovo smolo je vezano na organsko materijo v talninskem tako imenovanem brebovniškem členu grödenske formacije, ki je nastal v rečnem sistemu prepletajočih in delno meandrirajočih tokov.

Nagubana zgradba rudišča je posledica narivanja paleozojskih klastičnih kamnin na zgornjetriadne sklade Poljansko – Vrhnjskih nizov, kar se je dogajalo na meji med eocenom in oligocenom.

Glavni rudni mineral je uranova smola, ter podrejeno coffinit in še 18 uranovih sekundarnih mineralov. S skupno 85 minerali je Žirovski vrh po številu mineralov najbogatejša mineralno nahajališče v Sloveniji.

Rudonosna cona je debela 125 metrov. Rudna telesa trakastih nepravilnih oblik slede generalno plastovitosti. Debela so povprečno okoli enega metra ter dolga od nekaj do sto metrov. Žirovski vrh se po velikosti uvršča med srednje velika uranska rudišča, po kvaliteti pa med siromašnejša. Z vrtnami potrjenimi

zalogrami 16.000 ton  $U_3O_8$  je poleg velenjskega premogovnika naš največji energetski potencial.

Rudišče je bilo odkrito leta 1960 z radiometrično peš prospekcijsko, raziskano z globokimi strukturnimi vrtnami s površine in z rudarskimi deli odprto v dolžini 1850 m in po višini 150 m. V letih 1984 do 1990 je bilo iz 633.000 ton rude pridobljeno 452 ton uranovega koncentrata, ki se je pridobival po kislem postopku. Iz njega pridobljeni gorilni elementi so v jedrski elektrarni Krško dali 12.000 GWh električne energije. Pri odkopavanju in predelavi rude smo dosegli načrtovane parametre: količino in kakovost odkopane rude in koncentrata. Kljub temu smo morali tako rekoč čez noč prenehati z odkopavanjem rude in s proizvodnjo rumene pogače. Od prenehanja odkopavanja rude in proizvodnje koncentrata 30. junija 1990 pa do danes zapiramo RUŽV!

Izjemna pozornost je bila posvečena okolju. Pri proizvodnji se je uporabljal zaprt sistem tehnološke vode. Že na začetku proizvodnje sta bili zgrajeni čistilni napravi za jamsko vodo in za komunalne odplake. V RUŽV smo razvili avtomatski sistem merjenja radioaktivnosti na prostem in smo prvi v Jugoslaviji zabeležili radioaktivno onesnaženje iz Černobila. Iz naših avtomatskih merilnih naprav se je razvil vseslovenski sistem za avtomatski monitoring ionizirajočega sevanja v zraku, ki šteje že več kot sedemdeset merilnih mest.

Rudnik urana Žirovski vrh je bil vseskozi izrazito v kleščah politike, bistveno bolj kot drugi kombinati v industriji in rudarstvu oziroma v energetiki. Delno je bilo to posledica nerealnih atomskih pričakovanj zveznih oblastnikov in monopola centralnih institucij, po drugi strani pa nepripravljenost na naši strani ob prevzemu raziskovalnih in pripravljalnih del. Tako je bil zamujen primeren čas odprtja rudnika pred energetska krizo v polovici sedemdesetih let, začetek osvajanja proizvodnje pa je sovpadel z jedrsko nesrečo v Černobilu. To so neodgovorno izkoristili politiki in novinarji za neutemeljeno diskreditacijo in premalo vplivni in odločni strokovnjaki. Za nameček je dogovor med ZDA in SZ o zmanjšanju jedrske oborožitve prav takrat povzročil skokovit padec cene urana na svetovnem trgu.

Naš prispevek še posebej posveča pozornost tej zadnji temi, še zlasti v luči stroškov, ki so spremljali posamezne faze del. Ocenjujemo, da smo za raziskovalna dela v rudišču od leta 1960 do 1980 porabili 50 milijonov EUR, za investicijska, pripravljalna in eksploatacijska dela v RUŽV od 1980 do 1990 okoli 150 milijonov EUR, za zapiranje od 1990 do 2010 pa 90 milijonov EUR. Približno toliko pa smo morali v zadnjih dvajsetih letih dati dodatno za uran v gorilnih elementih za Krško, ki bi ga lahko med zapiranjem pridobili sami. *Sapienter sat!*

### Baški dolomit v profilu Slatnik nad Soriško planino (SE Julijske Alpe): sedimentacija in foraminiferna združba

Luka Gale

Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana, luka.gale@geo-zs.si

Baški dolomit predstavlja plastnate dolomite z roženci, deloma masivne dolomite in dolomitno-roženčeve breče. Gre za značilno norijsko-retijsko litostratigrafsko enoto Slovenskega bazena, ki je zaradi pozno-diagenetske dolomitizacije slabo raziskana. Starost baškega dolomita je bila določena na podlagi superpozicije, redkih

makrofosilov in konodontov. Stratigrafsko leži nad julijsko-tuvalijskimi amfiklinskimi plastmi, navzgor pa prehaja v spodnjejurško Krikovsko formacijo, v severnih delih Slovenskega bazena pa v zgornjenorijsko in retijsko Slatniško formacijo. V profilu Slatnik (Soriška planina, Bohinjski greben) ob planinski poti baški dolomit izdanja v debelini 260 m. Spodnja meja ni vidna, navzgor pa sledita Slatniška in Krikovska formacija. Zaradi nepopolne dolomitizacije so v nekaterih delih baškega dolomita ohranjene plasti apnenca, kar omogoča podrobnejše študije.

Baški dolomit v profilu Slatnik predstavljajo dolomitizirani presedimentirani in hemipelagični karbonati, ki so se odlagali na "carbonate slope apron". Kamnine so organizirane v dva »retrogresijsko-progresijska« cikla. Vsak se začne z masivnimi brečami s strukturami zdrsov, ki zaznamujejo srednji del pobočja. Brečam postopno sledijo plastnati drobnozrnati distalni karbonatni turbiditi z nepopolnimi Boumovimi sekvencami, ki so se odlagali v spodnjem dela pobočja. Odlaganje na bazenski ravnici zaznamujejo plastnati dolomiti z roženci. Karbonatni turbiditi vsebujejo presedimentirana plitvodna zrna, med katerimi so tudi foraminifere. Določenih je bilo 32 rodov in 38 vrst. Norijska starost baškega dolomita v profilu Slatnik je bila določena na podlagi sočasne prisotnosti vrst *Palaeolituonella meridionalis*, *Endotriadella tyrrhenica*, *Ophthalmidium exiguum*, *Turriplomina magna* in *Pseudonodosaria obconica* z vrstami *Duotaxis birmanica*, *Sigmoilina? schaeferae*, *Galeanella panticae* in *Variostoma crassum*. Večina foraminifer izvira iz območja grebena.

### Upper Anisian radiolarian cherts from the High Karst Nappe (southern Montenegro)

Špela Goričan<sup>1</sup>, Hans-Jürgen Gawlick<sup>2</sup>, Richard Lein<sup>3</sup>,  
Sigrid Missoni<sup>2</sup> & Alenka Eva Črne<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Paleontološki inštitut Ivana Rakovca ZRC SAZU, Novi trg 2, 1000 Ljubljana, spela@zrc-sazu.si

<sup>2</sup>Montanuniversität Leoben, Avstrija

<sup>3</sup>Universität Wien, Avstrija

Middle Triassic deep-water sediments (hemipelagic limestones and radiolarian cherts), intercalated within a succession of platform limestones were studied at sections Boljevići near Virpazar and Obzovica on the road from Budva to Cetinje. The sections were dated with radiolarians and conodonts. The cherts reach a total thickness of about 5 meters and were deposited in a short time interval that started and ended in the Illyrian.

At Boljevići the hemipelagic succession starts with red nodular Han Bulog Limestone on top of shallow-water limestones. The drowning of the platform was dated as late Pelsonian with the following conodonts collected at the base of the Han Bulog Limestone: *Nicoraella germanicus*, *Nicoraella kockeli*, *Gondolella bulgarica*, and *Gondolella cf. bifurcata*. The deposition of the Han Bulog Limestone in this section lasted until the Illyrian, proven by the occurrence of *Gondolella excelsa*, *Gondolella trammeri*, and *Gondolella liebermanni*. The following radiolarians from the reddish laminated radiolarites on top of the Han Bulog Limestone prove an Illyrian age (*Spongosilicarmiger italicus* Zone to lower part of *Ladinocampe multiperforata* Zone; equivalent of *Reitziites reitzi* Ammonoid Zone): *Baumgartneria cf. retrospina*,

*Cryptostephanidium cornigerum*, *Oertlispongius inaequispinosus*, *Paroertlispongius multispinosus*, and *Triassocampe scalaris*. The direct contact with the overlying sequence is not exposed but Upper Ladinian to Lower Carnian shallow-water limestones and dolomites follow upsection.

At Obzovica the drowning sequence of the carbonate platform is not exposed, the section starts with the Han Bulog Limestone. Upsection follows a five meters thick succession of red and partly grey well-bedded radiolarites. From the red radiolarites we isolated a well preserved Illyrian radiolarian fauna (*Spongosilicarmiger italicus* Zone; equivalent of *Reitziites reitzi* Ammonoid Zone) with: *Baumgartneria bifurcata*, *Baumgartneria cf. yehae*, *Cryptostephanidium cornigerum*, *Eptingium manfredi*, *Eptingium ramovsi*, *Falcispongius calcaneum*, *Hozmadia* sp., *Oertlispongius inaequispinosus*, *Parasepsagon asymmetricus*, *Pseudostylosphaera japonica*, *Pseudostylosphaera tenuis*, *Spongostephanidium* sp., *Triassocampe deweveri*, *Triassocampe scalaris*. In the upper part of the radiolarite sequence up to ten centimeters thick intercalated hemipelagic filament-bearing limestones are of latest Anisian to earliest Ladinian age, proven by the following conodonts: *Gondolella excelsa*, *Gondolella trammeri*, and *Gladigondolella tethydis*. Upsection the radiolarian cherts decrease rapidly and the following hemipelagic red limestones are of Ladinian age, proven by conodonts. These red limestones pass continuously into grey hemipelagic limestones of Late Ladinian age (with *Gladigondolella tethydis* and *Gondolella foliata*), topped by shallow-water dolomites of Late Ladinian to Early Carnian age.

This short-lasting latest Anisian radiolarite event in the succession of the High Karst Nappe is contemporaneous with the complete demise of shallow-water carbonate production over a large area of the western Tethyan realm. This event is further correlative with the onset of the first radiolarites on the Neotethys Ocean floor, as proven in Albania, northern Croatia and in the Meliata Unit in Slovakia and Hungary. The platform drowning is commonly associated with intense volcanism but in our sections the volcanics are preserved only as some thin intercalations of metabentonites. The studied successions are nice examples of short-lived hemipelagic basins that formed on continental margin during the late Anisian rifting and were later, in the Ladinian and Early Carnian, completely infilled with sediments of prograding carbonate platforms. In Slovenia, correlative successions are known from the Julian Alps (e.g. on Prisojnik and at Kamna gorica) and from the Kamnik-Savinja Alps (e.g. east of Ojstrica).

## Evolucijski trendi mezozojskih radiolarijev in primerjava z evolucijo drugih morskih organizmov

Špela Goričan<sup>1</sup>, Jean Guex<sup>2</sup>, Luis O'Dogherty<sup>3</sup>, Elizabeth S. Carter<sup>4</sup>, Paulian Dumitrica<sup>5</sup> & Annachiara Bartolini<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Paleontološki inštitut Ivana Rakovca ZRC SAZU, Novi trg 2, 1000 Ljubljana, spela@zrc-sazu.si

<sup>2</sup>Université de Lausanne, Švica

<sup>3</sup>Universidad de Cádiz, Španija

<sup>4</sup>Portland State University, Oregon, ZDA

<sup>5</sup>Gümligen, Švica

<sup>6</sup>Muséum National d'Histoire Naturelle, Pariz, Francija

Radiolariji so morski planktonski enoceličarji, ki obstajajo že od kambrija. Njihovi kremenčni skeleti so morfološko zelo raznovrstni, npr. samo iz mezozoika je do sedaj opisanih 593 veljavnih rodov. Po obliki skeleta se mezozojski radiolariji delijo na tri redove. Naselariji imajo začetno spikulo in lupino iz enega ali več zaporednih segmentov, spumelariji so kroglaste ali diskaste oblike in so sestavljeni iz ene ali več koncentričnih lupin, entaktinariji so podobni spumelarijem, vendar imajo v centru skeleta tudi začetno spikulo. Za razumevanje evolucije so radiolariji pomembni kot primer organizmov, ki živijo v relativno stabilnem odprtorskem okolju.

Evolucijski trendi so usmerjene morfološke transformacije v kronološkem zaporedju sorodnih vrst. Najpogosteje navajan primer trenda je postopno povečevanje velikosti organizma, kar poznamo kot Copeov zakon. Copeov zakon lahko razumemo v posplošenem smislu, kar pomeni, da se določene dimenzije (npr. prostornina ali površina) lahko povečajo, ni pa nujno, da se hkrati poveča tudi dolžina organizma. Večino trendov pri radiolarijih lahko pripišemo tako posplošenemu Copeovemu zakonu. Največkrat opažen trend pri naselarijih je postopno povečana sferičnost (povečana prostornina) skeleta, kar lahko primerjamo s povečano involutnostjo pri amonitih in z večjo sferičnostjo pri foraminiferah (npr. orbulinah). V večini filogenetskih linij naselarijev se razen tega kaže povečana geometrijska kompleksnost skeleta - razvijejo se raznovrstni izrastki (bodice, tubusi), poveča se torej površina, na kateri v organizmu poteka biomineralizacija. Podobni trendi naraščajoče kompleksnosti skeleta oziroma povečevanja biomineralizirane površine so značilni tudi za spumelarije in entaktinarije. Ravne bodice postopoma postajajo ukrivljene, zvite, sploščene ali razvejane in se lahko podaljšujejo, tako da pri nekaterih vrstah v naprednem stadiju evolucije okrog lupine tvorijo sklenjen obroč. Pri vseh redovih radiolarijev opazujemo tudi trend k bolj urejeni ornamentaciji (npr. bolj izenačeni obliki in geometrijsko pravilni razporeditvi por) in večji simetričnosti.

Opisani evolucijski trendi so značilni za daljša obdobja brez večjih ekoloških pretresov. V obdobjih globalnega ekološkega stresa, za katera so značilna množična izumiranja, pa so trendi obrnjeni. Rodovi, ki ekološko krizo preživijo, izgubijo kompleksne strukture, ki so jih pridobili v prejšnjih, okoljsko stabilnih časih. Imajo preprostejše skelete z enostavnimi bodicami in bolj neurejeno strukturo kot njihovi neposredni predniki. Podobno, to je z geometrijsko poenostavitvijo in izgubo simetrije, se v kriznih časih odzivajo tudi drugi organizmi, na primer amoniti, foraminifere in silikoflagelati. Skrajni primer poenostavitve je popolna izguba skeleta, kar se je na permsko-triasni meji morda zgodilo koralam.

## Analysis of site effects in the Ilirska Bistrica town area

Andrej Gosar<sup>1</sup> & Maja Martinec<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Agencija RS za okolje, Dunajska 47, 1000 Ljubljana, andrej.gosar@gov.si

<sup>2</sup>Institute for mining, geotechnology and environment, Ljubljana

The region of Ilirska Bistrica is one of the most seismically active areas of Slovenia, where 15 damaging earthquakes with maximum intensity equal or greater than V EMS-98 have occurred in

the last one hundred years. These earthquakes have shown that strong site effects are characteristic of the parts of the town that are built on soft Pliocene clay and sand overlain by Quaternary alluvium. Since there is a lack of boreholes and geophysical and earthquake data, the microtremor horizontal-to-vertical spectral ratio (HVSR) method (Bard, 1999) was applied to a 250 m dense grid of free-field measurements over an extended area and to a 200 m dense grid in the town area in order to assess the fundamental frequency of the sediments (Gosar & Martinec, 2009). Measurements were additionally performed in ten characteristic houses to assess the main building frequencies. The effects of wind and industrial noise on the reliability of the results were analyzed. The map of the fundamental frequencies of sediments shows a distribution in a range of 1-20 Hz. The lower frequency range (below 10 Hz) corresponds to the extent of Pliocene clays and sand overlain by alluvium, which form a small basin, and the higher frequencies to flysch rocks, but variations within short distances are considerable. The measurements inside the buildings of various heights (2-6 storeys) showed main longitudinal and transverse frequencies in the range 3.8-8.8 Hz. Since this range overlaps with the fundamental frequency range for Pliocene and Quaternary sediments (2-10 Hz), the danger of soil-structure resonance is considerable, especially in the northern part of the town. Soil-structure resonance is less probable in the central and southern part of the town, where higher free-field frequencies prevail. These observations are in agreement with the distribution of damage caused by the 1995 earthquake (ML=4.7, I<sub>max</sub>=VI EMS-98), for which a detailed damage survey data is available (Godec et al., 1996).

#### References:

- Bard, P. Y. (1999). Microtremor measurements: a tool for site effect estimation? In: Irikura, K., Kudo, K., Okada, H., Sasatani, T. (eds): *The Effects of Surface Geology on Seismic Motion*, Balkema, 1251-1279.
- Godec, M., Vidrih, R., Ceci, I. (1996). Potresa na območju Ilirske Bistrice 22. maja 1995, poškodbe objektov. *Ujma* 10: 84-88.
- Gosar, A., Martinec, M. (2009). Microtremor HVSR study of site effects in the Ilirska Bistrica town area (S. Slovenia). *Journal of Earthquake Engineering* 13: 50-67.

## Geokemično kartiranje kmetijskih in travnatih tal Evrope - GEMAS projekt

**Mateja Gosar**

*Geološki zavod Slovenije, Dimičeva 14, 1000 Ljubljana, mateja.gosar@geo-zs.si*

GEMAS projekt (Geochemical apping of agricultural soils and grazing land of Europe) je bil zasnovan z namenom, da bi pridobili kvalitetne, usklajene in torej dobro primerljive geokemične podatke o tleh na obdelanih kmetijskih zemljiščih in trajno s travo poraslih zemljiščih na območju celotne Evrope. Ti podatki so potrebni zaradi novo sprejete EU uredbe (REACH - Registration, Evaluation and Authorisation of Chemicals) in nastajajoče EU

direktive o varstvu tal, ki zahtevata natančne podatke o trenutni kakovosti tal na evropski ravni.

GEMAS projekt izvaja ekspertna geokemična skupina geoloških zavodov Evrope (EGS), finančno podporo pa nudi Eurometaux, EU združenje kovinske industrije. Zato podatki o nekaterih elementih (npr. Ag, Sb, Se, Sn, Te, V) ne bodo objavljeni do leta 2013 in bodo do takrat na voljo le združenju Eurometaux. Dogovorili smo se tudi, da vrednosti 90-tega percentila za elemente in geokemičnih kart celotnega območja ter manjših delov ne bomo objavili do leta 2013, ko bo izšel skupni GEMAS geokemični atlas.

V projektu sodeluje 34 geoloških zavodov, ki so po enotni metodologiji vzorčili tla na ozemlju, ki skupno meri kar 5,6 milijon km<sup>2</sup>. 1 vzorec obdelanih kmetijskih tal (Ap vzorec, globina 0-20 cm)

in 1 vzorec trajno s travo poraslih tal (Gr vzorci, globina 0-10 cm) je bil vzeta na vsakih 2500 km<sup>2</sup>. Vzorčenje je potekalo v letu 2008, po usklajeni metodologiji. Zbranih je bilo 2211 vzorcev tal obdelanih kmetijskih površin in 2118 vzorcev travnatih površin (vključno z dvojniki). Vsi vzorci so bili iz terena poslani v skupni laboratorij s strogim nadzorom kakovosti postopkov, kjer so pripravili paralelke za analize. Vzorci so bili posušeni na zraku, sejani na frakcijo <2 mm, homogenizirani, razdeljeni v podvorce in razposlani na analizo. Stroga kontrola kakovosti postopka priprave vzorcev je bila dokazana in vse vzorce skupaj. Vzorci so bili analizirani v laboratoriju ACME v Vancouverju v Kanadi, ki je bil izbran na mednarodnem natečaju. 15 g vzorca je bilo prelito z 90 ml zlatotopke, eno uro segrevano na 95°C in nato razredčeno do 300 ml z 5% HCl. V raztopini so bile z ICP-AES

in ICP-MS določene vsebnosti 53 kemijskih elementov (Ag, Al, As, Au, B, Ba, Be, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, Ge, Hf, Hg, In, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Ni, P, Pb, Pd, Pt, Rb, Re, S, Sb, Sc, Se, Sn, Sr, Ta, Te, Th, Ti, Tl, U, V, W, Y, Zn, Zr).

V projektu GEMAS smo posvetili posebno pozornost kvaliteti analitike. V celoten set vzorcev so bili vključeni projektni standardi, komercialni standardi in ponovitve vzorcev. Vsi vzorci so bili potem poslani v laboratorij z laboratorijskimi oznakami in v naključnem vrstnem redu. ACME laboratorij dodal še svoj standard (DS7 - 80 med Ap vzorce in 77 v Gr vzorce). Končno je bilo analiziranih približno 5000 vzorcev v 20-tih dneh. Pravilnost, natančnost in ponovljivost analitike, je bila obravnavana skupno za celoten projekt na Norveškem geološkem zavodu. Na splošno so se analize izkazale za izjemno kvalitetne. Kjer je bila opazna manjša natančnost, je bilo to zaradi nizkih vsebnosti - za nekatere elemente je bila večina rezultatov analize zelo blizu meji detekcije (npr. GE, Pt, Pd, Re, Ta, Te). Razen nekaj "outlierjev" za elemente B, Ca in Sn ni bilo večjih odstopanj rezultatov in po preiskavi razlogov za navedena odstopanja, smo zanesljivost kemičnih analiz tudi za te elemente ocenili kot zadovoljivo.

Poleg tega, da rezultati projekta omogočajo dobro oceno vsebnosti in porazdelitve prvin v kmetijskih in trajno s travo poraslih tleh v celotni Evropi, je pomemben del projekta je tudi vzpostavitev arhiva vzorcev tal, kjer se skupno hranijo vsi pridobljeni vzorci v več paralelkah. Tako bo mogoče tudi v prihodnje izvajati dodatne analitične postopke na zbranih vzorcih.

## Vpliv mineraloške in geokemične sestave diatomejskih sedimentov na insekticidno aktivnost riževega žužka (*Sitophilus oryzae* [L.] (Coleoptera, Curculionidae))

Aleksander Horvat<sup>1,2</sup>, Helena Rojht<sup>3</sup>, Miha Mišič<sup>4</sup>, Christos Athanasiou<sup>5</sup>, Bill J. Vayias<sup>5</sup> & Željko Tomanović<sup>6</sup> & Stanislav Trdan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Oddelek za geologijo, Privoz 11, 1000 Ljubljana, aleksander.horvat@ntf.uni-lj.si

<sup>2</sup>Paleontološki inštitut Ivana Rakovca ZRC SAZU, Ljubljana

<sup>3</sup>Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Ljubljana

<sup>4</sup>Geološki zavod Slovenije, Ljubljana

<sup>5</sup>Agricultural University of Athens, Dept. of Plant Science, Laboratory of Agricultural Zoology and Entomology, Athens, Greece

<sup>6</sup>University of Belgrade, Faculty of Biology, Dept. of Zoology, Belgrade, Serbia

Insekticidi, ki jih nanašajo neposredno na živež, so najbolj pogosto uporabljena sredstva za varovanje uskladiščenega živeža pred skladiščnimi škodljivci. Rižev žužek (*Sitophilus oryzae*) je kozmopolitski škodljivec in je eden izmed najbolj škodljivih in razširjenih vrst na uskladiščenih žitih tudi v Evropi. Razvil je rezistenco na nekatere insekticide, zato ga ni več mogoče uspešno zatirati s temi pripravki v odmerkih, ki bi uspešno delovali na ostale skladiščne škodljivce.

Zaradi več negativnih lastnosti, kot je toksičnost za sesalce, ostankov insekticida na živežu in pojavljanja odpornosti nekaterih škodljivcev na insekticide, so se raziskovalci usmerili v alternativne metode zatiranja škodljivcev. Med takšne postopke štejemo tudi zatiranje skladiščnih škodljivcev z diatomejsko zemljo, ki spada med okoljsko sprejemljive načine njihovega zatiranja. Diatomejska zemlja ima prednost pred insekticidi, saj ni toksična za sesalce, med predelavo se zlahka odstrani z živeža, za njen nanos se uporablja približno enaka tehnologija kot pri klasičnem nanosu insekticidov, poleg tega pa predstavlja dolgotrajno varstvo živeža pred škodljivci. Diatomejska zemlja deluje na žuželke fizikalno, zato je verjetnost za pojav rezistence žuželk nanjo majhna. Njena insekticidna učinkovitost je v veliki meri odvisna od njenega geološkega izvora. Na insekticidno delovanje diatomejske zemlje vpliva več dejavnikov, med drugimi temperatura, vlažnost, sestava diatomejske zemlje in njena koncentracija.

V raziskavi smo primerjali vzročnost med mineralno in kemično sestavo diatomejskih sedimentov ter insekticidno učinkovitost treh lokalnih diatomejskih sedimentov iz Slovenije, Grčije in Srbije ter komercialnega pripravka SilocoSec na riževega žužka. Vpliv geoloških faktorjev na insekticidno aktivnost smo ugotavljali na laboratorijskih preizkusih pri treh različnih temperaturah (15, 20 in 25 °C), dveh relativnih zračnih vlažnostih (55 in 75%) ter štirih koncentracijah vzorcev (100, 300, 500 in 900 ppm). Cilj raziskave je bil ugotoviti, ali je učinkovitost diatomejskih sedimentov iz Slovenije in Srbije, ki doslej še ni bila preučevana, primerljiva s standardom SilocoSec ter grškim vzorcem, za katere je sicer znano, da imajo visoko insekticidno aktivnost.

Glede na geokemično in mineralno sestavo lahko preiskane vzorce diatomejskih sedimentov razdelimo v dve skupini. V prvo lahko uvrstimo vzorce z visoko vsebnostjo SiO<sub>2</sub> (> 80) ter nizko vsebnostjo Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (<10%) in Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (<2%) ter z visoko vsebnostjo kremenca in opala (~70%) ter nizko vsebnostjo glinenih mineralov (<30%). V drugo skupino lahko uvrstimo vzorce z relativno nizko vsebnostjo SiO<sub>2</sub> (60-70%), višjo vsebnostjo Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (>10%) in Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

(~4%) ter nizko vsebnostjo kremenca in opala (~35%) ter visoko vsebnostjo glinenih mineralov (~60%).

Generalna statistična analiza je pokazala, da ima relativna vlaga vpliv na smrtnost riževega žužka, saj je bila povprečna smrtnost škodljivca pri 55% vlagi 80,2%, pri 75% pa 75,4%. Nasprotno smo ugotovili pri vzrocih slovenskih diatomejskih sedimentov, saj je bila v večini primerov smrtnost pri 75% vlagi bistveno večja kot pri 55% vlagi. Razlog za ta nasprotni trend lahko razložimo z višjo vsebnostjo glinenih mineralov v slovenskih vzorcih. Rezultati preiskav kažejo, da je vsebnost SiO<sub>2</sub> oziroma opala-A odločilni faktor za boljšo insekticidno delovanje, zato vzorci diatomejskih sedimentov iz različnih lokacij različno učinkovito delujejo na riževega žužka. Največjo vsebnost tako SiO<sub>2</sub> kot opala ima vzorec standarda (SilicaSec), ki se je izkazal kot najučinkovitejši preizkušani vzorec. Rezultati kažejo na prevladujoči vpliv biogene komponente (opal-A), saj se insekticidna aktivnost diatomejskih sedimentov z nižanjem vsebnosti biogenega Si, ob podobni vsebnosti SiO<sub>2</sub>, manjša.

## Hidrogeološki vidiki odkopavanja premoga v Premogovniku Velenje – obravnava posedanja prvih peskov nad premogom

Sergej Jamnikar

Premogovnik Velenje, Partizanska 78, 3320 Velenje, sergej.jamnikar@rlv.si

Odkopavanje premoga v jamah Premogovnika Velenje se izvaja po Velenjski odkopni metodi, katere glavna značilnost je odkopavanje premoga s širokimi odkopnimi čeli (do 200 m) ter s pridobivanjem podkopnega in nadkopnega, oziroma samo podkopnega dela odkopne plošče. Volumen odkopanega premoga predstavlja prostor, v katerega se tekom rušnega procesa posedajo krovinske plasti (glinene izolacijske plasti, višje ležečih prvih (pliocenskih) peskov nad premogom ter ostalih krovinskih plasti do površja).

Lega plasti prvih peskov nad premogom je bila določena na osnovi podatkov, pridobljenih ob izdelavi vrtin iz površine ter iz jamskih prog. Lega in debelina peskov je bila določena ob popisu pridobljenih jeder, iz diagramov izvedenih geofizikalnih meritev (karotaža) ter izjemoma iz vrtalskih izmenskih poročil. Med leti 1943 in 2006 je bilo izdelanih 606 vrtin, na katerih je lega in debelina peščene plasti nedvomno potrjena. Pred prvimi rudarskimi aktivnostmi v premogovem sloju je bila plast prvih peskov nad premogom v intaktnem stanju.

Izdelava enostavnega modela posejanih prvih peskov nad premogom temelji na modelu intaktnih peskov z dodano modificirano mrežo (40×40 m) v ravnini y-x ter bazo točk modificirane mreže (y, x, z - spodnja kota plasti prvih peskov nad premogom). Vozišča mreže predstavljajo točke, v katerih se spremlja spreminjanje spodnjih kot plasti prvih peskov nad premogom. Za vsako odkopano odkopno ploščo se na tlorisnem prikazu modela izbere točke modificirane mreže, ki ležijo znotraj kontur odkopane odkopne plošče. Za vsako izmed izbranih točk se v bazi popravi (zniža) kota z za vrednost, ki ustreza vrednosti realnega posedka v izbrani točki.

Z odkopavanjem se na mestih odkopanih odkopnih plošč formirajo območja lokalnih depresij, ki predstavljajo »lijake« v

plasti prvih peskov nad premogom. Zaradi vodo-nepropustne nižje ležeče glinene izolacijske plasti so v teh območjih ustvarjeni pogoji za vodne akumulacije z različnimi višinami vodnih stolpcev. Z vsako odkopano etažo se območja depresij poglobljajo, kar pomeni večanje višin vodnega stolpca, oziroma tlaka vode v prvih peskih nad premogom.

Vrednosti tlaka vode v prvih peskih nad premogom so pomembne pri izdelavi Hidrogeološkega dela projekta priprave in odkopavanja odkopne plošče, saj pomenijo enega od vhodnih podatkov pri določanju dovoljenih odkopnih višin za posamezno odkopno ploščo.

Obravnava plasti peskov nad premogom po modelu posejanih peskov prvih peskov nad premogom omogoča prikaz oblike plasti peščene plasti v odvisnosti od sprememb konfiguracije terena po odkopanih posameznih odkopnih ploščah. Modelni digitalni prikaz v izbranem času omogoča nadaljnjo obdelavo v smislu izračuna vrednosti tlaka vode v prvih peskih nad premogom ter poznavanje relativno natančnih parametrov oblike ter lege plasti prvih peskov nad premogom.

## Opredelelitev geogenih parametrov terroir-ja sorte Malvazija v vinorodnem okolju Vipavska dolina

Petra Jamšek<sup>1</sup>, Andrej Šmuc<sup>2</sup> & Franc Čuš<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana, [petra.jamsek@geo-zs.si](mailto:petra.jamsek@geo-zs.si)

<sup>2</sup>Naravoslovnotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, Ljubljana

<sup>3</sup>Kmetijski inštitut Slovenije, Ljubljana

Koncept terroir-ja združuje medsebojno interakcijo geogenih in antropogenih parametrov, ki vplivajo na tipičnost in kakovost določenega vina na določenem geografskem območju. Geogeni parametri terroir-ja so geološka podlaga, hidrogeološke in geomorfne značilnosti terena, pedološke značilnosti ter podnebje. Antropogeni parametri terroir-ja vključujejo način obdelave vinograda in proces pridelave vina.

V prvi interdisciplinarni geološko-enološki raziskavi terroir-ja v Sloveniji smo opredelili terroir sorte Malvazija (*Vitis vinifera* L.) v vinorodnem okolju Vipavska dolina na primeru vinograda Lončarjevec. V vinogradu smo raziskali dve različni vinorodni legi sorte Malvazija; zgornja lega se nahaja na sredini pobočja, spodnja pa v izravnem delu grape pod tem pobočjem. Na obeh legah smo opredelili geogene parametre terroir-ja in preverili rodnost trsov ter kakovost grozdja in vina. Ob tem smo na obeh legah zagotovili enake antropogene parametre (način obdelave vinograda, proces pridelave vina) in agrobiološke elemente (sadični material, starost trsov).

Obravnavani vinograd se nahaja na pobočju griča in ima jugovzhodno ekspozicijo in 55% naklon (24–25°). Razprostira se na nadmorski višini od 270 m do 328 m ter ima dobro osončenost in dobre drenažne pogoje. V spodnjem delu vinograd sega tudi na izravnano območje na dnu pobočja, kjer so osončenost in drenažni pogoji slabši.

Matično geološko podlago vinograda gradijo slabo prepustne eocenske siliciklastične flišne kamnine. Kot posebnost pa je v zgornjem delu vinograda med flišne vložena debela karbonatna turbiditna plast, ki deluje kot manjši vodonosnik.

Tla vinograda so vitisol oziroma rigolana (antropogena) tla z lastnostmi običajnih rigolanih tal na flišu: so homogenizirana, drobljiva, struktura je grudičasta, po zrnivosti so ilovnato glinasta z deležem skeleta do 15%, reakcija tal je nevtralna (pH = 7,0). Tla na spodnji in zgornji legi se razlikujejo le v debelini in nekoliko v mineralni sestavi. Na zgornji legi je talni horizont debel od 0,2 do 2 m, na spodnji 2–5 m. Tla v spodnjem delu vinograda sestavljata kremen, muskovit, albit in glineni minerali, v zgornjem delu pa je poleg naštetih prisoten tudi kalcit.

Makroklima vinograda je, kot je značilno za Vipavsko dolino, prehodna mediteranska z vplivi s celine. Na mikroklimo v obravnavanem vinogradu med drugim vpliva tudi morfologija zemeljskega površja (relativna višina, naklon in ekspozicija) in se razlikuje celo znotraj vinograda. Zgornja lega je deležna več sončnega obsevanja, je bolj izpostavljena burji, a manj spomladanski zmrzali kot spodnja.

Rodnost trsov smo spremljali s štetjem in tehtanjem grozdov na trs, kakovost grozdja in vina pa s fizikalno-kemijskimi analizami. Rodnost trsov je bila večja na spodnji legi, medtem ko je kakovost grozdja in vina bila boljša na zgornji legi.

Kljub zagotovljenim enakim antropogenim in agrobiološkim elementom, smo ugotovili, da se rodnost trsov ter kakovost grozdja in mladega vina pridelanega na dveh različnih legah razlikuje. Tako smo dokazali, da geogeni parametri terroir-ja vplivajo na količino in kakovost grozdja/vina že na nivoju posameznega vinograda. V primeru vinograda Lončarjevec so bistvene razlike med geogenimi parametri terroir-ja predvsem vezane na topografske značilnosti vinograda in se odražajo predvsem v različni osončenosti in količini razpoložljive vode za trse. Kljub temu pa ne moremo izključiti vpliva tudi ostalih geogenih parametrov terroir-ja, ki se med obema legama v manjši meri razlikujejo. Za podrobnejšo opredelitev vpliva posameznih geogenih parametrov terroir-ja so potrebne nadaljnje podrobne analize.

## Izdelava hidrološkega modela vodonosnika Ljubljanskega polja z uporabo geostatistike in samodejnega umerjanja parametrov

Mitja Janža

Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana, [mitja.janza@geo-zs.si](mailto:mitja.janza@geo-zs.si)

Osnovni cilj hidrološkega modeliranja je izdelava numeričnega modela, ki je verodostojen prikaz naravnega sistema. Vendar pa je sama kvantifikacija hidrološkega sistema, kot tudi njegova transformacija v numerični model podvržena napakam. Te napake, ki izhajajo iz pomanjkljivih in z napako obremenjenih meritev ter poenostavljene predstavitve naravnega sistema v numeričnem modelu, pogojujejo ne optimalne določitve vrednosti parametrov modela. Posledice tega se skušajo zmanjšati v procesu kalibracije oziroma umerjanja modela, ko se s spreminjanjem vrednosti parametrov doseže boljše ujemanje meritev in simulacij modela.

Pri izdelavi hidrogeoloških modelov, s katerimi simuliramo dinamiko podzemne vode, je najpomembnejši vir negotovosti prostorska porazdelitev hidrogeoloških parametrov vodonosnika. Ta izhaja iz omejenega števila meritev, ki so najpogosteje točkovne.

Vrednosti parametrov v prostoru med meritvami so določene posredno, v povezavi s porazdelitvijo hidrogeoloških enot, ki predstavljajo hidrogeološki model. Izdelava le-teh je v preteklosti najpogosteje temeljila na povezovanju geoloških podatkov na osnovi razumevanja procesov. Rezultat tovrstnih metod je izkustvena razdelitev vodonosnika na značilne hidrogeološke enote. Uporaba teh modelov v numeričnih hidroloških modelih ima določene pomanjkljivosti, še posebej pri kvantifikaciji parametrov in negotovosti. Alternativno tem omejitvam nudijo geostatistični pristopi, ki združujejo računske metode z geološkim znanjem in omogočajo vključitev strukturne heterogenosti vodonosnikov. Ker te metode vsebujejo tudi stohastični del, je njihov rezultat niz enako verjetnih realizacij. Zaradi obsega in kompleksnosti, je umerjanje takšnega sistema zahtevno in z metodami ročne kalibracije (zmanjševanje napake s poskušanjem različnih kombinacij vrednosti parametrov) zelo omejeno. Pri kompleksnih sistemih so učinkovitejše metode samodejne kalibracije. Te z numeričnimi optimizacijskimi tehnikami iščejo (znotraj določenega razpona) vrednosti parametrov, ki zagotavljajo s kriteriji določeno ujemanje simulacij z meritvami.

Prispevek prikazuje postopek optimizacije parametrov prostorsko razdeljenega tridimenzionalnega dinamičnega hidrološkega modela vodonosnika, ki združuje geostatistično modeliranje in metode samodejne kalibracije hidrološkega modela. Izveden je bil na primeru vodonosnika Ljubljanskega polja v okviru projekta INCOME (LIFE07 ENV/SLO/000725). Poleg metodološkega dela je prikazana tudi primerjava in vrednotenje z rezultati »tradicionalnega« modela, ki temelji na determinističnem hidrogeološkem modelu in ročnem umerjanju parametrov numeričnega hidrološkega modela.

## Properties of PSInSAR measurements in the region of the Cerkljansko and Škofja Loka hills

Mateja Jemec & Marko Komac

Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana, mateja.jemec@geo-zs.si

Recent years have witnessed an increasing number of initiatives focused on the exploitation of the space-borne synthetic aperture radar techniques in geohazard investigations. These techniques are attractive because of their capability to provide wide-area coverage (thousands km<sup>2</sup>) and, under suitable conditions, spatially dense information on small ground surface deformations. Furthermore, the advanced multi-temporal DInSAR methods such as the Permanent Scatterers Interferometry overcome the limitations of conventional DInSAR and extend the applicability of radar interferometry from regional to local-scale engineering geology investigations of landslides and ground instability in general. However, many landslides occur in environmental settings that are not well suited to the application of other techniques (e.g. vegetated slopes, steep and rough topography). Also, with the exception of urbanised slopes, the density of radar targets usable for interferometric measurements in rural regions is typically low and this makes difficult PSInSAR analysis, as well as introduces considerable uncertainties in the assessments of true ground

motions. The interpretation of the exact geological significance of millimetric to centimetric (per year) displacements currently detectable by PSInSAR can be very challenging, because i) very slow ground surface deformations may arise from a wide variety of natural and anthropogenic causes and, ii) most radar targets correspond to man-made object and thus their structural behaviour (and ground-foundation interactions) should be taken into account.

In total, 67 ERS scenes acquired between 1992 and 2000 by the ESA sensors along descending orbits were used for the interferometric and statistical analyses of the Škofja Loka and Cerkljansko area. About 2787 PS were identified, which correspond to outcrops and man-made structures such as building, poles and antenna. The geocoding accuracy of the PS locations was around +15 m easting and +4 m in the north-south direction, while the estimated accuracy of the elevation values was usually better than 2 m. The line of sight direction (LOS) displacement rates vary from +7,26 to -18,75 mm/yr and are relative to a reference point located in the town Železniki and assumed motionless.

Two types of PS analyses were performed: Standard Permanent Scatterers Analysis (SPSA) and Advanced Analysis (APSA). The SPSA is suitable for mapping the territory at a regional scale, in order to identify unstable areas that deserve further detailed studies. PS are detected and their average velocity is then estimated by an automatic procedure, allowing to process large amounts of data relative to large areas in a limited period of time. A linear motion model is searched and the information about the linear velocity is extracted. The APSA is suitable for small areas where a full exploitation of the information content of the satellite data is required. With APSA it is possible to search for nonlinear motions and for PS with variable characteristics in time, significantly increasing the PS density. Motions vs. time series were provided for all advanced PS. Based on the terrain properties, displacement of permanent scatterers in line of sight were calculated basic statistical properties and concluded that the correlations of temporal displacement series of permanent scatterers were highly dependent on lithology, land use, slope, aspect, distance from geological structures and distance from water.

## Vpliv evstatičnih in tektonskih dogodkov na zgornjekredno dinamiko sedimentacije na severnem obrobju Jadranske karbonatne platforme: primer z Nanosa

Jernej Jež<sup>1</sup> & Bojan Otoničar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana, jernej.jez@geo-zs.si

<sup>2</sup>Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Postojna

V zgornjekrednih sedimentnih zaporedjih severnega dela Jadranske karbonatne platforme (JKP) se odraža izrazita diferenciacija sedimentnih okolij, ki ni le posledica položaja določenega zaporedja glede na pozicijo na platformi (zunanji vs. notranji deli platforme) temveč tudi vplivov zunanjih dejavnikov, globalnega evstatičnega nihanja morske gladine in regionalnih tektonskih dogodkov. V prispevku so podani rezultati stratigrafsko-sedimentoloških

raziskav dveh geoloških profilov, ki zajemata okoli 900 m debelo zaporedje karbonatnih kamnin na jugozahodnem obrobju Nanosa ter interpretacija vplivov evstatično-tektonskih dogodkov na relativno nihanje morske gladine med albijem in maastrichtijem.

Spodnjih 300 m raziskovanega zaporedja gradijo mikritni lagunski apnenci s pogostimi periplimskimi značilnostmi, ki so se odložili v relativno stabilnem zelo plitvem okolju notranje platforme. V spodnjem in srednjem cenomaniju se je sedimentacijsko okolje na raziskovanem območju poglobilo, kar se odraža v sedimentaciji hemipelagičnih apnencev. Odlagali so se v intraplatformnem bazenu, ki so ga naposled postopoma zapolnili biokalkarenitni ter biokalkruditni apnenci. Razlike v debelini hemipelagičnih (60-250 m) in bioklastičnih apnencev (90-200 m) ter časovnem razponu njihovega odlaganja kažejo na različen položaj raziskanih profilov glede na topografijo bazena ter različno življenjsko dobo bazena na vsakem od raziskanih območij/profilov. V zgornjem cenomaniju so se na obeh raziskovanih območjih ponovno vzpostavili pogoji plitvomorske sedimentacije s pogostimi znaki medplimskih sedimentacijskih okolij. Na prehodu cenomanija v turonij se v obeh profilih na Nanosu pojavi 30 m oziroma 60 m debela sekvenca podplimskih bioklastičnih apnencev, ki kaže v primerjavi s sočasno potopitvijo večine notranjih delov JKP relativno neizrazito poglobitev okolja sedimentacije. Sledi turonijsko zaporedje plitvomorskih apnencev, ki je odrezano z neizrazitim paleokraškim površjem zaznamovanim s tankimi lečami in polami oolitnega boksita. Obdobje emerzije in kraška denudacija sta ustvarili stratigrafsko vrzel, ki obsega obdobje od turonija do zgornjega santonija. V zgornjem santoniju je transgresija na Nanosu, tako kot na večini drugih območij severnega obrobja JKP, preplavila paleokraško površje. Plitvomorskim apnencem z znaki periplimskih pogojev sedimentacije, ki ležijo neposredno na paleokraškem površju, je hitro sledila sedimentacija bioklastičnih apnencev, pri čemer pogosto pojavljanje kalcifer nakazuje vpliv odprtega morja. V campaniju in maastrichtiju so se višjeenergijski grobozrnati litofaciesi odlagali na območju notranje do osrednje karbonatne rampe, medtem ko v najmlajših delih zaporedja leče nekoliko drobneje zrnatih litofaciesov, ki vsebujejo tudi kalcisfere in planktonske foraminifere, nakazujejo prehode iz osrednjih delov v zunanje dele rampe.

Nastanek intraplatformnega bazena v spodnjem do srednjem cenomaniju, turonijska okopnitev s paleokrasom ter postopno poglobljanje akomodacijskega prostora v campaniju in maastrichtiju sovpadajo z regionalnimi geotektonskimi dogodki, medtem ko lahko poglobljanje sedimentacijskega prostora na meji cenomanij/turonij in santonij/campanij povezujemo z globalnimi evstatičnimi dogodki. Dokaz spremenjenih fizikalno-kemijskih razmer v oceanih na meji cenomanij/turonij je tudi krivulja stabilnih ogljikovih izotopov katere izrazito pozitiven trend je primerljiv z referenčnimi krivuljami sočasnih sedimentnih zaporedij na drugih karbonatnih platformah. Čeprav glavne razloge turonijske okopnitve pripisujemo tektonskim deformacijam (dviganje obrobja platforme ter sočasno pogrezanje njenih notranjih delov), je najverjetneje imel vpliv na njen začetek in obseg tudi evstatični padec morske gladine v zgornjem turoniju. Campanijsko in maastrichtijsko poglobljanje sedimentacijskega prostora lahko že povezujemo s tvorbo predgorskega (foreland) flišnega bazena in s tem povezane postopne retrogradacije karbonatne platforme.

## Geološka karta severnega dela Tržaško-komenske planote 1:25.000

**Bogdan Jurkovšek**

*Geološki zavod Slovenije, Dimičeva 14, 1000 Ljubljana, bjurkovsek@geo-zs.si*

Geološka karta severnega dela Tržaško-komenske planote predstavlja sestavni del široko zastavljenih regionalnih geoloških raziskav Republike Slovenije. Raziskave so potekale v okviru raziskovalnega programa Regionalna geologija, ki ga izvaja Geološki zavod Slovenije ob sofinanciranju Agencije za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije.

Tržaško-komenska planota se razprostira v dinarski smeri (NW-SE) nad Tržaškim zalivom na skrajnem severnem koncu Jadranskega morja. Bolj je znana pod imenom Kras, ki zaseda med slovenskim kraškimi regijami posebno mesto, saj je po pokrajinskemu imenu nastal mednarodni strokovni izraz kras (karst) in bil sprejet skupaj s prvo predstavo o tem kaj je kras.: »kamnita pusta goličava z na gosto posejanimi vrtačami«.

V širšem geotektonskem smislu je ozemlje Tržaško-komenske planote sestavni del Zunanjih Dinaridov, ki danes predstavljajo kraško ozemlje dela Italije, Slovenije, Hrvaške, Bosne in Hercegovine, Črne gore in Albanije. V paleogeografskem smislu so današnji Zunanji Dinaridi, kamor spada tudi večji del jugozahodne Slovenije, pripadali Jadransko-dinarski karbonatni platformi, ki je bila ena od največjih mezozojskih platform perimediteranskega prostora. V splošnem velja, da je bila Jadransko-dinarska karbonatna platforma geotektonsko razmeroma stabilna, brez večjih paleogeografskih in paleoekoloških sprememb ter je vse do njenega razpada v zgornji kredi in paleogenu uspešno vzdrževala ravnotežje med globalnimi spremembami morske gladine in vplivi sinsedimentarne tektonike znotraj dinamičnega področja med Lavrazijo in Gondvano. Kamnine Tržaško-komenske planote, ki so nastajale na notranjem delu platforme pričajo o njeni paleogeografski homogenosti.

Geološka karta severnega dela Tržaško-komenske planote (Jurkovšek, 2008) s pripadajočim tolmačem (Jurkovšek, 2010) nadgrajuje Formacijsko geološko karto južnega dela Tržaško-komenske planote 1:50.000 (Jurkovšek et al., 1996), saj je prav na severnem delu Krasa razvitih nekaj formacij in členov, ki so ključni za razumevanje posameznih še nejasnih vprašanj o kredni evoluciji severnega dela Jadransko-dinarske karbonatne platforme. Iz geološke karte so razvidni vsi pomembnejši geološki dogodki lokalnega, regionalnega in globalnega značaja. Med slednjimi so najpomembnejši aptijsko-albijska emerzijska faza in z njo začetek nove megasekvence na karbonatni platformi, cenomanijsko-turonijska pelagična epizoda s sočasnim vplivom drugega krednega oceanskega anoksičnega dogodka (OAE2), santonijsko-campanijska pelagična epizoda s približno sočasnim vplivom tretjega krednega oceanskega anoksičnega dogodka (OAE3) in zgornjekredna emerzija, ki predstavlja zgornjo mejo megasekvence. Na karti so redefinirane maastrichtijske in paleogenske plasti, ki so v skladu z novjšimi dognanji uvrščene v Kraško grupo (Košir, 2003). Eocenske hemipelagične plasti (prehodne plasti) in globokvodni bazenski klastiti (fliš), ki ležijo na obrobju Krasa, predstavljajo konec platformske sedimentacije, zato so obravnavani le informativno.



Pomemben prispevek s področje paleontologije in stratigrafije predstavlja raziskava laminiranih in ploščastih z organsko snovjo bogatih apnencev kot so Komenski apnenec (KA), Komenski apnenec s pelagičnimi fosili (KPA) in Tomajski apnenec (TA), ki se pojavljajo znotraj različnih formacij od cenomanija do zgornjega santonija, ponekod do campanija. Te plasti so bile že v preteklosti zanimive kot potencialne matične kamnine ogljikovodikov. Danes so po zaslugi nove geološke karte jasno stratigrafsko definirane, kar omogoča poleg študija njihove geneze tudi stratigrafsko in evolucijsko revizijo novih in zgodovinskih najdb fosilnih vretenčarjev (zlasti fosilnih rib).

S pomočjo podrobnih biostratigrafskih raziskav je bilo mogoče zelo natančno dopolniti poznavanje strukturno-tektonsko zgradbe Komenske narivne grude (Placer, 2008) saj zaradi navidez monotone karbonatne zgradbe ozemlja doslej marsikje ni bilo mogoče natančno definirati lego litostratigrafskih enot v prostoru in premikov, zlasti ob močnih dinarsko usmerjenih regionalnih prelomih.

Karta je izdelana po formacijskem principu, ki temelji na spoznanjih moderne sekvenčne stratigrafije. Terensko kartiranje je bilo za razliko od prejšnjih kart opravljeno na kartah podrobnejšega merila (1:5.000), ki so predstavljale tudi osnovo za zajem v GIS okolje.

#### Literatura:

- Jurkovšek, B., (2008). Geološka karta severnega dela Tržaško-komenske planote 1:25.000 / Geological Map of the Northern Part of the Trieste-Komen Plateau (Slovenia) 1:25.000. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana.
- Jurkovšek, B., (2010). Geološka karta severnega dela Tržaško-komenske planote 1:25.000; Tolmač / Geological Map of the Northern Part of the Trieste-Komen Plateau (Slovenia) 1:25.000; Explanatory Book. Geološki zavod Slovenije, Ljubljana.
- Jurkovšek, B., Toman, M., Ogorelec, B., Šribar, L., Šribar, Lj., Poljak, M. & Drobnr, K. (1996). Formacijska geološka karta južnega dela Tržaško-komenske planote 1:50.000 : kredne in paleogene karbonatne kamnine / Geological map of the southern part of the Trieste-Komen Plateau 1:50.000 : Cretaceous and Paleogene carbonate rocks. Inštitut za geologijo, geotehniko in geofiziko, 143 p., Ljubljana.
- Košir, A. (2003). Litostratigrafska revizija zgornje krede in paleogena v jugozahodni Sloveniji. Geološki zbornik 17: 92-98, Ljubljana.
- Placer, L. (2008). Principles of the tectonic subdivision of Slovenia. Geologija 51/2: 205-217, Ljubljana.

## Fosilna dvoživka iz spodnjetriasnih plasti Julijskih Alp

Tea Kolar-Jurkovšek<sup>1</sup>, Bogdan Jurkovšek<sup>1</sup> & Spencer G. Lucas<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ul. 14, 1000 Ljubljana, tea.kolar-jurkovsek@geo-zs.si

<sup>2</sup>New Mexico Museum of Natural History and Science, New Mexico, ZDA

Za spodnjetriasne plasti celotne zahodne Slovenije so značilne karbonatno-klastične kamnine, ki so nastajale na tedaj še enotni Slovenski karbonatni platformi (Buser et al., 2008). Julijske Alpe v strukturnem smislu spadajo v vzhodni del Južnih Alp (Placer, 1999), v okviru katerega je v slovenskem delu največja narivna enota Nariv Julijskih Alp (Jurkovšek, 1987a,b; Placer, 2008), ki vključuje plasti od spodnjega triasa do krede, njegov večji del pa je zgrajen iz zgornjetriasnih karbonatov. Spodnjetriasne plasti se

pojavljajo na širšem prostoru Julijskih Alp v obliki ozkih pasov, pogosto znotraj manjših tektonsko omejenih lusk.

Fosilna kost dvoživke je ležala v spodnjetriasnih plasteh Studorskega prevala (1892 m), jugovzhodno od Triglava, v eni od najvišjih tektonskih lusk Nariva Julijskih Alp. Spodnji del plasti je v tektonskem kontaktu z norijsko-retijskim Dachsteinskim apnencem, medtem ko navzgor preko rahlo tektonizirane meje zvezno prehajajo v anizijski apnenec in dolomit. V spodnjetriasnih plasteh Studorskega prevala prevladuje menjavanje dolomita, apnenca, laporastega apnenca in laporovca. V posameznih plasteh je pogosta značilna spodnjetriasna makrofavna, v kateri poleg polžev in školjk prevladujejo slabo ohranjeni amoniti rodu Tirolites. Od mikrofosilov so prisotni konodontni elementi rodu Neospathodus, ki so značilni za olenekijsko stopnjo.

Fosilna kost je bila najdena na najvišji točki Studorskega prevala, v kosu olivno sivega mikritnega apnenca. Fragment kosti je paličast element s povečanim sklepnim delom in odlomljeno cevko z drobno strukturo, ki je deloma jamičasta in radialna. Določen je kot proksimalni del rebra temnospodilne dvoživke, verjetno kapitozavra (družina Capitosauridae) (Lucas et al. 2008). Kapitozavri so bili razmeroma primitivni labirintodontni amfibiji z le deloma okostenelimi vretenci. Dosegli so precejšnjo dolžino, saj so od glave do konca repa merili do 2 m, kar ocenjujemo na osnovi izkopanih okostij drugod po svetu. Fosili temnospodilnih dvoživk v morskih spodnjetriasnih kamninah so znani iz Grenlandije, Spitzbergov (Svalbard) in Madagaskarja (Lucas & Heckert 2000). Gre za trematozavre, ki so bili verjetno evrihalini in so zato »avtohtoni« v plitvomoških sedimentih, znane pa so tudi najdbe izključno sladkovodnih dvoživk, ki so se posmrtno znašle v morskem okolju; med temi je na primer temnospodil *Parotosuchus* iz morskih plasti olenekijske starosti polotoka Mangyshlak v zahodnem Kazahstanu (Lozovsky & Shishkin 1974). Način življenja teh velikih dvoživk je bil verjetno podoben njihovim današnjim plazilskim sorodnikom, aligatorjem.

Izolirana fosilna kost temnospondila v spodnjetriasnih plasteh s Studorskega prevala predstavlja prvo najdbo fosila dvoživke v Sloveniji, velik pa je njen pomen v poznavanju in geografske razširjenosti prvih mezozojskih dvoživk v svetu, saj gre za peto najdišče morskih spodnjetriasnih temnospondilov na svetu.

#### Literatura:

- Buser, S., Kolar-Jurkovšek, T., Jurkovšek, B. (2008). Slovenian Basin during Triassic in the light of conodont data. *Boll. Soc. Geol. Ital.* 127(2): 257-263.
- Jurkovšek, B. (1987a). Osnovna geološka karta SFRJ, Lista Beljak in Ponteča, 1:100.000. Zvezni geološki zavod, Beograd.
- Jurkovšek, B. (1987b). Tolmač listov Beljak in Ponteča L33-51 L33-52. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000. Zvezni geološki zavod, Beograd, 1-58.
- Lozovsky V. R. & Shishkin M. A. (1974): Pervaya nakhodka labirintodontov v nizhnem Triase Mangyshlaka [First discovery of a labyrinthodont in the Lower Triassic of Mangyshlak]. *Doklady Akademii Nauk SSSR* 214: 169-172.
- Lucas S.C., Kolar-Jurkovšek T. & Jurkovšek B. (2008). First record of a fossil amphibian in Slovenia (Lower Triassic, Olenekian). *Riv. It. Paleont. Strat.*, 114(2): 323-326, Milano.
- Lucas S. G. & Heckert A. B. (2000). Biochronological significance of Triassic nonmarine tetrapod records from marine strata. *Albertiana* 24: 27-32.
- Placer L. (1999). Contribution to the macrotectonic subdivision of the border region between Southern Alps and External Dinarides. *Geologija* 41 (1998): 223 - 255, Ljubljana.
- Placer L. (2008). Principles of the tectonic subdivision of Slovenia. *Geologija* 51/2: 205-217, Ljubljana.

## Vrednotenje modelirnih mas za restavriranje Peračiškega tufa

Lidija Korat<sup>1</sup>, Alenka Mauko, Breda Mirtič,  
Ana Mladenovič & Sabina Kramar

<sup>1</sup>Zavod za gradbeništvo Slovenije, Dimičeva 12, 1000 Ljubljana,  
lidija.korat@gmail.com

Na področju konserviranja in restavriranja spomenikov iz naravnega kamna težimo k uporabi materialov, ki naj bi bili čim bolj kompatibilni z originalnim materialom. Na Gorenjskem se je v preteklosti kot gradbeni material veliko uporabljal andezitni tuf. Njegova uporaba sega že v čas Rimljanov, kar dokazujejo najdbe v arheološkem najdišču Mošnje. Tuf so predvsem uporabljali za gradnjo stopnic, vogalnih stebrov na objektih, okenskih okvirjev in portalov. Večina različkov tufa ni dovolj odporna na dejavnike okolja, zato močno propadajo. Na mestih, kjer so izdelki močno poškodovani, jih je potrebno utrditi, nadomestiti z ustrežno modelirno maso ali svežo kamnino. Namen raziskave je bil razviti recepturo ustrežne kompatibilne modelirne mase, ki bi imela lastnosti čim bolj podobne dvema različkoma tufa. Najprej so bile določene lastnosti dveh litotipov tufa iz okolice Peračice, drobnozrnatega ter debelozrnatega tufa iz Bogatajevega kamnoloma in kamnoloma Črnivec. Petrografska analiza je bila izvedena z metodo optične mikroskopije. Fizikalne in mehanske lastnosti so bile določene s plinsko sorpcijo, absorpcijo vode zaradi kapilarnega dviga, vpijanem vode pri atmosferskem tlaku, tlačno trdnostjo, odprto poroznostjo ter odpornostjo na kristalizacijo soli. Da bi razvili ustrežno modelirno maso, smo pripravili mešanice drobljenega tufa ter kremenca z različno zrnastostjo in masnimi razmerji. Za vezivo smo uporabili etil silikat. Izmed mešanic smo izbrali šest vizualno najustrežnejših za nadaljnje preiskave. Na teh vzorcih so bile izvedene preiskave fizikalno-mehanskih lastnosti, torej sama absorpcija vode zaradi kapilarnega dviga, vpijanje vode pri atmosferskem tlaku, tlačna trdnost, odprta poroznost ter odpornost na kristalizacijo soli. Preliminarni rezultati so pokazali, da je z ustrežno kombinacijo kremenca, tufa in etil silikata možno izdelati kompatibilne nadomestne modelirne mase, ki imajo primerljive lastnosti kot primarna različka tufa, tako v vizualnem pogledu kot v fizikalno-mehanskih lastnostih. Seveda bo potrebno skozi restavratorske posege te materiale evaluirati tudi na mestu vgradnje samem, tako s stališča vgradljivost kot njihove dolgoročne obstojnosti.

## Moonmilk stalactites: mainly water, some microfibrillar calcite – what holds them together?

Adrijan Košir<sup>1</sup>, Andrea Martín Pérez<sup>2</sup> & Bojan Otoničar<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Paleontološki inštitut Ivana Rakovca ZRC SAZU, Novi trg 2,  
SI 1000 Ljubljana, adrijan@zrc-sazu.si

<sup>2</sup>Instituto de Geología Económica, Departamento de Petrología y Geoquímica,  
CSIC-Universidad Complutense Madrid, Spain

<sup>3</sup>Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Postojna

Moonmilk is a generic term for soft, fragile, microcrystalline aggregate speleothems with high porosity and variable, generally

carbonate mineralogy. Hydrated moonmilk has a distinctive pasty and plastic texture with water content typically ranging from 40 to 85%, whereas dry moonmilk is characterized by powdery and crumbly texture. The most common and abundant moonmilk deposits are composed of calcite (>90% of their solid part) and occur in several morphological varieties of speleothems: isolated patches or extensive veils (mm to dm thick) coating the cave walls, ceilings and floors; flowstones; stalactites; and subaqueous spherical aggregates in cave ponds ("cottonballs"). Calcite moonmilk microfabric normally consists of microcrystalline aggregates of needle fiber calcite (NFC) and calcite nanofibers. The origin of moonmilk is controversial since the fibrous calcite morphologies have been attributed to either (microbial) biomineralization or purely physicochemical processes.

We present a distinctive type of calcite moonmilk, forming large, cylindrical and club-shaped stalactites of soft consistency. They have been studied in two caves in Slovenia, both known for their moonmilk speleothems: Brezno za hramom Cave (Mt. Hrušica, ~10 km NW of Postojna; altitude 650 m a.s.l.), and Snežna jama Cave (Mt. Raduha in the Kamnik-Savinja Alps; cave altitude between 1500 and 1600 m a.s.l.). Water temperature, pH, and conductivity were measured in situ from drips collected under the stalactites. Moonmilk deposits were sampled with small box cores, in-situ fixed with glutaraldehyde, dehydrated using different techniques, and examined with SEM and XRD. In selected unprocessed samples, the water content was determined by weighting fresh and dehydrated material.

The stalactites hang from the walls and ceilings coated with moonmilk veils, generally aligned along joints and at isolated point sources of seepage water. They are cylindrical, bell-shaped, club-shaped or bulbous, yet all the shapes are characterized by a flat (cut-off) base. The stalactites are up to 1 m long and up to 0.5 m in diameter. They are white or brownish due to clay impurities. XRD analysis shows that they are composed of almost pure low-Mg calcite. Mineral fabric of the stalactite moonmilk, observed under SEM, consists of irregular, sponge-like 3-dimensional mesh of monocrystalline NFC (0.5-2 µm wide and up to 500 µm long), polycrystalline NFC, flexible calcite nanofibers (50-100 nm wide), tubular structures (2-10 µm in diameter), and mineralized microbes. The studied stalactites were all entirely waterlogged, containing 80-94% of water.

In general, two textural types of moonmilk can be distinguished in the stalactites. NFC-dominated moonmilk appears as aggregates of microfibrils with no preferred orientation. NFC crystals are mostly uncemented or only weakly cemented by interwoven rhombohedral overgrowths or intertwined nanofibers, apparently giving very limited structural support for the stalactite growth. The second type consists of patches, built almost entirely of interlaced calcite nanofibers, exhibiting dense structure and a high potential of water retention. Similarly, this second type provides no stable structural basis since nanofibers tend to collapse instantly upon dehydration. However, films of mucilaginous substances remaining after simple air-drying of samples indicate relatively large amounts of organic material, presumably extracellular polymeric substances secreted by microorganisms in moonmilk.

Many studies have shown positive association between calcite moonmilk deposits and the presence of microbes. Apart from microbial involvement in the nucleation of crystal growth and

biologically induced mineralization, microbially produced organic substances can act as cohesive and adhesive agents in soft, structurally metastable speleothems such as moonmilk

## Preliminarne raziskave izvora naravnega kamna iz arheološkega najdišča Mošnje

Mateja Košir<sup>1</sup>, Snježana Miletić<sup>2</sup>, Sabina Kramar<sup>3</sup>, Judita Lux<sup>4</sup>, Duška Rokavec<sup>5</sup> & Nina Zupančič<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Jazbine 8, 4223 Poljane nad Škofjo Loko, kossir.mateja@gmail.com

<sup>2</sup>Naravoslovnotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, Ljubljana

<sup>3</sup>ZVKDS, Center za konservatorstvo, Restavratorski Center, Ljubljana

<sup>4</sup>ZVKDS, Center za konservatorstvo, Center za preventivno arheologijo, Regionalna enota Kranj, Kranj

<sup>5</sup>Geološki zavod Slovenije, Ljubljana

<sup>6</sup>Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geologijo, Univerza v Ljubljani, Ljubljana

Arheološko najdišče Mošnje leži na savski terasi med naseljema Mošnje in Globoko. Odkrito je bilo ob nadzoru gradbenih del na trasi takrat bodočega avtocestnega odseka Vrba–Peračica. Najdišče predstavlja rimsko podeželsko vilo, ki jo je sestavljalo pet zidanih objektov v celoto povezanih z opornim zidom, potisnjenim v ježo zgornje terase. Pri zidavi vile so za nekatere elemente (stopnice, zid, pragovi, ognjišča) uporabili različne kamnine. Iz naravnega kamna so tudi številne druge najdbe kot so sončna ura, možnarji, žrmlje in mozaične kocke.

Glavni namen raziskave je določiti vrsto in različke naravnega kamna uporabljenega v Mošnjah ter ugotoviti njihovo izvorno lokacijo. Arheološke artefakte smo makroskopsko pregledali in sistematsko razdelili v osnovne skupine kamnin. Kjer je bilo potrebno in možno smo izdelali tudi zbruske, posneli rentgenske difraktogramе in vzorce pregledali pod SEM/EDS.

Na arheološkem najdišču se kot gradbena surovina najpogosteje pojavlja naravni kamen, ki so ga uporabljali kot osnovni gradbeni material za izdelavo vogalov zidov, tlakov in ognjišč. Manjši predmeti so bili izdelani iz kremenovega peščenjaka in keratofirja (žrmlje), delno tudi iz kremenovega konglomerata.

Provenienco kamnin, ki so služile kot naravni kamen za zidavo vile in izdelavo različnih predmetov, smo skušali ugotoviti s primerjavo arheološkega materiala s kamninami iz opušenih in delujočih kamnolomov v oddaljenosti približno 20 km od najdišča. Poiskali smo lokacije kamnolomov na tem območju ter odvzeli vzorce kamnin za primerjalno analizo. Pregledali smo tudi prodišča Save v bližnji okolici, ki jih bomo še natančno opisali (velikost blokov, litološka raznolikost). Glede na možnost enostavnega transporta kamnitega materiala od prodišča, obstaja verjetnost, da je del sedimentnega materiala prinesen z najbližjih savskih teras.

Največji delujoči kamnolom na tem območju je v bližini Kamne Gorice v vzhodnem pobočju Jelovice, s starim poimenovanjem »Fajfa«. V njegovem spodnjem delu pridobivajo triasne keratofirje kot tehnični kamen za obrabne plasti cestnišč (slednji so močno sekundarno spremenjeni) ter triasne apnenice in dolomite, ki ležijo v naravnem kontaktu nad keratofirji.

Oligocenske piroklastite (tufe), so in se delno še vedno, pridobivajo v Bogatajevem, Pernuševem in Klinarjevem kamnolo-

mu. Bogatajev kamnolom je največji in v njem so pred kratkim potekale raziskave za ugotovitev količine zaloga in ekonomske upravičenosti ponovnega odprtja. V njem smo našli sledove pridobivanja kamninskih blokov s klesanjem (tool marks). Ostali kamnolomi so manjši in namenjeni predvsem lokalni uporabi.

Z mineraloškim in petrološkim analizami bomo skušali potrditi lokalni izvor keratofirja, tufov in sedimentnih kamnin. Pridobljeni podatki bodo pripomogli k boljšemu razumevanju pridobivanja in uporabe gradbenega materiala v rimskem obdobju na slovenskih tleh, predvsem pa pri razreševanju vprašanja, ali so za gradnjo zadostovala ležišča kamnin v okolici objekta oz. so bile surovine mogoče uvožene (pripeljane iz bolj oddaljenih nahajališč). Podatki bodo pripomogli tudi pri vzpostavitvi baze o uporabi različnih kamnin ter njihovem izvoru na slovenskih tleh glede na različna arheološka obdobja ter geografsko lego.

## Mercury emissions due to tectonic activity and its accompanying phenomena

Jože Kotnik & Milena Horvat

Institut »Jožef Stefan«, Odsek za znanosti o okolju, Jamova 39, SI-1000 Ljubljana, joze.kotnik@ijs.si

Physical-chemical properties and transformation ability of mercury and its compounds under natural conditions are responsible that this element is present at various concentrations in all environmental compartments in the world. At room temperature elemental mercury is volatile and can therefore be subjected to long range transport and it is also considered as a global pollutant, particularly when its emissions are related to human activities. Beside anthropogenic it can be also of natural origin. Natural sources are evaporation from land and waters, forest fires, ores that are enriched by Hg, tectonic, seismic and volcanic activity. The portion of naturally emitted mercury into the global atmosphere is relatively high in comparison to anthropogenic emissions. It is estimated that natural emissions are between 2.000 and 5.220 tones per year. Naturally enriched areas with Hg are mostly connected to tectonic plate margins and can be divided into three Hg enriched planetary belts: Pacific, Mediterranean and Asian. Mediterranean region has several Hg deposits, among them there are also three biggest word mercury mines including former mercury mine in Idrija. Tectonic activity with its accompanying phenomena and geologic sources can importantly contribute to local and global Hg emissions and influence its cycle in the environment. Technologically enhanced mercury emissions in areas with elevated natural mercury represent specific problems as the levels of mercury frequently exceed legally accepted limits.

Degassing thru active faults zone are consequence of complex radiogenetic, thermal and geodynamic processes in Earth crust. Due to increased stone permeability and porosity, active tectonic faults act as drainage from Earth crust thru which gasses (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S, H<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>, Rn, He, Ne, Ar in Hg) and underground water are trickled thru surface. Tectonic tensions influence water and gasses pore pressure and with that on migration processes towards the surface. Most important emitted gas from bed rock is CO<sub>2</sub> accompanied with other gasses such as N<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> and H<sub>2</sub>, that

are carrying gasses for noble gasses (Rn, He, Ne, Ar) and easily volatile metals (Hg, As in Sb). Concentration of certain metal or noble gas in soil or thermal spring gasses is connected to lithologic composition of fault system and spring. Recent tectonics or seismic events prevent pore and cracks closing in the bed rock and enable high enough porosity and permeability for migration towards the surface. Volcanic gas emissions may be rich in different Hg forms.

Natural sources of Hg remain very poorly understood or accounted for in the global and regional mercury budgets. One of the very important aspects of mercury presence in the environment is to understand mercury potential for transformation, especially (1) reduction of inorganic mercury to elemental mercury which contributes to emission to the atmosphere and (2) methylation of inorganic mercury to monomethylmercury which tends to bioaccumulate in biota and represents the main risk for human and ecosystem health. In sensitive areas of these ecosystems such transformations are not only triggered by the presence of mercury alone, but can be induced by inappropriate land and natural resource management procedures. Therefore, such contaminated sites require in-depth understanding of sources and fate of mercury in order to properly manage and prevent potential harmful effects of mercury on human health and ecosystem.

Natural sources of Hg remain very poorly understood or accounted for in the global and regional mercury budgets. One of the very important aspects of mercury presence in the environment is to understand mercury potential for transformation, especially (1) reduction of inorganic mercury to elemental mercury which contributes to emission to the atmosphere and (2) methylation of inorganic mercury to monomethylmercury which tends to bioaccumulate in biota and represents the main risk for human and ecosystem health. In sensitive areas of these ecosystems such transformations are not only triggered by the presence of mercury alone, but can be induced by inappropriate land and natural resource management procedures. Therefore, such contaminated sites require in-depth understanding of sources and fate of mercury in order to properly manage and prevent potential harmful effects of mercury on human health and ecosystem.

### Characterization of Roman pottery from an archaeological site near Mošnje

Sabina Kramar<sup>1</sup>, Nastja Rogan-Šmuc<sup>2</sup>, Ana Mladenovič<sup>3</sup>, Matej Dolenc<sup>2</sup>, Helmut Pristacz<sup>4</sup>, Breda Mirtič<sup>2</sup> & Judita Lux<sup>5</sup>

<sup>1</sup>ZVKDS, Restavratski center, Poljanska 40, 1000 Ljubljana, sabina.kramar@rescen.si

<sup>2</sup>University of Ljubljana, Faculty of Natural Sciences and Engineering, Department of Geology, Ljubljana, Slovenia

<sup>3</sup>Slovenian National Building and Civil Engineering Institute, Ljubljana, Slovenia

<sup>4</sup>University of Vienna, Institute of Crystallography and Mineralogy, Austria

<sup>5</sup>Institute for the Protection of Cultural Heritage of Slovenia, Conservation Centre, Preventive Archaeology Department, Kranj, Slovenia

This study deals with the characterization of pottery from an archaeological site near Mošnje in northwestern Slovenia. Pottery excavated in a Roman villa rustica was investigated in order to

determine the mineralogical characteristics of the raw materials and to elucidate the manufacturing technologies. The results of these analyses were also used to determine the provenance of the pottery, which is important from the point of view of the study of ancient trade and of many other issues. Samples of pottery were selected from closed stratigraphic units, which correlate to the time between the early Roman to late Roman periods. Only those samples of pottery which were considered to be local products were selected for the study. The samples were examined using optical microscopy, X-ray powder diffraction, SEM-EDX and chemical analysis. The body colour of the investigated pottery ranges from dark brown to light brown, reddish yellow and pale brown. The results revealed that the pottery differed in its mineral and chemical composition. Differences in the texture, as well as in the size and grain distribution, were observed. In general, the investigated samples were divided into two groups: (i) pottery made from clay with low plasticity (coarse grained calcite was added) (ii) pottery with a predominantly silicate fabric. Coarse-grained calcite was observed in the pottery of dark grey or black colour. The mineral composition determined by XRD revealed the presence of quartz, feldspar, illite/muscovite, hematite, magnetite, calcite and dolomite. The major element composition conforms to the mineral composition. Thus, pottery with a higher content of calcite showed a higher content of CaO and a higher LOI. The correlation matrix of major elements exhibits a positive correlation between  $\text{SiO}_2$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$ - $\text{Fe}_2\text{O}_3$ - $\text{Na}_2\text{O}$ - $\text{K}_2\text{O}$ - $\text{TiO}_2$ - $\text{Cr}_2\text{O}_3$ - $\text{Ni}$ - $\text{Sc}$ . On the other hand, CaO and LOI exhibit a negative correlation with these elements.

### Spodnjekredni karbonatni turbiditi pri Bohinju kot dokaz za obstoj izolirane karbonatne platforme v Notranjih Dinaridih

Duje Kukoč, Špela Goričan & Adrijan Košir

Paleontološki inštitut Ivana Rakovca ZRC SAZU, Novi trg 2, SI-1000 Ljubljana, duje@zrc-sazu.si

V okolici Srednje vasi pri Bohinju smo preučevali sestavo breč in kalkarenitov v zaporedju biancone apnencev. Starost zaporedja smo določili z radiolariji. V mezozoiku je bilo ozemlje del Blejskega jarka, ki se je nahajal na distalnem delu kontinentalnega roba Jadranske plošče in je bil od Dinarske karbonatne platforme bolj oddaljen kot Tolminski jarek. Kamnine Blejskega jarka torej pripadajo najbolj notranji dinarski coni, ohranjeni na območju Slovenije. Jursko zaporedje sestavljajo spodnjejurski apnenci z ehinodermi (hierlaški facies) ter srednje in zgornjejurski plastoviti radiolarijski roženci in glinavci. V spodnji kredi si sledijo biancone apnenci, menjavanje laporjev in glinavcev ter na vrhu siliciklastiti z ofiolitnim drobirjem in z olistoliti apnenca. Biancone apnenci so približno 40 m debela serija plastovitih pelagičnih apnencev z vmesnimi plastmi karbonatnih turbiditov.

Preučevani profil je odkrit ob cesti, ki pelje od Studorja na Uskovnico. Spodnji del profila sestavljajo radiolarijski apnenci (strukturno "packstone") z gomolji in plastmi roženca, mestoma se v zaporedju pojavljajo tanke plasti laporja. Radiolarijska združba je značilna za spodnji del spodnje krede (berriasij do

spodnji valanginij). Starost je bila določena po naslednjih vrstah: *Archaeodictyomitra apiarium* (Rüst), *Cinguloturris cylindra* Kemkin & Rudenko, *Dicerosaturnalis dicranacanthos* (Squinabol), *Hiscocapsa pseudouterculus* (Aita), *Mirifusus minor* Baumgartner, *Pantanellium squinaboli* (Tan), *Pseudodictyomitra carpatica* (Loznyi), *Ristola cretacea* (Baumgartner) in *Tethysetta boesii* (Parona). V zgornjem delu profila prevladujejo karbonatne breče. Klasti so oglati litoklasti plitvodvodnih apnencev tipa »grainstone«, posamezni ooidi, odlomki apnenčevih alg, miliolidne foraminifere in drugi skeletni fragmenti različnih velikosti. Pogosti so tudi manjši klasti roženca in klasti pelagičnega apnenca s kaplionelami. Določili smo vrsto *Calpionella alpina* Lorenz, ki ima razpon od zgornjega tithonija do spodnjega valanginija. Osnova breč je mikrit, bogat z radiolariji. Starost platformnih karbonatov je bila določena z apnenčevo algo *Clypeina jurassica* Favre, ki je značilna za obdobje od zgornjega kimmeridgija do spodnjega berriasija. V vrhnjem delu profila se karbonatne breče menjavajo s kalkareniti. Izrazite so tudi gube, nastale s podmorskim plazenjem (»slump«).

Ekstraklasti in karbonatni drobir nedvomno kažejo na platformni izvor presedimentiranih apnencev. Biancone apnenci so regionalno razširjen pelagični facies v spodnji kredi, vendar so drugje, npr. v Tolminskem jarku, sestavljeni izključno iz mikritnih apnencev in ne vsebujejo plasti breč ali kalkarenitov. Zato sklepamo, da Dinarska karbonatna platforma ni mogla biti izvorno področje plitvodvodnih klastov v Blejskem jarku. Domnevamo, da je platformni material prihajal z nasprotne strani, to je s karbonatne platforme, ki je obstojala na bolj interni lokaciji, vendar se zaradi poznejše erozije in narivanja ni ohranila. Ta domnevna platforma se je lahko razvila na dvignjenem zaporedju pokrovov, ki so se formirali v zgodnji fazi narivanja notranjih dinarskih con na rob kontinenta.

Približno enako stare izolirane karbonatne platforme s podobno genezo so bile opisane na več lokalitetah v Alpah, Dinarijih in Karpatih. Do sedaj sta najbolj dokumentirani karbonatna platforma Plassen (starost: oxfordij-kimmeridgij do berriasij) v Severnih apneniških Alpah in karbonatna platforma Kurbnesh (starost: kimmeridgij? do tithonij) v ofiolitni coni Mirdita v Albaniji. Znani, a manj raziskani so primeri zgornjejurskih grebenskih apnencev, ki diskordantno ležijo na ofiolitih v Vardarski coni v Srbiji in v gorovju Apuseni v Romuniji.

## Baza geoloških profilov kot del geološkega informacijskega sistema

Špela Kumelj, Tomaž Kopitar, Marko Tukič & Martin Podboj  
Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana,  
spela.kumelj@geo-zs.si

V okviru Geološkega zavoda Slovenije deluje Geološki informacijski center (GIC), katerega osnovna naloga je zbiranje, urejanje in distribucija podatkov s področja geologije in njej sorodnih ved v enoten informacijski sistem ob upoštevanju geoloških podatkovnih in kartografskih standardov za zajem in distribucijo

podatkov ter standardov kontrole kvalitete digitalnih prostorskih podatkov.

Pomembna naloga GIC je tudi izgradnja in vzdrževanje Podatkovne baze geoloških profilov Slovenije in spletne GIS aplikacije za pregledovanje in povpraševanje o njihovi vsebini in prostorski lokaciji. Celotni proces dela poteka v štirih fazah: (1) zajem podatkov, (2) vnos/polnjenje baze (enotna forma za vnos), (3) izgradnja digitalnega sloja prostorskih lokacij geoloških profilov (linijski informacijski sloj) ter (4) ažuriranje spletne aplikacije.

V fazi vnosa geološkega profila v bazo se shranjujejo naslednji podatki: identifikator, ime in avtor geološkega profila, računalniška obdelava, merilo, leto izdelave, opis, globina, druge opombe, povezava do slike geološkega profila in geografske koordinate. S pomočjo slednjih se kreira linijski informacijski sloj v programskem paketu ArcMAP, kjer vsaka linija predstavlja geografsko lokacijo posameznega geološkega profila. Podrazred »arc« nosi informacijo o prostorski lokaciji, medtem ko podrazred »route subclass« hrani opisne podatke o posameznem geološkem profilu.

Z željo po doseganju treh ciljev: enostavnosti, dostopnosti in uporabnosti smo s sodelavci Geološkega zavoda Slovenije opredelili vsebinske in funkcionalne zahteve za aplikacijo. Pregledali smo uporabnost različnih programskih orodij za izdelavo spletnih aplikacij, poiskali različne rešitve ter izdelali konceptualni model aplikacije.

Za izdelavo baze je bil izbran MS SQL Server 2005, to je internetna aplikacija izdelana v ASP, CSS in HTML, za grafično iskanje pa se je uporabilo ESRI programsko okolje ArcIMS. IIS Server poganja ASP aplikacijo, ki preko baznih procedur dostopa do baze na MS SQL Serverju. Končni uporabniki dostopajo do aplikacije prek spletnih pregledovalnikov. V juniju 2009 je bila izdelana prva verzija spletne GIS aplikacije, ki je dostopna interno in poleg pregledovanja podatkov omogoča tudi vnos in popraviljanje že vnesenih podatkov (ažuriranje).

V bazi, ki je bila zasnovana z namenom pregleda nad obstoječimi geološkimi profili in boljšem razumevanju 3D geološke zgradbe celotnega državnega ozemlja, je trenutno shranjenih 707 geoloških profilov različnih meril in virov. Geološki profili so bili skenirani (nekateri digitalizirani) in za večjo združljivost shranjeni v različnih rastrskih formatih.

## Kinematska in paleonapetostna zgodovina NW-SE usmerjenih »dinarskih« prelomov v osrednji Sloveniji

Lea Lajmiš & Marko Vrabec

Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geologijo,  
Privoz 11, 1000 Ljubljana, lealajmis@gmail.com

V Dinaridih so zelo pogosti srednjestrmi NW-SE usmerjeni prelomi z desnimi zamiki. Ker je usmerjenost teh prelomov vzporedna slemenitvi Dinarskega orogena, se je zanje uveljavilo poimenovanje »dinarski« prelomi, čeprav sekajo in zamikajo narivne strukture in so najverjetneje nastali šele v postorogenski fazi razvoja Dinaridov (npr. Picha, 2002). Tudi ozemlje osrednje Slov-

enije na gosto sekajo NW-SE usmerjeni prelomi, med katerimi so regionalno pomembne strukture (npr. Idrijski, Želimeljski, Žužemberški prelom). Raziskovali smo njihove mezoskopske strukturne značilnosti, strukturne odnose v merilu karte in analizirali meritve zdrsov ob prelomnih ploskvah. Kinematsko in dinamsko analizo zdrsov smo izvedli s programom T-TECTO (Žalohar & Vrabc, 2007).

Ločili smo štiri glavne tektonske faze. Za najstarejšo fazo je značilno krčenje ozemlja v smeri NE-SW, ki ga pripisujemo paleogenskemu narivanju Zunanjih Dinaridov. Druga faza ustreza raztezanju v smeri NE-SW v ekstenzijskem tektonskem režimu. Tretjo fazo označi krčenje ozemlja v smeri ~E-W s sočasnim raztezanjem v pravokotni smeri, v zmično-tektonskem napetostnem stanju. V tej fazi so bili normalni prelomi iz 2. faze zmično reaktivirani. Predpostavljamo, da sta druga in tretja faza miocenske starosti. Četrta faza kaže na ~N-S usmerjeno krčenje z raztezanjem ozemlja v smeri ~E-W v zmično tektonskem napetostnem stanju. Povzročila je desnozmerno reaktivacijo NW-SE usmerjenih normalnih prelomov. Sovpada z recentnim napetostnim in deformacijskim poljem v regiji, določenim na podlagi žariščnih mehanizmov potresov in GPS meritev (npr. Weber et al., 2010). Pripisujemo jo pliocensko-kvartarni inverzijsko/transpresijski fazi v NW Dinaridih (Vrabc & Fodor, 2006).

Naša analiza kaže na kompleksno večfazno zgodovino »dinarskih« prelomov na območju severozahodnih Dinaridov. Prelomi so verjetno nastali kot normalni prelomi v miocenski ekstenzijski fazi, danes opazovani desnozmerno premiki pa so rezultat zadnje reaktivacije v pliokvartarnem do recentnem napetostnem polju. Jasne geodinamske razlage za miocensko NE-SW usmerjeno raztezanje Dinarskega orogena še nimamo. Po dosednji interpretaciji je tenzijska epizoda v Dinaridih odraz miocenske ekstenzije v Panonskem bazenu (Ilić & Neubauer, 2005). Vendar pa se na območju naše analize ugotovljena smer raztezanja ne ujema s smerjo sin-riftne miocenske tenzije v Panonskem območju, ki je v NE Sloveniji generalno E-W usmerjena (npr. Fodor et al., 1998). Naša delovna hipoteza je, da je ekstenzija povezana s postorogenim ekstenzijskim kolapsom Dinarskega orogena. Ta pojav je dokumentiran v mnogih recentnih in fosilnih orogenih po vsem svetu.

#### Literatura:

- Fodor, L., Jelen, B., Marton, E., Skaberne, D., Čar, J., Vrabc, 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.
- Vrabc, 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, in D. Medak (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., Vrabc, 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., Vrabc, M., (2007). Paleostress analysis of heterogeneous fault-slip data: The Gauss method. *Journal of Structural Geology* 29: 1798-1810.

## Kremen, dvojčen po japonskem dvojčičnem zakonu

Alenka Lenart<sup>1</sup>, Matjaž Godec<sup>2</sup>, Breda Mirtič<sup>3</sup> & Sašo Šturm<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut Jožef Stefan, Jamova cesta 39, 1000 Ljubljana, alenka.lenart@ijs.si

<sup>2</sup>Odelek za fiziko in kemijo površin kovinskih materialov, Institut za kovinske materiale in tehnologije, Ljubljana

<sup>3</sup>Oddelek za geologijo, Naravoslovnotehniška fakulteta, Ljubljana

Pri kremenju, ki je drugi najpogostejši mineral na Zemljini površini, je znanih več različnih tipov dvojčenja. Najbolj raziskani so dauphinéjski, brazilski in japonski dvojčki. Kristali japonskih dvojčkov se morfološko razlikujejo od običajnih kremenovih kristalov po ploščicastem habitusu. Glede na način nastanka jih uvrščamo med rastne dvojčke, pri čemer je stična ploskev opredeljena z družino ravnin  $\{11\bar{2}2\}$  oz.  $\{\bar{1}\bar{1}22\}$ . Kristalografsko jih uvrščamo med normalni tip sučno stičnih dvojčkov, za katere je značilno, da je dvojčična os pravokotna na stično ravnino. Do sedaj so japonske dvojčke raziskovali z optično mikroskopijo, rentgensko topografijo in s hidrotermalno sintezo na substratu japonskega dvojčka. Vzrok za nastanek japonskega dvojčka so večinoma pripisovali dislokacijam, zgoščenim na stični ravnini, čeravno natančen mehanizem nukleacije in rasti japonskih dvojčkov še ni pojasnjen. V nadaljevanju je predstavljena rekonstrukcija rasti japonskih dvojčkov tako, da smo ugotavljali strukturne značilnosti dvojčičnega stika oziroma dvojčične ravnine.

Preučevali smo naravne japonske dvojčke iz nahajališča Andilamena na Madagaskarju. Petrografske obruske smo pripravili v smeri  $[110]$ . Za preiskavo z vrstičnim elektronskim mikroskopom smo jih napršli z 2 nm ogljika. Za preiskave s presevnim elektronskim mikroskopom smo uporabili konvencionalno tehniko priprave vzorcev v vzdolžnem prerezu.

Potek stične ravnine v posameznem kristalu smo določili z optično polarizacijo. Površino vzorcev smo preiskali z vrstičnim elektronskim mikroskopom. Preiskave strukture in kemijske sestave so bile narejene s presevnim elektronskim mikroskopom.

Optična indikatriša v desnem delu dvojčenega kristala je zasukana za določen kot glede na levi del, kar se v presevani polarizirani svetlobi odraža kot različno potemnevanje. Stična ploskev se na kratkih razdaljah povija. Neposreden dokaz za prisotnost normalnega tipa sučno stičnega dvojčka, kamor prištevamo japonski dvojček, je bila določitev kristalografske orientacije z EBSD metodo (uklon povratno sipanih elektronov) v vrstičnem elektronskem mikroskopu Jeol FE SEM 6500F. Rezultati kažejo, da se sprememba uklonske slike z manjšimi odstopanji ujema s potekom stične ravnine, določene v polarizirani svetlobi.

S presevnim elektronskim mikroskopom JEM2100 je bila v smeri  $[110]$  na obeh straneh dvojčičnega stika, kakor tudi na dvojčičnem stiku, zajeta elektronska difrakcija iz izbranega področja (SAED). Pripadajoča uklonska posnetka, zajeta na obeh straneh dvojčičnega stika odražata identična difrakcijska vzorca, ki pa sta med seboj zasukana za  $86^\circ$ . Slednje se odraža tudi na SAED vzorcu, zajetem na dvojčičnem stiku. Ugotovili smo, da je dvojčična ravnina oz. dvojčični stik v tej kristalografski projekciji nekoliko nagnjen glede na  $[110]$ . Z visokoločljivostno preseveno elektronsko mikroskopijo (HRTEM) je bilo potrjeno, da sta oba dela kristala v bližini dvojčičnega stika strukturno dobro definirana brez opaznih dislokacij in vključkov.

Na osnovi raziskav strukture japonskega dvojčka predpostavljamo, da je primarni rastni dvojček omejen na nukleacijsko fazo, ki pogojuje nadaljnjo rast kristala. Verjetno smo opazovali morfološki stik, ki ni kristalografsko opredeljen in zato ne ustreza ožji definiciji dvojčka ter je kot tak posledica vsiljene rasti obeh delov dvojčnega kristala. Ker je bil vzorec vzet nekaj mm nad mestom priraščanja kristala na matično kamnino, sklepamo da se nukleacijska faza rasti tega kristala nahaja nižje.

### Kemijska sestava skorje meteorita Jesenice

**Alenka Lenart<sup>1</sup>, Breda Mirtič<sup>2</sup>, Miha Jeršek<sup>3</sup> & Sašo Šturm<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Institut Jožef Stefan, Jamova cesta 39, 1000 Ljubljana, alenka.lenart@ijs.si

<sup>2</sup>Oddelek za geologijo, Naravoslovnotehniška fakulteta, Ljubljana

<sup>3</sup>Prirodoslovni muzej Slovenije, Ljubljana

Večino meteoritov, ki padejo na Zemljo, glede na kemijsko sestavo uvrščamo med kamnite meteorite, ki jih sestavljajo nekovinski ter manjši delež kovinskih mineralov. Od kamnin na Zemljini površini se ločijo po žgalni skorji. V okviru preiskav kemijske sestave meteorita Jesenice, ki je leta 2009 padel na Mežaklo, so bili preiskovani zbruski ter površina fragmenta meteorita z ohranjeno žgalno skorjo. Ugotavljali smo spremembe kemijske sestave zaradi lokalnega segrevanja skorje.

Meteorit je bil preiskan z vrstičnim elektronskim mikroskopom JSM-5800, pri čemer je bil uporabljen način s povratno sipanimi elektroni, pri katerem je intenzivnost signala odvisna od povprečnega atomskega števila  $Z$ . Tako je možna detekcija kontrasta med območji z različno kemijsko sestavo. Sestava skorje meteorita je bila določena s točkovno semikvantitativno energijsko disperzijsko spektroskopijo rentgenskih žarkov (EDS), pri čemer so bile za pričakovane elemente uporabljene ustrezne podatkovne baze mineralnih standardov.

V preiskovanih vzorcih prevladujejo olivini, pirokseni in plagioklazi, redkeje zastopani so kromiti in fosfati. Med kovinskimi minerali najdemo taenit, kamacit in troilit. Glede na stopnjo strukturnih sprememb skorje meteorita se po globini razločijo trije pasovi. Za vzorce je značilna homogena sestava olivinov in piroksenov. Samo na skrajnem zunanem robu skorje so vidni znaki nataljevanja olivinovih in piroksenovih zrn, prav tako pa tudi glincev. V ozkem pasu zunanega roba skorje je prišlo do nataljevanja faz, bogatih s težkimi elementi. Za precipitate je značilna povečana vsebnost niklja. Lokalno se sestava taline spreminja. Meje med zrnimi plagioklazovi so zabrisane in dajejo vtis enotne taline, ki obdaja zrna olivina in se nadaljuje v drugi pas. Tu gre za nataljevanje glincev, kar je razvidno iz zaobljenosti zrn plagioklazov, njihova kemijska sestava ostaja nespremenjena. Zrna olivina ter glincev sekajo žile, ki jih zapolnjuje nehomogena talina s spremenljivo vsebnostjo Fe, S, Mg, Si, Ni. Tretji pas v notranjosti žgalne skorje meteorita predstavlja nespremenjena kamnina, kjer razpoke niso več zapolnjene s talino. Prostor med zrnimi olivinovi, pirokseni, glincevi in fosfati zapolnjujejo ksenomorfnna zrna taenita in troilita.

Znaki hitre precipitacije na skrajnem zunanem robu skorje, ki je imel neposreden stik z atmosfero, kažejo na najvišjo temperaturo, saj je prišlo do nataljevanja faz, bogatih s težkimi elementi. Žile, zapolnjene s talino iz težkih elementov, kažejo na nataljevanje

kovinskih mineralov, kot so troilit ter polimorfa taenit in kamacit. Temperatura tališča je bila v drugem pasu višja od 1.130 °C, na kar kaže nataljevanje Na-plagioklazov.

### Investigation of calcite precipitation kinetics and modeling of the $\delta^{13}\text{C}$ fractionation of inorganic carbon species during transport and calcite precipitation along the flow path of a natural stream (Carinthia, Austria)

**Albrecht Leis<sup>1</sup>, Ralf Benischke<sup>1</sup>, Walter Poltnig<sup>1</sup> & Martin Dietzel<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Joanneum Research, Institute of Institute of Water, Energy and Sustainability, Graz, Austria; albrecht.leis@joanneum.at

<sup>2</sup>TU Graz, Institute of Applied Geosciences, Graz, Austria

A systematic study of precipitation induced by degassing of  $\text{CO}_2$  from spring water was undertaken along a stream profile which is located close to the village Koettmansdorf in Carinthia (Austria). The stream follows the southern basal slope of the Sattnitz Mountain range along a gradient of 34 m difference in altitude. The temperature of the water increases at about 4 °C along the flow path of 120 meters. The chemistry of the water is related to the infiltration of meteoric water to the unconsolidated sediment aquifer (Poltnig et al., 2004). The stream water is characterized by high supersaturation with respect to calcite induced by rapid  $\text{CO}_2$  degassing. The aim of the study was to investigate the precipitation kinetics of the inorganic carbonate species and to model the isotopic fractionation along the flow path. In order to address this question we measured the hydrochemical composition of the water and the  $\delta^{13}\text{C}$  values of dissolved  $\text{CO}_2$ , DIC and sinter samples. The  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  isotope fractionation in natural aquatic systems can be followed comfortably with the hydrogeochemical computer program PHREEQC-2 (Appelo, 2002). In this study the computer model PHREEQC-2 was used for modeling the  $\delta^{13}\text{C}$  fractionation of inorganic carbon species along the flow path of a natural stream in Carinthia (Austria). The flow line of the natural stream is characterized by supersaturation and precipitation of calcite, induced by rapid  $\text{CO}_2$  degassing. Precipitation of calcite can be followed by a continuous decrease of dissolved  $\text{HCO}_3^-$  and  $\text{Ca}^{2+}$  along the stream ( $[\text{HCO}_3^-]:[\text{Ca}^{2+}] = 2:1$ ). Evolution of  $\delta^{13}\text{C}$  values in DIC shows a systematic change towards "heavier" values from -13.3 to -11.5 ‰ (VPDB).  $^{12}\text{CO}_2$  is liberated from the solution into the atmosphere somewhat faster than  $^{13}\text{CO}_2$ . A kinetic fractionation factor  $\alpha = 0.987 \pm 0.005$  is obtained. Applying a 1D transport model it was possible to simulate the progressively enrichment of  $\delta^{13}\text{C}$  in DIC and precipitating calcite. The modelled  $\delta^{13}\text{C}$  values showed a very good agreement with the measured data. Using the measured data it was also possible to determine the kinetic rates of  $\text{CO}_2$  degassing and calcite precipitation along the flow path of the natural stream.

#### References:

- Appelo, C.A.J. (2002). Calculating the fractionation of isotopes in hydrochemical (transport) processes with PHREEQC-2. In H.D. Schulz and A. Haderer (eds): Geochemical processes in soil and groundwater. - GeoProc, Wiley-VCH, Weinheim, p. 383-398.

Poltnig, W., Benischke, R., Harum, T., Leis, A., Ortner, G., Ruch, C. and G. Winkler (2004). Hydrogeologische Untersuchungen der Sattnitzberge; Abschnitt Maria Rainer Senke (Einzugsgebiet Brunnenanlage Straschitz) KA 41/01.- Report Joanneum Research, Dept. of Water Resources Management and Geophysics, 96 pp., Austria.

## Dinamika podzemne vode in okoljske spremembe v Postojnski jami: primer Pisanega rova

Sonja Lojen<sup>1</sup> & David Domínguez-Villar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut Jožef Stefan, Jamova 39, 1000 Ljubljana, sonja.lojen@ijs.si

<sup>2</sup>Universidad Alcalá de Henares, Madrid, Španija

V splošnem velja, da je temperatura v podzemnih jamah blizu srednje letne temperature geografskega področja, na katerem se nahajajo, in da se čez leto le malo spreminja. Le malo pa je znanega o tem, kako trenutne antropogene podnebne spremembe vplivajo na spremembe temperature v jamah. Namen raziskave, ki poteka v okviru projekta PROCAVET (program Marie Curie, FP 7), je ugotoviti, ali je – in v kolikšni meri – možno zaznati trenutno segrevanje ozračja v kraških jamah v Evropi. Raziskava poteka v štirih jamah, iz Slovenije je bila za raziskavo izbran Pisani rov v Postojnski jami, predvsem zato, ker je v primerjavi z drugimi jamskimi prostori razmeroma slabo prezračen, poleg tega pa zanj že obstajajo nekateri relevantni podatki iz 90-tih let prejšnjega stoletja. Za analizo recentnih in preteklih klimatskih sprememb smo odvzeli dva stalagmita iz zadnjega dela Pisanega rova. Od januarja 2009 dvakrat mesečno vzorčimo preniklo vodo na 8 mestih. Na dveh mestih kontinuirno merimo temperaturo, na mestu odvzema enega od stalagmitov pa hitrost kapljanja prenikle vode. V vzorcih vode določamo alkalnost, izotopsko sestavo kisika in raztopljenega anorganskega ogljika in indeks nasičenosti s kalcitom. Enkrat mesečno merimo aktivnost radona, koncentracijo in izotopsko sestavo ogljika in kisika v atmosferi, izvedli smo pa tudi 6-mesečni poskus ekvibracije vode z zrakom, da smo lahko določili ravnotežno izotopsko sestavo vodnega filma v ravnotežju z zračno vlogo. Analize izotopske sestave kisika in ogljika v stalagmitih so v teku. Hidrometeorološke podatke (povprečno dnevno temperaturo in količino padavin) smo pridobili od Agencije za okolje RS: podatki za Postojno so na razpologo od leta 1962 naprej, ta Ljubljano pa od leta 1851. Analizirali smo tudi izotopsko sestavo padavin v Postojni. Za vizualizacijo dolgoročnih sprememb hidrometeoroloških parametrov smo uporabili metodo RAPS (Rescaled Adjusted Partial Sums).

Analiza hitrosti kapljanja prenikle vode v letu 2009 je pokazala dve letni obdobji, ki se močno razlikujeta; vendar pa je treba poudariti, da so razlike v hitrosti kapljanja prenikle vode od točke do točke lahko za več redov velikosti različne, kar velja tudi za odzivni čas na padavinske dogodke. Tudi izotopska sestava vode in raztopljenega anorganskega ogljika se od točke do točke precej razlikujeta in se gibljeta v precej velikem razponu. Poprečna izotopska sestava kisika v prenikli vodi je enaka tehtani poprečni letni izotopski sestavi padavin (-8,50 in -8,54 ‰ V-SMOW). Iz časovnega zamika porazdelitve padavin, hitrosti kapljanja prenikle vode in iz izotopske sestave prenikle vode sklepamo, da je poprečni zadrževalni čas vode v vodonosniku približno 3-4

mesece, četudi do pospešenega iztekanja vode iz razpok pride razmeroma hitro po padavinskem dogodku.

Izotopska sestava raztopljenega anorganskega ogljika jasno odraža sezonske spremembe biološke produkcije – najvišje  $\delta^{13}\text{C}$  vrednosti so bile izmerjene februarja, najnižje pa v poletnih mesecih. Sezonska spremenljivost obeh parametrov se odraža tudi v izotopski sestavi karbonata kapnikov. Analiza elementne sestave stalagmitov je še v teku.

Primerjava hidrometeoroloških podatkov je pokazala, da se temperaturni trendi v Ljubljani in Postojni praktično v celoti ujemajo, kar pa ne velja za količino in porazdelitev padavin. Analiza RAPS za obdobje 1962-2009 je pokazala splošni trend naraščanja temperature od leta 1985 naprej (za 1,5 °C), če pa upoštevamo daljše obdobje (1851-2009), pa se rahlo segrevanje ozračja pokaže že v letu 1946, od leta 1985 naprej pa je naraščanje veliko bolj intenzivno. Modelni izračun prenosa toplote skozi kamnino v jamski prostor z vertikalno konduktivnostjo je pokazal, da temperaturni signal s površja potuje do Pisanega rova približno 20 let, torej lahko sklepamo, da temperatura kontinuirno pospešeno narašča; predvidoma se bo dvignila za 1 °C do leta 2030.

## Modeliranje vplivov obremenitev na podzemno vodo Dravskega polja

Petra Meglič, Jure Krivic & Joerg Prestor

Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana, petra.meglic@geo-zs.si

Vodno telo podzemne vode Dravska kotlina (VTPodV 3012) omejujejo meje aluvialnega vodonosnika in njegove hidrodinamske meje. Razprostira se na površini 429 km<sup>2</sup>. Po globini je razdeljeno v tri plasti (Prestor et al., 2008). Kemijsko stanje podzemne vode vodnega telesa podzemne vode Dravska kotlina je po podatkih Agencije RS za okolje slabo. Najbolj kritični parametri vodnega telesa podzemne vode Dravska kotlina so nitrat, atrazin in desetilatrazin, ker presegajo standard kakovosti. Z namenom izboljšati kemijsko stanje podzemne vode z uvedbo dopolnilnih ukrepov na najbolj kritičnem območju smo na podlagi matematičnega in GIS modeliranja izvedli podrobnejšo analizo obremenitev in vplivov ter podrobnejšo analizo stanja celotnega vodnega telesa v aluvialnem vodonosniku glede nitratov. Na podlagi prostorske porazdelitve vnosov dušika z GIS modeliranjem smo z numeričnim modelom toka vode in transporta snovi v vodonosniku Dravskega polja (Krivic, 2007) modelirali in izračunali prostorsko porazdelitev koncentracije nitratov v vodonosniku ter koncentracije nitratov na 10-ih posameznih merilnih mestih državnega monitoringa kakovosti. Modeliranje obremenitev in vplivov smo izvedli v petih scenarijih zmanjševanja vnosa dušika z različnimi kombinacijami osnovnih in dopolnilnih ukrepov na kritičnem območju Dravske kotline.

Prostorska porazdelitev koncentracij nitratov na osnovi meritev in izračun koncentracij nitratov z numeričnim modelom na merilnih mestih državnega monitoringa kakovosti kaže na znižanje koncentracij nitratov do 10% po drugem scenariju, ki predstavlja osnovne ukrepe. Z uvedbo najučinkovitejših dopolnilnih ukrepov



za dosego ciljnega presežka na kritičnem območju vodnega telesa podzemne vode Dravska kotlina, ki jih vključuje peti scenarij, pa so dosežena znižanja koncentracij nitratov od 50 do 55%.

Glede na rezultate numeričnega modela Dravskega polja bi lahko z redukcijo (uvredbo dopolnilnih ukrepov) vnosa dušika na kritičnem območju vodnega telesa podzemne vode Dravska kotlina, dosegli dobro kemijsko stanje podzemne vode glede nitratov. Ob upoštevanju koeficienta znižanja koncentracije nitratov z numeričnim modeliranjem na Dravskem polju po 5. scenariju, bi se merjene koncentracije na merilnih mestih državnega monitoringa kakovosti zmanjšale do take mere, da bi bilo le na štirih merilnih prekoračenih 75% vrednosti standarda kakovosti, ostala merilna mesta pa bi imela dobro kemijsko stanje.

Uporaba matematičnega modela je pokazala dokaj dobro uje-manje rezultatov modeliranih in dejansko izmerjenih sred-njih letnih koncentracij nitratov v posameznih merilnih mestih državnega monitoringa. Za ugotavljanje učinkovitosti osnovnih in dopolnilnih ukrepov bi bilo potrebno izvesti primerjavo med agregiranimi vsebnostmi nitratov iz matematičnega modela z agregiranimi vsebnostmi nitratov iz državnega monitoringa ter uvedbo ukrepov na celotno vodno telo podzemne vode Dravska kotlina.

Rezultati modeliranja so podlaga za nadaljnje natančnejše analize presežkov dušika in njihovega vpliva na podzemno vodo ter za načrtovanje dopolnilnih ukrepov, ki poteka v sodelovanju s Kmetijskim inštitutom in kmetijsko svetovalno službo. Za nadaljnje načrtovanje ukrepov je bistvenega pomena pridobiti točnejše podatke o sedanjih presežkih dušika, vsaj na kritičnem območju. Nadalje bi bilo potrebno podrobneje opredeliti delež obremenitve z dušikom na površinske vodotoke v obrežnem pasu.

#### Literatura:

- Krivic, J. (2007). Ocena tveganja onesnaženja podzemnih vod s prometne infrastrukture. Doktorska disertacija.
- Prestor, J., Urbanc, J., Meglič, P. (2008). Določanje stroškovno učinkovitih ukrepov. Primer: VTPodV\_3012 Dravska kotlina. [Poročilo v arhivu Geološkega zavoda Slovenije]. Ljubljana: Geološki zavod Slovenije.

## Mio-pliocenska starost jamskih aluvialnih sedimentov v Snežni jami na Raduhi

Andrej Mihevc<sup>1</sup>, Ivan Horaček<sup>2</sup>, Petr Pruner<sup>3</sup>, Nadja Zupan Hajna<sup>1</sup>, Stanislav Čermák<sup>3</sup>, Jan Wagner<sup>3</sup> & Pavel Bosák<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Titov trg 2, 3620 Postojna, Mihevc@zrc-sazu.si

<sup>2</sup>Department of Zoology, Faculty of Science, Charles University, Praha, Czech Republic

<sup>3</sup>Institute of Geology, Academy of Sciences of the Czech Republic, Praha, Czech Republic

V Snežni jami na Raduhi so na več mestih ohranjeni fluvialni alogeni siliciklastični sedimenti, ki jih je v jamo prinesla in odložila reka ponikalnica. V osrednjem delu jame, v rovu pred Jedilnico pa so v dolžini 50 m razgaljeni na površju. Tu je po oceni debelina sedimentov najmanj 15 m. Sedimente sestavljajo dobro zaobljeni prodi, peski in meljaste gline iz preperelih zgornjeoligocenskih piroklastičnih kamnin kakršne grade masiv Smrekovca.

V jami smo o izkopali 3,8 m globok profil. Proučili smo sedimentacijske značilnosti profil ter vzeli vzorce za paleomagnetne analize, paleontološke in druge analize (25-30 kg na interval 30 cm).

Paleontološki rezultati: v več plasteh smo našli odlomke zob hrustančnic (Chondrichthyes). V dveh plasteh pa tudi odlomke zob malih sesalcev, ki v večini ne dovoljujejo natančnejše določitve. V spodnjem delu profila pa je bil najden tudi dobro ohranjen molar, ki pripada rodu *Baranomys*. Morfološke značilnosti sklenine, reliefa krone in korenin pa ga postavljajo v spodnji pliocen (MN14–MN16).

Paleomagnetne analize 89 vzorcev so pokazale tri normalne in dve reverzni paleomagnetni coni. Fragment zoba, če sprejmemo najmanjšo možno starost (MN16) je bil najden v spodnjem delu profila in omogoča korelacijo z GPTS ter postavlja profil v čas med 2,6 do več kot 4,6 milijoni let.

Dolga sekvenca sedimentov nam kaže na dolgo tektonsko stabilno obdobje, ki je trajalo v jami 2-3 milijonov, in se je končalo pred okrog 2,6 milijonoma let. Relief je bil nizek in je imel majhno reliefno energijo. Večji del porečja so predstavljale oligocenske piroklastične kamnine, del vode pa je pritekal tudi iz sedimentnih kamnin iz katerih je voda v jamo prinesla le odlomke zob morskih psov. Nato se je v vadoznih pogojih iz prenikajoče vode, vendar v toplih pogojih začela preko teh sedimentov izločati siga. Šele na to je lahko sledil tektonski dvig ozemlja, ki je povzročil vrezovanje Savinje za okrog 1000 m in dvignil celotno območje z jamo vred na sedanjo višino.

## Makrofosili iz eocenskih plasti pri Čopiju v Istri na Hrvaškem

Vasja Mikuz & Aleksander Horvat

Oddelek za geologijo NTF UL, Privoz 11, 1000 Ljubljana in Paleontološki inštitut Ivana Rakovca ZRC SAZU, Ljubljana; vasja.mikuz@ntf.uni-lj.si

V najdišču Čopi, ki leži južnovzhodno od Pazina v osrednji Istri, so bili najdeni ostanki številnih eocenskih živalskih skupin: luknjičarke (Foraminiferida) rodov *Nummulites*, *Assilina* in *Actinocyclus*, polži (Gastropoda) rodov ?*Tectus*, *Bezanconia*, *Pseudalucu* (*Vulgocerithium*), *Campanile*, *Tibia*, *Seraphs*, *Gisortia*, *Bernaya*, *Natica* (*Ampullina*), *Ampulospira*, *Amaurellina*, *Euspira*, *Galeodea* (*Mambrinia*), *Cyrtochetus*, *Euthria*, *Melongena*, ?*Pugilina*, *Clavilithes* (*Rhopalithes*), *Streptochetus*, *Mitraria*, *Athleta* (*Volutoospina*), *Eopsephaea*, *Conus* (*Leptoconus*), *Pleurotomaria* in *Gryphaeostrea*, školjke (Bivalvia) rodov *Lithophaga*, *Chlamys*, ?*Mimachlamys*, *Spondylus*, *Miltha*, *Chama*, *Venericardia*, *Crassatella*, *Trachycardium*, *Spisula*, *Meroena*, *Katylisia*, *Venerella*, *Cyrtopleura*, *Teredina* in *Gryphaeostrea*, glavonožci (Cephalopoda) rodu ?*Aturia*, mnogoščetinci (Polychaeta) rodu *Rotularia*, raki (Crustacea) rodov *Balanus*, *Lophoranina* in drugi, mahovnjaki (Bryozoa), ramenonožci (Brachiopoda) rodu *Terebratula*, morske lilije (Crinoidea) rodu ?*Pentacrinus*, morski ježki (Echinoidea) rodov *Conoclypus*, *Echinolampas*, *Plesiolampas*, *Ditremaster*, *Pericostmus*, *Schizaster*, *Linthia*, *Prenaster*, *Cyclaster* in *Macropneustes*.

Za najdišče Čopi in večino ostalih številnih najdišč znotraj

eoceanskega flišnega pasu v osrednji Istri je značilno, da so makrofosili vedno vezani na horizonte karbonatnih megaplasi. V teh horizontih je ponavadi tudi veliko numulitin.

Med makrofavno so najslabše ohranjeni polži, saj najdemo samo njihova okrnjena kamena jedra, najboljše so ohranjeni morski ježki, praviloma z dobro ohranjenimi stenami njihovih koron. Za najdišče Čopi je, za razliko od ostalih istrskih najdišč, značilno da med morskimi ježki močno prevladujejo primerki rodu *Cyclaster*, primerki preostalih rodov so bistveno manj številni. Druga značilnost Čopija je, da ni najdenih nikakršnih ostankov regularnih morskih ježkov. Tretja značilnost najdišča pa je popolna odsotnost koral.

Po makrofavnističnih ostankih je Čopi najbolj primerljiv z najdiščem Grdoselo, tudi tam je med morskimi ježki veliko primerkov rodu *Cyclaster* in prav tako v Grdoselu ni najdenih nobenih koral. Čopi je deloma, vendar bistveno manj primerljiv še z najdiščema Paz in Gračišče.

Pavlovec je pregledal nekaj luknjičark iz Čopija in ugotovil vrste: *Nummulites boussaci* Rozloznsnik, *N. millicaput* Boubée, *Assilina* aff. *exponens* (Sowerby) in *Actinocyclus* ?*patellaris* (Schlotheim). Na podlagi omenjenih luknjičark, predvsem po vrsti *Nummulites boussaci*, lahko plasti pri Čopiju uvrstimo v starejši del srednjega letutija oziroma SBZ 14 (Pavlovec ustno, 2010).

### SEM/EDS analiza faz težkih kovin v odlagališčih rudarskih odpadkov v Mežiški dolini

Miloš Miler & Mateja Gosar

Geološki zavod Slovenije, Dimičeva 14, 1000 Ljubljana, milos.miler@geo-zs.si

V več kot 300 letih rudarsko-metalurške dejavnosti v Mežiški dolini so pridobili in predelali okrog 19 milijonov ton svinčevocinkove rude, kar je močno vplivalo na obremenjenost okolja s težkimi kovinami. Predhodne raziskave onesnaženosti medijev okolja so pokazale visoke vsebnosti svinca, cinka, arzena, kadmija in molibdena ter nekaterih drugih težkih kovin. Po zaprtju rudnika in predelovalnih obratov se je neposredni vnos težkih kovin v okolje sicer močno zmanjšal, ostale pa so ogromne količine različnih rudarsko-predelovalnih odpadkov, ki so bili odloženi v več odlagališčih vzdolž zgornje Mežiške doline, iz katerih se težke kovine in s težkimi kovinami onesnažen material izpirajo v Mežo in dalje v Dravo. Odlagališča siromašne rude in odpadkov nastalih pri predelavi rude tako delujejo kot posredni vir onesnaženja okolja s težkimi kovinami.

Večja odlagališča rudarsko-predelovalnih odpadkov so Štoparjev odval, Žerjavski odval in Kavšakova halda ter odval Fridrih. Štoparjev odval se nahaja na strmem pobočju ob Helenskem potoku. Gre za odlagališče separacijske jalovine in revne rude. Material je sestavljen iz wettersteinskega apnenca, karnijskega skrilavca in ostankov svinčevocinkove rude. Manjši del jalovine je bil ponovno predelan v Žerjavu. Žerjavski odval in Kavšakova halda skupaj predstavljata največje odlagališče rudarsko-predelovalnih odpadkov v zgornji Mežiški dolini, ki se nahaja ob Jazbinskem potoku blizu nekdanje topilnice svinca in cinka v Žerjavu. Material je sestavljen iz separacijske in jamske jalovine, pretežno wettersteinskih karbonatov in ostankov rude. Jalovino

večinoma uporabljajo za gradbeni material. Odval Fridrih je staro odlagališče siromašne rude in jamske jalovine (wettersteinski karbonati), ki se nahaja v grapi Junčarjevega potoka nad Mežico.

Z namenom, da bi ugotovili vplive odlagališč na visoke vsebnosti težkih kovin v medijih okolja je bila izvedena kemijska analiza z ICP-MS po razklopu z zlatotopko in SEM/EDS analiza materiala iz opisanih odlagališč. Kemijska analiza je pokazala, da so vsebnosti cinka, svinca in kadmija najvišje v materialu iz Štoparjevega odvala, medtem ko so bile najvišje vsebnosti molibdena, vanadija in arzena izmerjene v materialu odvala Fridrih. SEM/EDS analiza je pokazala, da svinca v materialu iz odlagališč nastopa večinoma v obliki cerusita, cink pa v obliki sfalerita in smithsonita. V odvalu Fridrih pa je pogost tudi mineral descloizit, glavni nosilec vanadija. Rezultati SEM/EDS so pokazali tudi, da je precejšen del svinca in cinka, še posebej v materialu halde Fridrih, vezanega v železove oksid-hidrokside (npr. limonit) in železove oksid-hidroksi sulfate (npr. plumbojarosit), ki so vmesni produkti preperevanja rudnih sulfidnih mineralov. Te faze delujejo kot pomemben ponor za težke kovine, ki jih vežejo, stabilizirajo in tako nadzirajo vsebnosti težkih kovin v okoljskih medijih.

### Geophysical and archaeological survey, satellite imagery and archaeological excavations - complementary contributions to reconstruct a Classical-Hellenistic urban landscape - the case of Düzen Tepe (SW-Turkey).

Branko Mušič<sup>1</sup>, Kim Vyncke<sup>2</sup>, Hannelore Vanhaverbeke<sup>3</sup>, Patrick Degryse<sup>4</sup>, Véronique De Laet<sup>4</sup>, Igor Medarič<sup>5</sup>, Matjaž Mori<sup>6</sup> & Marc Waelkens<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Gearh d.o.o., Radvanjska 13, 2000 Maribor, brankomusic1@yahoo.com

<sup>2</sup>Sagalassos Archaeological Research Project, Department Archaeology, K.U. Leuven, Belgium

<sup>3</sup>Department of Archaeology, Fac. Arts and Sciences, Burdur, Turkey

<sup>4</sup>Center for Archaeological Sciences, section Geology, K.U. Leuven, Belgium

<sup>5</sup>Liminjanska 77, 6320 Lucija

<sup>6</sup>Hrastje 65, 2341 Limbuš

In 2005, during the annual 'intensive' archaeological surveys in the peri-urban zone of Sagalassus (Pisidia, southwest Anatolia), the remains of an extensive Classical-Hellenistic settlement were identified at Düzen Tepe, 1.8 km southwest of Sagalassos. The first results of the investigation of the site, comprising archaeological and geophysical surveys, architectural mapping, small-scale excavations, archaeometric and environmental research, are presented here, together with a preliminary discussion of the settlement's most likely socio-economic background. It is clear that the (proto-)urban settlement at Tepe Düzen, densely inhabited during the eighth to fourth centuries BC, was the predecessor of Hellenistic to Early Byzantine Sagalassus.

The site is the first of its kind to shed light on the material culture of the ancient inhabitants of the region, the 'Pisidians'. Archaeological test soundings, as well as geophysical survey and an interdisciplinary study of the excavated finds were initiated in the central part of the plateau in 2006 (Vanhaverbeke et al. in press; Waelkens et al. in press).

In 2006 and 2007 geophysical survey, using both GPR (georadar) and magnetometry to different extents was carried out on the site to trace subsurface remains in geomorphologically variable karstic conditions. The shallowly buried remains of structures (in fact, their limestone socles) were quite clearly detected by both the magnetic method and by GPR.

The strong contrast between the magnetic susceptibility of the limestone building material and the topsoil even allowed to trace internal subdivisions of the structures.

The average magnetic susceptibility, measured by a Kpameter KT-5, of 54 soil samples from Tepe Düzen is  $5.19 \times 10^{-3}$  SI, which illustrates the significant contrast between topsoil and the nearly non-magnetic limestone bedrock.

The choice of magnetometer in such conditions is strictly limited to high resolution instruments in gradient mode (Geometrics G-858 in our case) (see Mušič et al., 2009).

From 2008 onward, large scale excavations have been executed in an area where geophysical survey identified the presence of a large, multi-roomed building.

#### References:

- Mušič, B., De Laet, V., Martens, F., Similox-Tohon, D., Verstraeten, G., Poblome J., Talloen, P., Uytterhoeven, I., Waelkens, M. (2009). Geophysics, satellite imagery, urban survey and archaeological excavations - complementary contributions to reconstruct a past urban landscape - the case of Sagalassos (SW-Turkey). In W. Börner (ed.), *Archäologie und Computer*, 5.-7. November 2008: Workshop 13: Kulturelles Erbe und neue Technologien (Archaeology & Computers). Wien
- Vanhaverbeke, H., Waelkens, M., Vyncke, K., De Laet, V., Aydal, S., Mušič, B., De Cupere, B., Poblome, J., Braekmans, D., Degryse, P., Marinova, E., Verstraeten, G., Van Neer, W., Šlapšak, B., Medarič, I., Ekinci, H.A. and Erbay, M.O. (2010). The 'Pisidian' culture? The Classical-Hellenistic site at Düzen Tepe near Sagalassos (southwest Turkey). *Anatolian Studies* 60: 105-128.
- Waelkens, M., Poblome, J., Vyncke, K., Braekmans, D., Vanhaverbeke, H., Degryse, P., De Cupere, B., Van Neer, W., Marinova, E., Paulissen, E., Lauwers, V., Van Heesch, J., Aydal, S., Mušič, B., Šlapšak, B., Medarič, I., Ekinci, H.A., Erbay, M.O. (2010). 'From Düzen Tepe to Sagalassos' or 'Düzen Tepe next to Sagalassos? *Anatolian Studies*. - in press.

## Geologic structure of the Rogaška Slatina aquifer system and its geochemical characteristics

Matevž Novak<sup>1</sup>, Bogomir Celarc<sup>1</sup>, Lea Lajmiš<sup>2</sup>, Albrecht Leis<sup>3</sup> & Branka Trček<sup>4,1</sup>

<sup>1</sup>Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ul. 14, 1000 Ljubljana, matevz.novak@geo-zs.si

<sup>2</sup>Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Ljubljana

<sup>3</sup>Joanneum Research, Forschungsgesellschaft mbH, Institut für Wasser, Ressourcen Management, Graz, Austria

<sup>4</sup>Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo, Maribor

Rogaška Slatina is famous for mineral water belonging to the magnesium-sodium-hydrogen carbonate-sulphate facies. It is exploited from five boreholes that are 24 to 600 m deep. The groundwater discharge is 0.1 to 1.4 l/s, the temperature is 11.9 to 28.4 °C, the specific electroconductivity is 5160 to 11000 mS/cm and pH 6.4 and 6.9.

For the Rogaška aquifer system, the nature of geological structures, their mutual relations and extent haven't been explained at

a satisfactory level as yet. Therefore, questions on the groundwater recharge area, the dynamics and on solute transport have remained open.

With regard to results of previous hydro-geochemical investigations (Pezdič, 1997) it was presumed that the Boč massif north of Rogaška Slatina is a catchment area of Rogaška mineral waters, although geological data did not support this hypothesis. Hence, detailed geological, hydrogeological, chemical, geochemical, isotopic and microbiological investigations were performed to answer open questions. The aquifer system of the Boč massif was mapped in detailed. The lithological map clearly indicates the interdependence between changes in lithology and a hydrological network. The most important outcome of the structural-geological mapping is the better understanding of the Boč massif tectonic structure, which contradicts previous interpretations. According to our model, Upper Paleozoic to Lower Mesozoic carbonate complex of the Boč massif is not thrust to the north over the Miocene clastic rocks as it is illustrated in the Basic Geological Map (Aničič & Juriša, 1984). But it was found out that the contact between the discussed rock units in the northern slope of Boč mountain is inclined at about 75° to the N-NW direction. This finding is especially important to prove our research hypothesis that the Boč massif as a catchment area could be also the recharge area of Rogaška mineral waters. Previous models do not permit such an interpretation since the fractured carbonate aquifer system would be cut off with thrust fault in relatively shallow depths. Impermeable Miocene clastic rocks below the supposed contact would not allow groundwater flows to reach Rogaška Slatina.

Our model is also in accordance with structural-geological models of broader region in which anastomosing sub-vertical system of NW-SE and E-W trending dextral strike-slip faults are arranged in a positive flower structure in a transpressional tectonic regime (Márton et al., 2002).

The discharge of important surface streams and boreholes was monitored and precipitation was registered at three different altitudes to get data for hydrological balance of the study area. The quality monitoring run parallel - groundwater was sampled for <sup>18</sup>O, <sup>2</sup>H, <sup>3</sup>H, <sup>13</sup>C-DIC and <sup>14</sup>C isotopic analyses. <sup>3</sup>H data points out old mineral waters RSL-1, RSL-2, RSL-6, RSL-7 and RSL-11. RSL-3 is also mineralized, but it should be mixed with young fresh water.

The synthesis of results enabled precise definition of the study water body and construction of a local hydrological model in the next research phase, which will enable insight into mechanisms of groundwater flow and solute transport processes in the research area. They gave important information on the recharge area and on the groundwater origin, on mixing processes and groundwater residence times and with that on hydrodynamic connections among individual aquifers.

#### References:

- Aničič, B. & Juriša, M. (1984). Osnovna geološka karta SFRJ, list Rogatec, 1:100.000. Zvezni geološki zavod, Beograd.
- Márton, E., Fodor, L., Jelen, B., Márton, P., Rífelj, H. & Kevrić, R. (2002). Miocene to Quaternary deformation in NE Slovenia: complex paleomagnetic and structural study. *Journal of Geodynamics* 34: 627-651.
- Pezdič, J. (1997). Recharge and retention time study of a partly karstified area of Boč (Eastern Slovenia) using hydrogen, oxygen and carbon isotope composition as natural tracers. *Isotopes Environ. Health Stud.* 33: 293-306.

## Badenijske papinide in uvigerinide z jugozahodnega obrobja Panonskega bazena (vzhodna Slovenija)

Katarina Oblak

Oblak laboratory for Foraminiferal Research, Verd 86, 1360 Vrhnika, katarina.oblak@ntf.uni-lj.si

Foraminiferni družini Pappinidae Haunold in Uvigerinidae Haeckel vključujeta morfološko in ekološko zelo podobne luknjičarke, ki so bile skoraj stoletje združene v enotno družino uvigerinid. Oddvojitvev papinid od omenjene skupne družine leta 1990 je temeljila na spoznanju, da je biserialnost, ki se pojavi le v končnem stadiju rasti pappinidnih hišic, zadosten pogoj za osnove nove samostojne družine.

V badenijskih plasteh šestih profilov vzhodne Slovenije sem v lapornatih vzorcih določila naslednjih 14 vrst papinid in uvigerinid: *Pappina parkeri* (Karrer), *P. neudorfensis* (Toula), *Uvigerina aculeata* d'Orbigny, *U. acuminata* Hosius, *U. bellicosata* Łuczowska, *U. brunensis* Karrer, *U. macrocarinata* Papp & Turnovsky, *U. cf. pygmea* d'Orbigny, *U. pygmoides* Papp & Turnovsky, *U. semiornata* d'Orbigny, *U. venusta* Franzén, *Angulogerina angulosa* (Williamson), *A. esuriensis* (Hornibrook) in *Trifarina bradyi* Cushman (Oblak, 2006).

Na celotnem območju Centralne Paratetide veljata družini uvigerinid in papinid za pomembnejši bentoški stratigrafski indikatorski skupini, pogosto uporabljeni v namen bioconacije miocena (Cicha et al., 1998, Papp & Schmid, 1978, Rijavec, 1978). Značilna stratigrafska razporeditev zgoraj omenjenih vrst je opazna tudi vzdolž badenijskih profilov moje raziskave. V starejšem spodnjem badeniju se pojavijo vrste, ki izginejo že do konca spodnjega badenija: *U. macrocarinata*, *U. pygmoides*, *U. acuminata* oziroma tekem srednjega badenija: *P. parkeri*, *U. aculeata* in *T. bradyi*. Vrste *P. neudorfensis*, *U. cf. pygmea*, *U. venusta* in *U. brunensis* se na celotnem paratetidnem območju pojavijo šele v srednjem badeniju. V mojih profilih so prisotne v višjem delu srednjega badenija in dalje v zgornjem badeniju. Njihov prvi pojav služi za razmejitev starejšega in mlajšega srednjega badenija. V srednjem badeniju se pojavlja tudi vrsta *A. esuriensis*, ki nima indikatorskega pomena. V zgornjem badeniju se pojavi še zadnja izmed določenih vrst *U. bellicosta*, ki do konca badenija kot vse preostale še živeče papine in uvigerine izumre. Vrsti *U. semiornata* in *A. angulosa* ne kažeta stratigrafske vrednosti, saj se pojavljata v sedimentih skozi celoten badenij. V ekološkem pogledu so vse določene vrste značilne prebivalke globljega evhalinega okolja. So infavnistične in tolerantne tudi do slabše oksigeniranosti sedimenta.

### Literatura:

- Cicha, I., Rögl, F., Rupp, C. & Čtyrková, J. (1998). Oligocene - Miocene foraminifera of the Central Paratethys. Abh. Senckenberg. Naturforsch. Ges. 549: 1-325.
- Oblak, K. (2006). Foraminiferna taksonomija, biostratigrafija in paleoekologija badenija v Planinski sinklinali (vzhodna Slovenija, Centralna Paratetida). Ph.D. Thesis. Ljubljana: University of Ljubljana, 310 pp. 60 pls.
- Papp, A. & Schmid, M. E. (1978). Die Entwicklung der Uvigerinen im Badenien der Zentralen Paratethys. In: Brestenska, E. (Ed.), Chronostratigraphie und Neostatotypen, Miozän der Zentralen Paratethys, Bd. VI, Badenien, 279-284, VEDA, Bratislava.
- Rijavec, L. (1978). Tortonska in sarmatska mikrofavna v zahodnem delu Slovenskih goric. Geologija, 21: 209-238.

## Srednjemiocenski mikrofosili vzhodne Slovenije

Katarina Oblak

Oblak laboratory for Foraminiferal Research, Verd 86, 1360 Vrhnika, katarina.oblak@ntf.uni-lj.si

V srednjemiocenskih plasteh vzhodne Slovenije so mikrofosili in fosilizirani drobci večjih organizmov zelo številni in raznoliki, kar kaže na ugodne pogoje uspevanja v tedanjem morju. Mnogi med njimi so odlični biostratigrafski in paleoekološki indikatorji. Najznačilnejše so foraminiferne hišice, ki po pogostnosti daleč presegajo ostale mikrofosilne ostanke. Iz izpirkov 159 vzorcev je opisanih 198 vrst in podvrst ter 132 rodov (Oblak, 2006).

Od ostalih mikrofosilov so najštevilnejši ostrakodi, med katerimi je določenih 18 vrst in 16 rodov. Večina opaženih vrst je prisotna samo v badenijskih sedimentih, medtem ko le redki preživijo prehod badenij/sarmatij (*Loxocorniculum hastatum*), oziroma se v sarmatiju šele prvič pojavijo (*Aurila hispidula*, *A. merita*). Vse tri omenjene vrste uvrščamo v družino Hemicytheridae, za katero je značilna toleranca do zmanjšane slanosti morja, in s tem zmožnost preživetja v sarmatijskem okolju (Gross, 2002).

Med ehinodermski ostanke so napogostejše iglice morskih ježkov, redkejši so drobci njihovih koron, lateralne ploščice in vretenca kačjerepov ter najredkejše aktinalne ploščice morskih zvezd (Kroh, 2002). Z izjemo nekaterih kačjerepov, ki lahko preživijo tudi v nekoliko oslajeni vodi, so ehinodermi izrazito stenohalini organizmi. V vzorcih se pojavljajo v celotnem badeniju, z manjšim upadom v zgornjem badeniju. V sarmatiju se, razen v vzorcih z opazno presedimentacijo iz badenijskih plasti, ne pojavljajo več.

Spikule spongij spadajo med manjše mikrofosile, ki dosegajo večinoma velikost okoli 100 µm. Pojavljajo se skozi celoten badenij, z viškom v spodnjem badeniju. Diverziteteta je velika; med opaženimi primerki so prisotne monaksone, diaksone, triaksone, tetraaksone, heksaksone in poliaksone (Wiedenmayer, 1994).

Briozojski ostanke so redkejši. Pojavljajo se v celotnem badeniju in zelo maloštevilno dalje v sarmatiju; z viškom v mlajšem spodnjem badeniju. Določeni so trije rodovi.

Ribje ostanke predstavljajo posamezne koščice ali otoliti, ki se pojavljajo v badeniju in sarmatiju; so razmeroma redki, z nekoliko višjim deležem v srednjem badeniju.

Ostanke mehkužcev so najpogostejši v obliki odlomkov školjčnih ali polževih lupinic. Pteropodi so maloštevilni v badeniju in sarmatiju; v večjem številu se pojavijo le v srednjebadenijskih vzorcih. Med mehkužci je zanimiva tudi prisotnost skafopoda iz rodu *Cadulus*.

Med rastlinskimi ostanke je opaziti bolboforme, ki jih trenutno uvrščajo k algam (Chrysophyta) (Szczechura, 1986). Prisotne so skozi celoten badenijski in v manjšem številu tudi sarmatijski profil, vendar z nizko abundanco in diverziteteto. Določeni sta dve vrsti.

### Literatura:

- Gross, M. (2002). Mittelmiozäne Ostracoden aus dem Wiener Becken (Badenium/Sarmatium, Österreich).- Naturwissenschaftliche Fakultät Karl-Franzens-Universität Graz, 343 str., Graz.
- Kroh, A. (2002). The Echinodermata of the Langhian (Lower Badenian) of the Molasse Zone and the northern Vienna Basin (Austria). Ann. Naturhist. Mus. Wien 104A: 155-183.

- Oblak, K. (2006). Foraminiferna taksonomija, biostratigrafija in paleoekologija badenija v Planinski sinklinali (vzhodna Slovenija, Centralna Paratetida). Ph.D. Thesis. Ljubljana: University of Ljubljana, 310 pp. 60 pls, Ljubljana.
- Szczuchura, J. (1986). Microproblematiks Bolboforma and Bachmayerella from the Middle Miocene of Central Paratethys. - Acta Palaeontologica Polonica 31(3-4): 213-228.
- Wiedenmayer, F. (1994). Contribution to the knowledge of post-Palaeozoic neritic and archibenthal sponges (Porifera). Schw. Paläont. Abh. 116: 1-84.

## Hipogena speleogeneza med Besnico in Kropo na Gorenjskem (Turkovo in Jeralovo brezno)

**Bojan Otoničar & Matija Perne**

*Inštitut za raziskovanje krasi ZRC SAZU, Titov trg 2, 6230 Postojna, otonicar@zrc-sazu.si*

V Sloveniji do sedaj še ni bila opisana jama, katere nastanek bi v glavnem ali celoti povezovali s hipogenimi procesi. Raziskali smo dve jami, ki se nahajata v spodnjih delih izoliranih apnenčastih erozijskih krp v jugozahodnem hribovitem podaljšku Jelovice, v smeri proti Ljubljanski kotlini. Jami sta razviti v nekaj več kot 100 metrov debelem zaporedju srednje in zgornje triasnih karbonatnih kamnin, ki leži preko srednje triasnih vulkanogenih in/ali spodnje kredih siliciklastičnih sedimentih kamnin. V bližnji in širši okolici raziskovanega območja pokrivajo karbonatne in nekarbonatne mezozojske kamnine oligocenske usedline, v glavnem konglomerat in laporasta glina (sivica). Raziskovano območje seka nekaj relativno močnih dinarsko usmerjenih prelomov, ki določajo položaj in pretok več subtermalnih in termalnih ter enega mineralnega izvira.

Jama Turkovo brezno (kat.št.: 234), ki se nahaja v hribu Mali vrh (821 m n.m.v.) nad vasjo Rovte, predstavlja 892 m dol in 92 m globok labirint jamskih rogov. Glavni rovi so približno 5 m široki in do 10 m visoki, medtem ko so stranski, slepi in povratni, ožji in nižji. Okoli 500 m dolga in 80 m globoka jama Jeralovo brezno (kat.št.: 3854) se nahaja v hribu Rovnik (707 m n.m.v.) pri vasi Njivica. Generalno so rovi ožji in nižji, vendar celo bolj prepleteni kot v Turkovem breznu. Jami kažeta relativno kompleksen tridimenzionalen vzorec rogov, razvitih po prelomih in razpokah. Za obe jami so značilni relativno velika osrednja dvorana/rov, manjši slepi in povratni rovi, hitre spremembe v presekih rogov in strmo se dvigajoči rovi. Predvsem v Jeralovem breznu so manjši rovi ob veliki osrednji dvorani/rovu urejeni v mrežasto ali celo spužvasto oblikovan labirint. Dva ali več rogov razvitih blizu skupaj vzdolž iste razpoke pogosto ločuje le tanka pregrada. Lokalno so rovi združeni s sferičnimi/eliptičnimi zaobljenimi okni ali pa vzdolž daljšega odseka sosednjih vzporednih rogov, kar se odraža v značilnih presekih oblike ključavnice ter vmesnimi stebričastimi ostanki prvotnih sten. Mestoma so pregrade med gosto prepredenimi rovi porušene. Jamske stene so v glavnem zelo nepravilne ali valovite toda v glavnem zaobljene. Preseki glavnih rogov so običajno nepravilni in povišani, manjših pa pogosto sferični do eliptični. V spodnjih delih jam so vzdolž glavnih razpok razviti pretežno subvertikalni do meter široki rovi, ki se pridružijo glavnemu rovu in dvoranam od spodaj ali s strani. Ti, t.i. dovodni rovi, se pogosto nadaljujejo v dvigajoče se stenske in stropne žlebove, ki se lahko končajo z ušesasto oblikovanimi ustji, stropni-

mi kotlicami ali kupolami. Dvigajoči se stenski žlebovi so pogosto razviti tudi v nadaljevanju stranskih slepih rogov. Stropne kotlice in kupole so zelo pogoste in pokrivajo strop v praktično vseh delih opisanih jam. Lahko so preproste ali kompleksne, plitve in globoke (do nekaj metrov) in lahko prehajajo v do nekaj decimetrov široke rove, ki povezujejo večje jamske rove. Obe jami imata le en vhod, ki se nahaja na koncu strmega dvigajočega se odvodnega rova. V Jeralovem breznu opazujemo skupino odvodnih subvertikalnih eliptičnih lokalno združenih rogov z gladkimi stenami, medtem ko predstavlja strm odvodni rov v Turkovem breznu več generacij stropnih kotlic in kupol. Kjer je strop dvorane relativno strmo nagnjen, je lahko lokalno gostota stenskih/stropnih žlebov taka, da se tvorijo med njimi stropne štrline.

Razporeditev jamskih rogov, njihov vzorec, pogojen v veliki meri z razporeditvijo razpok, ter morfologija jamskih sten in stenskih skalnih oblik kažejo na hipogeno speleogenezo obravnavanih jam. Labirinti, kjer je bila vsaka razpoložljiva odprtina (razpoka) povečana do primerljive velikosti, odsotnost faset značilnih za hiter vodni tok in zgoraj omenjene skalne oblike kažejo značilnosti raztapljanja z dvigajočo se vodo oziroma s prosto konvekcijo. S pogoji, ki jih zahteva hipogena prečna speleogeneza so skladne tudi geološke razmere, saj domnevamo, da je bilo zgornje »zaporno« zaporedje oligocenskih kamnin, erodirano med in po dvigu Jelovice in sosednjega preiskovanega območja. Čeprav je težko neposredno vzporediti recentne hidrotermalne in geokemične značilnosti določenih izvirov raziskovanega območja je možno, da so bili dotoki v domnevno zaprt »paleovodonosnik« zgoščeni vzdolž podobnih prelomov kot določajo lego in lastnosti recentnih izvirov.

## Pomen Kvarnerskega, Sosljanskega in Medejskega preloma

**Ladislav Placer**

*Pod akacijami 13, 1000 Ljubljana, Ladislav.Placer@geo-zs.si*

Vzhodni del padskega bloka trdnega jedra Jadranske mikroplošče ali »Adrie« je segmentiran s tremi prečnodinarsko usmerjenimi prelomi, Kvarnerskim, Sosljanskim in Medejkim prelom. Od teh je najpomembnejši Kvarnerski prelom, ker deli »Adrio« na jadranski in padeški blok. Skupna značilnost teh prelomov je, da segajo pod Zunanjedinarski naluskani pas v katerem se njihova prisotnost v globini na površju različno odraža.

Nastanek prelomov ni bil istočasen, nastali ali reaktivirali so se v miocenu s pričetkom podiranja Jadranske mikroplošče pod Dinaride in Južne Alpe, ki traja še danes. Skozi čas so doživeli več faz razvoja pri različnih napetostnih stanjih. Podiranje padskega bloka pod Zunanje Dinaride je definirano s Istrsko-Furlansko podrivno cono in bočno deformiranim ozemljem imenovanim Istrsko potisno območje.

Kvarnerski prelom ali Kvarnerska prelomna cona ni vidna na površju, ker poteka pod morskim dnem.

Nanjo je mogoče sklepati posredno po deformiranih strukturah Zunanjedinarskega naluskanega pasu. Te se kažejo v obprelomnih gubah z vertikalno osjo rotacije (zasuk osi Čičarijskega antiklinorija proti SSW in naluskanih struktur Kvarnerskih otokov

proti NNE) in horizontalno osjo rotacije (antiklinala vzporedna vzhodnoistrski obali).

Sesljanski prelom je edini viden na površju v dnu Sesljanskega zaliva. Njegov potek v globini pod Zunanjedinarskim naluskanim pasom zaznamuje zasuk osi Tržaška-Komenskega antiklinorija in Vipavskega sinklinorija proti WSW.

Medejski prelom je prekrit s sedimenti Furlanske nižine. Nanj posredno kaže zgradba Medejskih gričev, ki tvorijo antiklinalno strukturo prečnodinarske smeri v Zunanjedinarskem naluskanim pasu. Segmenti »Adrie« med obravnavanimi prelomi so pod Dinaride podrinjeni različno. Najbolj blok med Kvarnerskim in Sesljanskim prelomom (Istrski blok), manj blok med Sesljanskim in Medejskim prelomom, najmanj blok severozahodno od Medejskega preloma.

Zgradba prelomnih kril kaže na večfazno premikanje v različnih dinamskih pogojih pod Dinaride in Južne Alpe. Recentni relief je v veliki meri odvisen od teh premikov.

### Interpretacija geoelektrične anomalije v krovni cikloteme Perunk-zgornje paleocenski flišni kompleks okolice Anhovega

Željko Pogačnik

Salonit Anhovo, d.d., Vojkova 1, 5210 Deskle Deskle, zeljko.pogacnik@salonit.si

Območje Anhovega umeščamo na obrobje Furlanskega paleogenskega bezena (Placer et al., 2010), ki loči Furlansko karbonatno platformo od osrednjega dela Jadransko-dinarske karbonatne platforme. V zgornjem maastrichtiju je prišlo zaradi delovanja različnih tektonskih faz do razpada "mega karbonatne platforme" na manjše strukturne enote. Omenjeni dogodki so botrovali pospešeni turbiditni in karbonatni sedimentaciji od maastrichtija do zgodnjega eocena, v bolj ali manj medsebojno ločenih sedimentacijskih kadunjah, ki so nastale med posameznimi mirkoenotami. Buser (1986) uvršča stratigrafsko turbidite v okolici Anhovega v spodnji paleocen, rezultati najnovejših raziskav (Pogačnik et al., v tisku) pa omenjene sedimentne kamnine uvrščajo v thanethij-zgornji paleocen. Nesortirano, konglomeratno, olisostromno brečo z laporastim vezivom (Buser, 1986), talnino turbidita, sestavljajo lahko tudi olistoliti-apnenčevi bloki, prostornine do 90.000 m<sup>3</sup>.

V obdobju 2006-2007 so se na območju ciklotem izvajale raziskave o električni upornosti kamnin (Pogačnik & Car, 2007) za potrebe določitve kakovosti mineralne surovine pri proizvodnji cementnega klinkerja. Določitev posameznih litoloških enot se je vršila na osnovi ločitve kalkarenitnih in kalciruditnih serij znotraj popolnih turbiditnih ciklotem Rodež, Podbrdo in Perunk. Električni upornostni skali je bil pripisan ekvivalentni masni deleži CaCO<sub>3</sub>, ki je bil določen na podlagi kemičnih analiz, obstoječih podatkov vrtin in etalonskih geoelektričnih meritev vzorcev iz lokacij geoelektričnih raziskav. V območju, kjer je bilo po predvidevanjih pričakovati litološke člene z nizkim deležem karbonata – krovina cikloteme Perunk, so rezultati analiz pokazali anomalijo. Odstopanje predstavlja območje z visokim deležem CaCO<sub>3</sub>, nad 92 wt%. Med nadaljnjim geološkim kartiranjem krovine, je bila določena velikost apnenčevega bloka, ki

presega 50.000 m<sup>3</sup>. Pri tem smo si postavili dve vprašanji; katere starosti je omenjeni blok in kako ga lahko smiselno umestimo v rekonstrukcijo paleodogodka – turbidita Perunk.

Rezultati sedimentoloških analiz kažejo, da v spodnjem delu apnenčevega bloka nastopajo dobro sortirani biosparitni apneneci z rudisti, katerim z erozijsko mejo sledi horizont breče s psevdomikritno in alomikritno osnovo, razvitim t.i. bladed in dog tooth kalcitnim cementom med biopelsparitnimi in biosparitnimi intraklasti. Nad apnenčevim blokom so se odložile kamnine midi-turbiditnega dogodka debeline 4 m. Turbidit je razvit v popolni Baoumovi sekvenci. V zgornjem delu intervala Ta zasledimo prvič presedimentirane diskocikline in numulitine, v prehodu iz Td v Tef interval pa opažamo v laminiranem laporovcu posamezne alomikritne gomolje, ki kažejo na proces gravitacijskega plazanja. V vrhnjem delu Tef sledimo menjavi lamin avtomikrita in alomikrita bogatega s planktonsko favno.

Upoštevajoč bogato rudistno favno kaprinid, rodu *Sabinia*, uvrščamo blok v zgornjo kredo. Čelna, laporno-apnenčeva konglomeratna breča (v kateri so opazne strukture upogitve), ter razvita midi turbiditna sekvenca nad blokom (z numulitinami in diskociklinami) kažejo, da je bil apnenčev blok ob eroziji turbidita Perunk resedimentiran iz spodnjega dela pregiba platforme v ravnico turbiditne pahljače.

#### Literatura:

- Buser, S. (1986). Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, tolmač lista Tolmin in Videm (Udine), Zvezni geološki zavod, Beograd.  
 Pogačnik, Ž. & Car, M. (2007). Prostorska umestitev fliša v okolici Rodeža-integriran raziskovalni pristop. Geološki zbornik 19: 87-90.  
 Pogačnik, Ž., Pavšič, J., Jurkovšek, B. & Miler, M. (2010). Stratigrafija presedimentiranih rudistnih klastov iz paleocenskih turbiditov okolice Anhovega, v tisku.  
 Placer, L., Vrabec, M. & Celarc, B. (2010). The bases for understanding of the NW Dinarides and Istria Peninsula tectonics. Geologija 53/1: 55-86.

### Kvartarni paleoplazovi na Rebrnicah

Tomislav Popit<sup>1,2</sup> & Adrijan Košir<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Paleontološki inštitut Ivana Rakovca ZRC SAZU, Novi trg 4, Ljubljana  
<sup>2</sup>Oddelek za geologijo NTF UL, Privoz 11, 1000 Ljubljana,  
 tomi.popit@ntf.uni-lj.si

Geološko kartiranje in sedimentološke raziskave pobočnih sedimentov, ki smo jih v okviru spremljave gradbenih del na hitri cesti Razdrto-Vipava izvajali na Paleontološkem inštitutu Ivana Rakovca ZRC SAZU, so pokazale, da je zgradba in geneza kvartarnih sedimentov na območju Rebrnic izredno kompleksna. To so pokazale tudi številne težave pri gradbenih delih, med katerimi se je aktiviralo več zemeljskih plazov, npr. plaz Rebrnica. Med obsežnimi akumulacijami karbonatnega grušča, ki leži na nagubanih in tektonsko porušeni flišnih kamninah, smo izdvojili pet večjih sedimentnih teles, ki smo jih poimenovali plaz Otošče, plaz Sv. Magdalena, plaz Šumljak, plaz Lozice in plaz Podgrič. Sedimentna telesa so pahljačaste oblike in segajo od vznožja Nanosa v Vipavska brda in vse do potoka Močilnik. Njihova skupna površina znaša več kot 1.4 km<sup>2</sup>.

Spodnje dele sedimentnih teles, ki so običajno odloženi neposredno na flišnih plasteh, sestavlja poleg flišne preperine,

predvsem srednje do drobno zrnat muljasto-peščen sediment z redkimi klasti apnencev in peščenjakov, ponekod velikimi več kubičnih dm. V zgornjem delu prevladuje karbonatni grušč s sorazmerno homogeno strukturo. Takšno zaporedje plasti se pojavlja predvsem v plazovih Podgrič, Šumljak in Lozice, kjer so velike količine karbonatnega grušča odložene na muljasto-peščenem sedimentu. V posameznih delih sedimentnih teles se pojavljajo tudi številni drugi različni sedimentov (prisotnost tako flišnih kot karbonatnih klastov v različnem razmerju in spremenljivi osnovi). Redkeje se ti sedimenti pojavljajo v gruščnatih nanosih plazov, pogosteje pa na območjih, kjer plazov ni.

Temeljna ugotovitev raziskav je, da pretežni del kvartarnih sedimentov na Rebrnicah tvorijo fosilni plazovi, ki so nastali z različnimi mehanizmi gravitacijskih masnih premikanj, pri čemer domnevamo, da so se velika sedimentna telesa akumulirala predvsem s sedimentnimi gravitacijskimi tokovi (najverjetneje v pleistocenu) in ne (le) s procesi relativno počasnega plazanja (drsenja), ki je značilno za danes aktivne plazove na trasi hitre ceste. Raznolikost sestave sedimentov kaže na kompleksnost sedimentacije in mehanizmov transporta, ki so vezani na manjša, bolj lokalna pobočna premikanja. Sedimenti, ki so odloženi v obliki velikih pahljč konveksnih oblik, pa kažejo na velike fosilne plazove, ki so vsaj v primerih plazu Otošče, Sveta Magdalena, Šumljak, Lozice in Podgrič najverjetneje imeli lastnosti blatno-drobirskih tokov.

## Prostorska in časovna spremenljivost korozije v pomembnejših slovenskih jamah Dinarskega krasa

Mitja Prelovšek

Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Titov trg 2, 6230 Postojna, mitja.prelovsek@zrc-sazu.si

Raztapljanje oziroma korozijo pogosto smatramo za najpomembnejši geomorfni proces na krasu. Čeprav so iznosi korozije po glavnih porečjih dobro znani, kljub temu le malo vemo o njenem količinskem iznosu, vertikalni in horizontalni prostorski intenziteti ter časovni spremenljivosti na lokalnem nivoju ali na nivoju posameznih geomorfni oblik. Še največ zanesljivih podatkov obstaja za slovenski visokogorski svet (Kanin), kjer je bila izmerjena površinska korozija s pomočjo mikrometra (Kunaver 1978) – iznos korozije v postglacialnem obdobju je enake magnitude kot višine kraških miz v visokogorskem svetu. Precej manj zanesljive so meritve korozije v prsti, ki jih je na slovenskem prostoru v 70. letih 20. stoletja izvajal Gams (1985), saj metodo spremlja veliko praktičnih problemov. Zaradi primanjkljaja tovrstnih korozijskih meritev smo se v letih 2005 in 2006 izvedli prve obsežnejše meritve korozije po jamah slovenskega krasa, katerih rezultati so bili predstavljeni na 2. slovenskem geološkem kongresu.

S ciljem po boljšem vpogledu smo od februarja 2006 do pomladi 2009 v pomembnejših jamah slovenskega krasa podrobneje proučevali korozijo tako v prostorskem kakor tudi v časovnem smislu, sočasno pa smo tudi izvajali primerjalne teste med posameznimi metodologijami (mikrometer-apnenčaste ploščice), litologijo apnenčastih ploščic (apnenci-dolomiti-marmor) ter metodami pritrditev (železo-inox-plastika). V Škocjanskih

jamah, Postojnsko-Planinskem jamskem sistemu, Križni jami, Tkalci jami, črpališču Malni, jami Lekinki in v Jelovički jami smo apnenčaste ploščice namestili na več različnih mest (horizontalni in vertikalni nizi), ploščice pa smo na istih mestih menjavali od dvakrat do 24-krat letno (Prelovšek 2009). S tem smo dobili veliko boljši vpogled v spreminjanje korozije vzdolž toka, po vertikalni osi (nihanje vode), spremljali pa smo tudi časovno komponento sprememb.

Skupen rezultat vsem meritvam so izredno nizke vrednosti korozije vzdolž podzemnih vodnih tokov kljub občasno ekstremno velikim pretokom. Letne intenzitete korozije se gibljejo večinoma med 0 in -0,0006 mm/l. Izjema je le jama Lekinka, ki je poznana po zelo visokih vrednostih, tudi pod -0,075 mm/l. V Postojnsko-Planinskem jamskem sistemu vzdolž Pivke in v Tkalci jami v Raku je korozija tako nizka, da je nismo mogli dokazati na nobenem mestu; namesto korozije se pojavlja celo kemično odlaganje materiala, najverjetneje sige. V Križni jami na najbolj korozijsko izpostavljenih delih znaša korozija le med 0 in -0,0005 mm/l, večinoma pa letna intenziteta odlaganja sige vzdolž vodnega toka daleč prekaša intenziteto korozije. Prostorske spremembe korozije/odlaganja sige vzdolž vodnih tokov so majhne v Postojnsko-Planinskem jamskem sistemu, Škocjanskih jamah, znatno večje pa v Križni jami in Lekinki. V Križni jami na vrsto in intenziteto procesa znatno vplivajo pritoki v glavni tok. Časovno gledano v Lekinki in Škocjanskih jamah najvišje vrednosti korozije sovpadajo z visokimi pretoki, v Križni jami pa ima znatno večji vpliv prezračevanje jame v zimskem času, odvisnosti od vodostaja pa skorajda ni. Mikro morfologija jamskih rogov včasih kaže jasno povezanost z izmerjenimi procesi (Škocjanske jame, Lekinka, deloma Križna jama), velikokrat pa je ravno obratno (Postojnsko-Planinski jamski sistem, Tkalca jama, Jelovička jama). Vsi rezultati kažejo, da je bila korozija pred holocenom višja oz. bolj pogost proces v kraških jamah kot je sedaj. Nizke vrednosti korozije v nekaterih jamah so bile izmerjene že v preteklosti (Oertly, Gams), vendar sočasno zavestno prezrte (Gams).

### Literatura:

- Gams, I. (1985). Mednarodne primerjalne meritve površinske korozije s pomočjo standardnih apneničskih tablet. Razprave IV. reda SAZU 26: 361-388.
- Kunaver, J. (1978). Intenzivnost zakrasevanja in njegovi učinki v zahodnih Julijskih alpah – Kaninsko pogorje. Geografski vestnik 50: 33-50.
- Prelovšek, M. (2009). Present-day speleogenetical processes, factors and features in the epiphreatic zone. Doktorska disertacija: 297 str.

## Izkoriščanje geotermalne energije v svetu in Sloveniji: stanje in izzivi

Dušan Rajver & Andrej Lapanje

Geološki zavod Slovenije, Dimičeva 14, 1000 Ljubljana, dusan.rajver@geo-zs.si

Geotermalna energija je ena od glavnih zvrsti energije v katerikoli energijski mešanici bodočnosti. Njene prednosti so številne: velik, čeprav še vedno omejeno razvit potencial, dostopen vseh 24 ur (prispeva pokrivanju osnovne obremenitve elektrike), povsod navzoča, okoljsko varna, domača, in ekonomsko rentabilna. Visoko spoštovan vir WEA (2000) izpričuje najvišji potencial

geotermalni energiji med vsemi oblikami obnovljivih virov energije (OVE).

Skupna inštalirana kapaciteta geotermalnih elektrarn v svetu se je v obdobju 2005-2010 dvigala letno za približno 350 MWe, tako da imamo ob koncu 2010 inštaliranih 10.715 MWe. Proizvedena električna energija bo v letu 2010 znašala 67.246 GWh v 24 državah.

Največje proizvajalke elektrike iz geotermalne energije so: ZDA, Filipini, Indonezija, Mehika, Italija, Islandija, Nova Zelandija in Japonska. Najbolj zmogljiva in produktivna geotermalna polja v svetu so: Gejziri (ZDA), Cerro Prieto (Mehika), Tongonan (Filipini), Larderello (Italija) in Salak (Indonezija).

Direktna uporaba geotermalne energije se odvija v 78 državah, njena inštalirana termična moč pa je 50.583 MWt s faktorjem izkoristka 0,27. Skupna izrabljena geotermalna energija v teh državah znaša 438.071 TJ/leto. Porazdelitev izrabljene toplotne energije po kategorijah je naslednja: 49% za talne geotermalne toplotne črpalke (GTČ) z odprtimi in zaprtimi sistemi, 24,9% za kopanje in plavanje vključno z balneologijo, 14,4% za ogrevanje prostorov (od tega kar 84% za daljinsko ogrevanje), 5,3% za rastlinjake in segrevanje tal, 2,7% za industrijsko procesno toploto, 2,6% za ribnike v akvakulturi, 0,4% za sušenje v poljedelstvu, 0,5% za taljenje snega in hlajenje ter 0,2% za ostale rabe. Prihranek energije je tako kar 46,2 milijone ton ekvivalenta nafte letno. Države z najvišjo direktno rabo geotermalne toplote so: Kitajska, ZDA, Švedska, Turčija, Japonska, Norveška, Islandija, Nemčija, Francija.

V Sloveniji se odvija le direktna raba geotermalne toplote, in sicer v 28 krajih. V zadnjih 5 letih so se pojavili v SV delu 4 novi uporabniki, v krajih Moravske Toplice-Vivat, Tešanovci, Dobrovnik in Benedikt. Inštalirana kapaciteta pri vseh direktnih uporabnikih znaša 65,7 MWt, ki letno izrabljajo 773 TJ geotermalne energije. Večina lokacij sestoji iz inštalacije, ki vsebuje centralne ogrevalne enote, termalne centre – zdravilišča v kombinaciji z ogrevanjem prostorov, ponekod pa so še rastlinjaki in daljinsko ogrevanje. Poleg teh so v porastu tudi talne GTČ, posebno v bivalnih aplikacijah. Sedaj imamo ca 4400 enot talnih GTČ s kapaciteto 49,9 MWt, ki dodatno letno odvezemajo 243,5 TJ geotermalne toplote. Pri nas torej geotermalna energija prispeva 1015 TJ/leto toplotne energije skupno za direktno rabo in za talne GTČ. Ustrezna inštalirana kapaciteta je 115,6 MWt. V zadnjih 5 letih je bilo izdelanih 24 vrtin s skupno globino 23,8 km.

Glede svetovne proizvodnje elektrike je trend porasta le-te iz geotermalne energije linearen v primerjavi z drugimi OVE, medtem ko porast proizvodnje iz vetrne energije kaže jasen pospešen trend, podobno velja za sončno fotovoltaično proizvodnjo elektrike, tako omrežno kot izven omrežno.

S ciljem držati korak s tema viroma energije se mora tudi porast proizvodnje geotermalne elektrike pospešiti. Do sedaj je porast v inštalirani kapaciteti geotermalnih elektrarn izhajal skoraj izključno iz »konvencionalnih« visokoentalpijskih hidrotermalnih virov. Razvoj geotermalnih elektrarn, temeljen na teh virih, bo ostal več ali manj linearen tudi v bodoče. Torej potrebujemo neko novo tehnologijo za eksponenten porast. EGS (angl. Enhanced Geothermal Systems) tehnologija lahko odigra takšno vlogo. Že visoko cenjena MIT študija predlaga, da bodo EGS bodočnost izkoriščanja geotermalne energije. Princip EGS je enostaven. Poglavitni del EGS inštalacije je izmenjevalnik toplote v globini. Imeti mora določene lastnosti, da je tehnično zmogljiv

in ekonomsko sposoben. EGS je danes še vedno na stopnji »dokaz zamisli« (angl. proof of concept) in še vedno imamo nekaj odprtih vprašanj v tem sistemu glede postavitve in delovanja izmenjevalnikov toplote. Pospešen razvoj EGS s ciljem povečati kapaciteto EGS sistema na vsaj nekaj deset MWe bi lahko priskrbel večji globalni delež geotermalne elektrike pod pogojem ustreznega financiranja, javnega in privatnega. Pomanjkljiva so še vedno izkustva o možnih časovnih spremembah EGS izmenjevalnika toplote. Brez tega izkustva v merilu geotermalnega polja glede dolgotrajne EGS proizvodnje ostanejo ekonomske ocene o inštalaciji, proizvodnji in stroških vzdrževanja neutemeljene. Obstajajo pomembne tehnične ovire za doseganje kratkoročnih in dolgoročnih ciljev pri EGS in UGR (angl. Unconventional Geothermal Resources) na naslednjih področjih: karakterizacija vira, načrt in razvoj geotermalnega rezervoarja, delovanje in vzdrževanje rezervoarja.

Dva najpomembnejša pogoja za razvijanje EGS morata biti potrjena z raziskavami: 1) temperature višje od 85°C in 2) obstoja prepustnih kamnin bodisi zaradi učinkovite poroznosti ali zaradi razpok.

Dva glavna cilja sta znižati tveganje »rudarjenja« in preskrbeti vse potrebne informacije iz podzemlja. In tehnološki izzivi, ki stremijo k tem ciljem, večinoma merijo k naslednjemu:

1. iskanje izboljšanih in na novo razvitih metodologij, sposobnih kartirati pogoje rezervoarja, ki so ustrezni za EGS izkoriščanje, posebno v lokalnem merilu,
2. preskrbeti strnjevanje podatkov (statičnih in dinamičnih) in analizo negotovosti,
3. iskanje orodij zmognih izboljšave prikaza stanja med obstoječimi vrtinami in izvajanja meritev v realnem času.

### Air-ground temperature tracking at Malence, Slovenia: What can we see after 6 years of subsurface temperature monitoring?

Dušan Rajver<sup>1</sup>, Jan Šafanda<sup>2</sup> & Petr Dedeček<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Geološki zavod Slovenije, Dimičeva 14, 1000 Ljubljana, dusan.rajver@geo-zs.si  
<sup>2</sup>Geophysical Institute of AS, Prague, Czech Republic

The 6 year fluently running of the climate observatory unit in the borehole V-8 at Malence, SE Slovenia, provides important information on long-term tracking of ground and air temperatures. The 16-channel monitoring unit is connected to 15 platinum probes. Air and ground temperatures down to 40 m depth are recorded in 30 minute intervals. We get also some insight of mechanism of depth propagation of inter annual variations of the ground surface temperature into the underground rock formation.

Daily averages of soil temperatures down to 1 m depth don't show any strong deviations in the 6-year seasonal variations, of course, their amplitude decreases with depth. As visible from the run at 1 m in soil the winter 2006-07 was cooler than others. The annual runs of daily temperature averages at the depths between 1 m and 10 m show some strange peculiarities. They are especially evident at depths of 2,5 and 5 m in spring-summer 2006, and at depths of 5 and 10 m in summer 2009. This is especially expressed from the daily averages in depths of 10 to 40 m, most evidently at 10 to 30 m depths since the early May 2008 onward. Probably some strong deviations in 2008 and 2009 can be attributed to some



hydrogeological influences such as high rain precipitation, but most probably there can be some other reasons for more »hairy« record, which we do not know at the moment. Daily averages at 40 m depth show constant increasing trend in this 6-year period but with some slowing down in the last 2 years. Temperature-depth profiles for the 15th day of each month and their annual means exhibit the highest temperatures in the upper 10 m of soil in 2007. The problem of temperature records at 20, 30 and 40 m can not be explained yet, we may just assume some effects of hydrology, but this can't be substantially documented by available facts. As shown in some 30 minute data records the influence of stronger precipitation can be nicely visible, especially at 0,5 and 1 m depths. We also can't exclude some technical reasons but they are to our opinion less possible. The subsurface temperature distribution depends obviously on a variety of factors, such as absorbed radiation energy, cloud cover, precipitation, lithological and geomechanical variations. Further monitoring results are still needed.

## Geološke delavnice za osnovnošolce

**Nina Rman**

*Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, Ljubljana 1000,  
nina.rman@geo-zs.si*

Geologija se v slovenskih osnovnih šolah ne poučuje kot samostojni predmet, ampak je tematsko razdeljena v več učnih snovi (Majcen, 2003). Zaradi pomanjkanja primernih učnih pripomočkov (geoloških vzorcev) ali usposobljenosti (prepoznavanje vzorcev) nekateri učitelji sodelujejo z Geološkim zavodom Slovenije, ki že nekaj let izvaja delavnice o osnovah petrologije, mineralogije, paleontologije in hidrogeologije.

Delavnice so primerne za osnovnošolce od 3. do 9. razreda, pri čemer se njihova zahtevnost prilagodi sposobnosti učencev. Z opazovanjem, primerjanjem, opisovanjem in merjenjem učenci, razdeljeni v štiri skupine, spoznajo lastnosti kamnin, mineralov, fosilov in vode. Ime vzorca je vedno podano vnaprej, saj je ravno pravilna identifikacija geološkega medija zaradi pomanjkanja izkušenj za učitelje najbolj težavna.

Poudarek je na opazovanju optičnih in fizikalnih lastnosti vzorcev, med kemičnimi pa je pomembna predvsem reakcija z 10% kislino HCl.

Pri kamninah in mineralih učenci določajo npr. barvo, specifično težo, hrapavost, velikost in obliko mineralov, prisotnost fosilov, prosojnost, reakcijo s kislino, barvo črte na porcelanu, sijaj, trdoto... Pri fosilih spoznajo različne oblike življenja in možnosti za njihovo ohranitev. Primerjajo mikroskopske in makroskopske fosile, prave in lažne fosile, različne sedimentne kamnine s fosili, ... Hidrogeološka skupina raziskuje različne vzorce vod in pijač (slano, sladko in kislo vodo, deževnico, sok, gazirano pijačo). Poleg optičnih lastnosti določa tudi vonj in okus, temperaturo, slanost in kislost vode.

Zahtevnost nalog se stopnjuje z uporabo različnih pripomočkov. Manj zahtevno je subjektivno opisovanje lastnosti, medtem ko objektivno zahteva nekaj znanja in pravilno uporabo instrumentov in različnih gradiv. Tako lahko barvo določajo 'po občutku' ali z Munsellovo barvno karto, pH z indikatorskimi lističi ali pH metrom, ipd.

Primerna zahtevnost nalog in natančnost opazovanja se odražata v zainteresiranosti učencev za delo. Pri izvedbi delavnice opažam, da so učenci nižjih razredov bolj motivirani za samostojno delo in reševanje nalog. Njihova radovednost in sposobnost čudenja (pirit je svetleč kot zlato; plovec, kamen ki plava na vodi; prozorna voda, ki obarva indikatorski listič enkrat rdeče, drugič zeleno itd.) jih spodbudita, da želijo preizkusiti kar največ vzorcev. Nasprotno je za učence najvišjih razredov delavnica bolj neobdobjena in pogosto opišejo le nekaj vzorcev, potem pa prepisujejo 'rešitve'. So pa oboji enotni, da jih najbolj privlači mineraloška in hidrogeološka skupina. Prva zaradi različnih barv, sijaja in načina rasti mineralov, druga pa predvsem zaradi indikatorskih lističev.

Z delavnico se učenci seznanijo z različnimi geološkimi panogami in pojavi ter izvejo nekaj o geološkem bogastvu Slovenije in pomenu njihovega varovanja. Na igriv način predstavljen poklic geologa pa poskrbi za njegovo širšo razpoznavnost.

Literatura:

Majcen, T. (2003). Geologija v osnovnošolskih programih. Geološki zbornik 17: 110-115.

## Spremljanje termalnih vrtin v Prekmurju oziroma SV Sloveniji

**Nina Rman**

*Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, Ljubljana 1000,  
nina.rman@geo-zs.si*

V Mura-Zala bazenu v SV Sloveniji so identificirani trije večji geotermalni vodonosniki. Potreba po termalni vodi in gostota njenih uporabnikov stalno naraščata, pri čemer je najbolj obremenjen najplitvejši geotermalni vodonosnik, ki leži v murski formaciji. Ohranitev dobrega količinskega in kakovostnega stanja teh vodonosnikov je mogoče doseči le z enotnim spremljanjem termalnih vrtin in učinkovitem upravljanjem z razpoložljivimi vodnimi viri.

V letu 2008 je bil izveden terenski pregled obstoječega stanja na 23 termalnih vrtinah 12 pravnih oseb. Metodologija pregleda je zajemala terenski ogled vrtin in strojnic, zbiranje hidrogeoloških podatkov, količine načrpane termalne vode, spremembe v delovanju vrtine, sistem izrabe in njegovo učinkovitost, ravnanje z odpadno vodo ter operativni monitoring na vrtini. Rezultati kažejo, da je 8 vrtin preurejenih iz naftno-plinskih v geotermalne, 14 je geotermalnih, ena pa reinjekcijska. Ustja so nezadovoljivo vzdrževana le v treh primerih. Pet parov vrtin, vse zajemajo termalno vodo iz vodonosnikov v Murski formaciji, dokazano vplivajo ena na drugo, na 10 vrtinah pa so opazni padci tlaka oz. nivoja podzemne vode in/ali spremembe temperature in kemijske sestave vode. Temperatura pridobljene termalne vode se giblje med 34 in 72 °C. V nekatere (najgobjlje) vrtine je zaradi obarjanja kalcita potrebno dodajati inhibitor. Potreba po termalni vodi izredno hitro narašča, saj se je povečala iz 1,5 milijona m<sup>3</sup> v letu 2007 na 2,2 milijona m<sup>3</sup> v letu 2008. Po predloženih, a še ne odobrenih vlogah za pridobitev vodnih dovoljenj se poraba termalne vode potencialno lahko poveča na 5,2 milijona m<sup>3</sup>. Učinkovitost izrabe termalne energije v letu 2008 je bila med 27 in 94%, povprečno 65%, pri čemer je temperatura odpadne vode ostala okoli 30 °C.

Izrabljena termalna voda se ni vračala v vodonosnik. Stanje operativnega monitoringa ni bilo zadovoljivo. Na neaktivnih vrtinah se ni spremljal noben hidrogeološki parameter, a tudi meritve na aktivnih vrtinah so bile pomanjkljive. Nivo podzemne vode ali tlak na ustju se tako sploh nista merila na 3 vrtinah, temperatura podzemne vode na eni, odvzem vode pa na 4 vrtinah.

Slab operativni monitoring termalnih vrtin onemogoča kvaliteto razlago hidrogeoloških sprememb v termalnih vodonosnikih, zato je Geološki zavod Slovenije v letu 2009 pristopil k nepretrganem in sistematičnem opazovanju izbranih termalnih vrtin v SV Sloveniji. V raziskavo so vključene naslednje neaktivne termalne vrtine: V-66 v Petanjcih, Do-1 v Dobrovniku in Fi-5 v Rekovcih, poleg njih pa so opazovane tudi aktivne vrtine: Mt-6, Mt-7 in Mt-8g v Moravskih Toplicah ter Sob-1 in Sob-2 v Murski Soboti.

Vzpostavitev sistema opazovanja vrtin ni potekala povsem gladko. Zaradi višjih temperatur, agresivne termalne vode, večjih nihanj nivoja podzemne vode in frekvenčnih črpalk so v nekaj primerih odpovedale ali nivojske ali temperaturne sonde, medtem ko so pretok in načrpano količino termalne vode uporabniki večinoma spremljali, a podatke shranjevali le mesečno. Sedaj, po nekaj mesecih zagona sistem deluje nemoteno. Na omenjenih osmih vrtinah zvezno v enournem intervalu merimo in zbiramo podatke o nivoju in temperaturi podzemne vode, na eni vrtini merimo zračni tlak, na aktivnih vrtinah pa sočasno pridobivamo podatke o dnevnem odvzemu termalne vode.

Prvi tako zbrani podatki kažejo, da se nivo podzemne vode na neaktivnih vrtinah spreminja predvsem v odvisnosti od zračnega tlaka, v zimskih mesecih pa je opazen tudi vpliv bližnjih aktivnih vrtin. Letno nihanje nivoja je v intervalu 1-2 m. Pri aktivnih vrtinah je trenutno znižanje nivoja zaradi samega črpanja tudi do 20 m, medtem ko je znižanje zaradi povečanja črpanja v zimskem času ter morda medsebojnega vpliva nekaterih vrtin skoraj do 15 m. Natančnejša interpretacija podatkov sledi.

### Environmental assessment of soils and crops from Kočani Field (Republic of Macedonia)

**Nastja Rogan Šmuc<sup>1</sup>, Petra Vrhovnik, Todor Serafimovski, Goran, Tasev, Tadej Dolenc & Matej Dolenc**

<sup>1</sup>Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geologijo, Aškerčeva 12, 1000 Ljubljana, nastja.rogan@guest.arnes.si

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 of heavy metals (Ag, As, Cd, Cu, Mo, Ni, Pb, Sb and Zn) in Kočani paddy soil, rice and maize 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). The 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 indexes confirmed a very high contamination status for Kočani paddy soils. 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. The highest As, Cd, Mo, Pb and Zn values, which exceeded the maximum permissible levels, were found in the rice samples grown in the paddy fields near the Zletovska River (Section VII). The highest Pb and Mo concentrations, which also exceeded the maximum permissible values, were present in the maize samples from the corn fields near the Zletovska River (Pb) and Ciflik city (Mo). High TF values for Mo, Zn, Cd and Cu revealed a strong accumulation of Mo, Zn and Cd by rice and Mo, Zn and Cu by maize. The results of the EDI showed that the regular consumption of rice and maize crops containing the highest Cd, Mo, Pb and Zn concentrations could pose a serious threat to human health, because the daily intake of Cd, Mo, Pb and Zn for crops grown in the fields around the Zletovska River exceeded recommended PTDI values.

Taking into account the results of the heavy metal concentrations in the paddy soil, rice and maize, the area around the Zletovska River is considered as the most anthropogenically impacted part of Kočani Field.

### Rudarstvo in mineralne surovine kot področje urejanja prostora

**Duška Rokavec<sup>1</sup> & Marko Fajič<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>geološki zavod slovenije, dimičeva 14, 1000 ljubljana, duska.rokavec@geo-zs.si  
<sup>2</sup>Ministrstvo za gospodarstvo, Direktorat za energijo, Sektor za rudarstvo, Ljubljana

Prostorsko načrtovanje je interdisciplinarna dejavnost, s katero se na podlagi razvojnih usmeritev ob upoštevanju javnih koristi varstva okolja, ohranjanja narave, varstva živali in naravnih dobrin, varstva premoženja in varstva kulturne dediščine načrtuje posege v prostor in prostorske ureditve (19. alineja, 2. člen, Zakon o prostorskem načrtovanju – ZPNačrt Ur. l. RS, št. 33/07).

Nosilci urejanja prostora so ministrstva, organi lokalnih skupnosti, izvajalci javnih služb ter nosilci javnih pooblastil, ki sodelujejo v postopku priprave prostorskih aktov (10. alineja, 2. člen, ZPNačrt). Strategija prostorskega razvoja določa naloge in aktivnosti posameznih nosilcev urejanja prostora za 30 področij urejanja prostora (kot npr. energetika, ohranjanje narave, promet, ravnanje z odpadki, kmetijstvo, obramba...), med katerimi je tudi področje rudarstva oz. mineralnih surovin.

Nosilec urejanja prostora za to področje je ministrstvo pristojno za rudarstvo (MG-Direktorat za energetiko-Sektor za rudarstvo), izvajalec javne službe po njegovem pooblastilu pa Geološki zavod Slovenije.

V skladu z 2. členom ZPNačrt so smernice dokument, v katerem nosilci urejanja prostora konkretizirajo določbe predpisov s svojega delovnega področja za območje, ki je predmet načrtovanja in na načrtovane posege v prostor ali prostorske ureditve; mnenja pa so dokumenti, s katerimi nosilci urejanja prostora ugotovijo, ali so bile pri pripravi prostorskega akta upoštevane njihove smernice.

Tako pripravljamo v skladu z določili ZPNačrt strokovne podlage (smernice in mnenja) za državne in občinske prostorske načrte, sodelovali pri dopolnitvah prostorskih sestavin dolgoročnih in srednjeročnih planov občin, državnih in občinskih prostorskih načrtih ter podrobnih prostorskih načrtih za gradnjo načrtovanih objektov na občinski ravni ter smernic za načrtovanje prostorskih ureditvenih pogojev v obliki 120-150 strokovnih poročil na letni ravni. Prostorske ureditve se načrtujejo s sledečimi prostorskimi akti:

- 1) državni prostorski akti (državni strateški načrt, državni prostorski načrti),
- 2) občinski prostorski akti (občinski prostorski načrti, občinski podrobni prostorski načrti),
- 3) medobčinski prostorski akt (regionalni prostorski načrt).

V zvezi s predlaganimi prostorskimi ureditvami ali načrtovanimi posegi v prostor mora načrtovalec prostora (država, občina) pri pripravi prostorskih aktov upoštevati vsebine, ki izhajajo iz Zakona o rudarstvu (Ur. l. RS, št. 98/04 – ZRud-UPB1); tako je »Splošni načrt gospodarjenja z mineralnimi surovinami« (sprejet 2009) strokovna podlaga za izdelavo prostorskih sestavin planskih aktov države in lokalne skupnosti.

V svojih smernicah navedemo poleg obstoječih pridobivalnih in raziskovalnih prostorov tudi območja opuščeni kopov (območja sanacij) ter perspektivna območja, ki bi jih kazalo upoštevati in zavarovati pred ostalimi uporabniki prostora zaradi dokazanih zalog določenih, predvsem manj zastopanih vrst mineralnih surovin (npr. kremenov pesek, glina...).

Pri definiranju dejanskih meja rudarskih prostorov (pridobivalnih in raziskovalnih prostorov) se spopadamo z velikimi težavami, saj so stare rudarske pravice po 105. členu ZRud podeljene na podlagi več desetletij starih odločb, dovoljenj in lokacijskih dovoljenj, ki so bile izdane s strani republiških komitejev ali lokalnih skupnosti in v katerih meje rudarskih prostorov niso jasno definirane.

## Evropski informacijski sistem za podporo politike trajnostne oskrbe z energijo in mineralnimi surovinami

**Duška Rokavec & Jasna Šinigoj**

*Geološki zavod slovenije, Dimičeva 14, 1000 Ljubljana, duska.rokavec@geo-zs.si*

Podatki o zalogah in virih mineralnih surovin ter mreži plinovodov znotraj posameznih članic unije obstajajo, vendar jih vsaka država zbira po svoje. Podatki so na različnih nivojih, od lokalnih, regionalnih do podatkov posameznih gospodarskih združb, ki ostajajo komercialna skrivnost. Če želimo zmanjšati odvisnost preskrbe s surovinami iz »tujine« moramo podatke poenotiti – harmonizirati med posameznimi nivoji zbranih podatkov in

predvsem med posameznimi državami na ravni EU. Dolgoročna strategija energetske preskrbe evropskih držav temelji na zalogah ogljikovodikov, kapacitetah skladišč za ogljikovodike (naravni rezervoarji opuščeni naftnih polj), in mednarodni mreži naftovodov/plinovodov za uvoz ogljikovodikov.

Rešitev tega perečega problema ponuja projekt EuGeoSource z razvojem evropskega informacijskega sistema za podporo politike trajnostne oskrbe z energijo in mineralnimi surovinami.

Cilj projekta je zagotoviti generalen pregled nad razpoložljivimi prostorskimi informacijami o nahajališčih ogljikovodikov in drugih mineralnih surovin, potencialnimi kapacitetami za skladiščenje plina in nafte (v naravnih zemeljskih strukturah) ter informacij o transportnih poteh za ogljikovodike (naftovodi, plinovodi). Projekt bi združil te informacije o razmerah posameznih držav v celovito sliko, ki bi pripomogla k manjši odvisnosti EU od zunanjega trga (nad 50% energetskih surovin –ogljikovodikov in kovin EU prihaja iz uvoza).

Z organizacijo in harmonizacijo informacijskega sistema na EU nivoju bo zagotovljen boljši pregled nad dejanskim stanjem in razpoložljivostjo energetskih in drugih mineralnih surovin na območju EU, s tem pa bo zmanjšan vpliv in odvisnost od surovin iz »tretjih« dežel.

Z razvojem evropskega GIS sistema o lokacijah, lastnostih, virih, zalogah in potencialu mineralnih surovin bo izpolnjen pogoj za vključevanje surovinskega potenciala v sistem prostorskega načrtovanja in identifikacija varovanih območij (v izogib konflikta interesov v prostoru).

V projektu, katerega zagonski sestanek je potekal v Utrechtu maja 2010, je udeleženi 14 držav partnerk (večinoma so to nacionalni geološki zavodi in inštituti), vlogo vodilnega partnerja pa je prevzel nizozemski geološki zavod (TNO). Slovenski partner je Geološki zavod Slovenije.

## Jurske in spodnjekredne plasti Slovenskega bazena v dolini reke Mirne

**Boštjan Rožič<sup>1</sup>, Aljaž Ivekovič<sup>2</sup>, Andrej Šmuc<sup>1</sup>, Jernej Pavšič<sup>1</sup> & Jasna Kastivnik<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Univerza v Ljubljani, NTF, Oddelek za geologijo, Aškerčeva 12, 1000 Ljubljana, bostjan.rozic@ntf.uni-lj.si

<sup>2</sup>Inštitut Jožef Stefan, Ljubljana

Ozemlje Slovenije je v juri in kredi pripadalo južnemu pasivnemu kontinentalnemu robu Tetide. Sestavljale so ga tri paleogeografske enote (od J proti S): Dinarska karbonatna platforma (DKP), Slovenski bazen (SB) in Julijska karbonatna platforma, ki se je v spodnji juri potopila in postala Julijski prag. Kamnine SB izdanjajo predvsem v zahodni Sloveniji v predgorju Julijskih Alp, kjer so tudi najtemeljiteje raziskane. Mezozojske globokovodne kamnine so sicer znane tudi v osrednjem delu vzhodne Slovenije, vendar so dosedanje detajlne raziskave teh zaporedij redke. V prispevku predstavljamo jurske in kredne plasti v dolini reke Mirne.

Območje doline reke Mirne regionalno pripada prehodnemu območju med Zunanji in Notranji Dinaridi, v katerem nad

triasnimi platformskimi karbonati s stratigrafskimi vrzeli ležijo globljevodne karbonatne in klastične kamnine. Potrebno je poudariti, da v porečju Mirne dobimo v zgornjem triasu predvsem Baški dolomit, ki je nastal v SB.

Najstarejšo raziskano enoto I sestavljajo spodnjekredni sivi, srednje do tanko plastnati, mikritni in kalkarenitni apnenci z gomolji roženca, med katerimi se pojavljajo srednjeplastnate apnenčeve mikrobreče. Enota je nastala s hemipelagično sedimentacijo in turbiditnimi tokovi. Naslednjo litostratigrafsko enoto II začenja debela plast gradirane, debelo do srednjeplastnate apnenčeve breče, ki je nastala s drobirskim tokom. Vrhni del enote II sestavljajo srednje plastnati kalciturbiditi. Sledi zgornjerska do spodnjekredna enota III sestavljena iz apnencev tipa biancone, ki v spodnjem delu vsebujejo tanke plasti intraformacijske apnenčeve breče. V vrhnjem delu pa so apnenci rahlo rdečkasti in bolj laporasti. Enota je nastala s pelagično sedimentacijo, ki jo v spodnjem delu prekinjajo redki gravitacijski tokovi. Enota III navzgor postopoma preide v `flišoidne` spodnjekredne plasti enote IV, ki jo v spodnjem delu označuje menjavanje tankoplastnatih rdečkastih lapornatih apnencev in debelozrnatih ter srednje do debeloplastnatih breč. Višje se prične menjavanje tankoplastnatih, drobnozrnatih kalkarenitov, rdečkastih in sivih laporjev in lapornatih apnencev. To zaporedje označuje menjavanje pelagičnih in turbiditnih sedimentov. V vrhnjem delu profila se pojavijo še debeloplastnati črni mikritni apnenci in črni glinavci, ki kažejo na pelagično sedimentacijo v anoksičnih razmerah.

Enoto I v profilih reke Mirne koreliramo s Krikovsko formacijo v zahodnem delu SB, kjer tovrstno zaporedje dobimo v centralnem bazenu, oziroma delu, ki je bil proksimalen glede na DKP. Zelo podobni razvoji so opisani tudi v bližnjem profilu Laze pri Boštanju. Naslednja enota II v dolini Mirne ni časovno umeščena. Po korelaciji z zahodnim delom SB najverjetneje predstavlja ekvivalent zgornjerskim presedimentiranim apnencem Tolminske formacije in je na spodnjo enoto odložena z erozijsko diskordanco. Podobne plasti tik pod apnenci tipa biancone so opisali tudi na profilu Laze. Pelagične plasti Perblanske in Tolminske formacije iz zahodnega dela SB in profila Laze pa v dolini Mirne niso prisotne. Apnenci tipa biancone enote III so značilni za zaporedje celotnega SB. V zahodnem delu SB nad njimi z erozijsko diskordanco leži Spodnja flišoidna formacija, medtem ko je prehod v spodnjekredne plasti enote IV v dolini Mirne in profilu Laze najverjetneje zvezen.

Raziskave jurskih in spodnjekrednih plasti v dolini reke Mirne ter korelacija z zahodnim delom Slovenskega bazena so pokazale, da pripadajo jurske plasti v dolini reke Mirne proksimalnemu bazenskem razvoju, ki ga označujejo stratigrafske vrzeli. Medtem spodnjekredne plasti kažejo na bolj distalen razvoj glede na razvoj v zahodnem delu Slovenskega bazena, kjer nad apnenci tipa biancone opazujemo izrazito stratigrafsko vrzel. Primerjava preučevanega območja s profilom Laze pri Boštanju kaže na bolj distalen razvoj jurskih plasti v profilu Laze, medtem ko sta razvoja v kredi dokaj podobna.

## Prispevek Geološkega zavoda Slovenije pri upravljanju z mineralnimi surovinami

Andreja Senegačnik, Slavko V. Šolar & Duška Rokavec

Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana, andreja.senegacnik@geo-zs.si

Javni raziskovalni zavod Geološki zavod Slovenije (GeoZS) izvaja dela, določena v Programu dela Geološkega zavoda Slovenije 2009–2013, in po letnem Programu dela GeoZS za potrebe ministrstva, pristojnega za rudarstvo. Osnovna izhodišča za program dela izhajajo iz zakonskih določil, opredeljenih v zakonskih in podzakonskih aktih Republike Slovenije, ustanoviteljskih aktov Geološkega zavoda Slovenije, zahtev/direktiv EU in zahtev Sektorja za rudarstvo pri Ministrstvu za gospodarstvo, s katerim je usklajen letni program. Program predstavlja strokovne in razvojne naloge in je financiran v obliki prevzetih ustanoviteljskih obveznosti. V letu 2010 poteka že dvanajsto leto usklajenega sodelovanja; v prvih dveh letih z Direkcijo RS za rudna bogastva pri Ministrstvu za gospodarsko dejavnost, po reorganizaciji ministrstev v letu 2001 pa z Ministrstvom za okolje, prostor in energijo, preko Uprave RS za rudarstvo oziroma Sektorja za rudarstvo in nato zopet z Ministrstvom za gospodarstvo, DE – Sektor za rudarstvo.

Delo Geološkega zavoda Slovenije, ki obsega izdelavo, zbiranje, vrednotenje in posredovanje geoloških podatkov in dokumentacije ter pripravo strokovnih podlag iz geologije in rudarstva za potrebe Sektorja za rudarstvo, je strnjeno v treh sklopih: (a) izdelava strokovnih podlag, (b) informacijska infrastruktura ter (c) raziskave nacionalnega pomena. Sklopi se med seboj smiselno povezujejo ter vsebujejo: (1) izdelavo strokovnih podlag za prostorsko načrtovanje, in sicer na nivoju države in občin, (2) program gospodarjenja z mineralnimi surovinami, (3) spremljanje in usklajevanje z aktivnostmi Evropske unije ter svetovanje Sektorju za rudarstvo, (4) posredovanje informacij drugim državnim organom in širši javnosti, (5) dodelavo, uvajanje, dopolnjevanje in vzdrževanje informacijskega sistema mineralnih surovin vključno z (6) internetno aplikacijo, nadalje (7) pripravo in tiskanje letnega biltena Mineralne surovine, (8) izdelavo letne bilance stanja mineralnih surovin vključno z vzdrževanjem arhiva mineralnih surovin ter (9) oceno stanja in vrednotenje nahajališč tehničnega kamna v Sloveniji, vključno s podatkovno bazo. Opravljene naloge so rezultat usklajenega dela raziskovalcev in strokovnih sodelavcev, ki pokrivajo različna delovna področja in obvladajo različna specifična znanja.

V prispevku bomo predstavili povezanost nalog, od pridobivanja podatkov na terenu ali preko obrazcev, procesa njihove letne obdelave, nadalje uporabe le-teh za različne namene. Posebej bodo prikazani načini interpretacije in predstavitev podatkov (vključno z grafično), njihova izmenjava na nacionalni in mednarodni ravni. Poleg tega je pomembna mednarodna vključenost programa preko spremljave EU usmeritev in zakonodaje do sodelovanja v EU projektih s področja mineralnih surovin.

Kratki povzetki rezultatov opravljenih nalog so vsako leto objavljeni v biltenu Mineralne surovine, ki je dostopen na spletni strani GeoZS (<http://www.geo-zs.si/podrocje.aspx?id=68>), na razpolago pa je tudi v tiskani obliki.

## Varovanje geološkega profila Gube v Ključu

Martina Stupar & Tanja Lukežič

Zavod RS za varstvo narave, OE Nova Gorica, Dunajska 22, 1000 Ljubljana, [martina.stupar@zrsvrn.si](mailto:martina.stupar@zrsvrn.si)

Znamenite gube v Ključu, ki krasijo strmo skalno brežino na desni strani ceste med Mostom na Soči in Tolminom poznamo skoraj vsi geologi. Lepo odkrit profil nagubanih plasti volčanskega apnenca (poimenovan po bližnjih Volčah) je prava mala šola v naravi za razlago geoloških procesov, hkrati pa zaradi izjemne slikovitosti, izjemnosti in redkosti tudi varovano območje narave. Gube v Ključu so eden najlepših primerov nagubane apnenca na Slovenskem. Geološke plasti v Ključu imajo status naravne vrednote državnega pomena in so že od leta 1990 z odlokom občine Tolmin razglašene za naravni spomenik.

Volčanski apnenec štejejo po nastanku med karbonatne fliše oz. apneni turbidit. Prostor Gornjega Posočja je v obdobju zgornje krede, ko je volčanski apnenec nastajal, prekrivalo nekaj tisoč metrov globoko morje (slovenski jarek). V zgornji kredi se okolje mirne sedimentacije ni spreminjalo več milijonov let, le občasno so se sprožali podvodni plazovi, ki so nosili material z juga.

Iz motnih tokov oziroma turbiditov, ki so nastajali pri podvodnih plazovih je z usedanjem pretežno apnenčastega materiala v globoko morje nastal volčanski apnenec. Je svetlo do temno sive barve, ploščast do tanko ploščast z debelino plasti od 5 do 20 cm. Njegova debelina znaša od 50 m pri Dobarju do 150 m v dolini Idrije. Vsebuje črne pole in gomolje roženca, ki ima po mnenju večine raziskovalcev svoj izvor pretežno v radiolarijah in spikulah spongij. Starost volčanskega apnenca so določali na podlagi globotruncan in ga uvrščajo v spodnje- do zgornjesenonsko starost. Med prevladujočimi planktonskimi foraminiferami so našli v njem tudi druge fosile kot so odlomki školjčnih lupin (predvsem inoceramusov), ploščic ehinodermov in rdečih alg.

Nagubanost volčanskega apnenca je posledica podirivanja afriške pod evrazijsko ploščo v času Alpidске orogeneze, ki traja še danes. Gube v volčanskem apnenecu so dokaj pravilne normalne oblike, z lepo vidnimi antiklinalami in sinklinalami, pravi šolski primer gub. K dokončni obliki geološkega profila je pripomogel soški ledenik, ki je 200 m visoko strmo prepadno steno z gubami razgalil in jo dobesečno obrusil.

Dodano vrednost geološkemu profilu predstavlja tudi 56 m dolga vodna jama, katere vhod se odpira okoli 10 m nad cesto. Iz nje po deževju izvira potok, ki pada v slapu z imenom Sopot.

Gube v Ključu so vsem na oči in zaradi bližine ceste tudi lahko dostopne. Vendar cestišče, ki poteka pod strmo steno, hkrati predstavlja potencialno nevarnost zaradi kršenja kamenja. Odvrnitev neposredne nevarnosti za življenje ljudi ali premoženja ljudi je bila v tem primeru nujna, padla je odločitev za gradnjo zaščitne galerije.

Projekt izgradnje je predvidel 120 m dolgo armiranobetonsko konstrukcijo – galerijo z betonskimi stebri, streho in podpornimi zidovi. Gradnja bi lahko ogrozila geološki naravni spomenik, nedvomno pa pomenila nevarnost, da se zakrijejo najbolj atraktivni deli profila. Z namenom varovanja naravnega spomenika Geološke plasti pri Ključu so bili v projektno dokumentacijo vključeni natančni naravovarstveni pogoji. Med drugim: dela naj se izvedejo tako, da se varovanega profila na noben način ne

poškoduje, zagotavlja naj se dostop v študijske oz. izobraževalne namene do varovanega geološkega profila, zaradi česar naj se med stebri ne postavlja zaščitnih mrež oz. ograje, med gradnjo naj se izvaja spremljanje stanja varovanega območja narave.

Predlagano je bilo tudi, da se na območju dostopa ter v predelu profila namestita pojasnjevalni in označevalni tabli. V ta namen smo na Zavodu RS za varstvo narave pripravili tekst in oblikovali pojasnjevalno tablo. Vsebina na kratek način predstavlja osnovne geološke procese, ki so botrovali nastanku tega izjemnega profila.

## Contamination of topsoil in Veles Region, Republic of Macedonia

Trajče Stafilov<sup>1</sup>, Robert Šajn<sup>2\*</sup>, Zlatko Pančevski<sup>1</sup>, Blažo Boev<sup>3</sup>, Marina V. Frontasyeva<sup>4</sup> & Lydmila P. Strelkova<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Institute of Chemistry, Faculty of Science, Sts. Cyril and Methodius University, Skopje, Macedonia

<sup>2</sup>Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana, [robert.sajn@geo-zs.si](mailto:robert.sajn@geo-zs.si)

<sup>3</sup>Faculty of Natural and Technical Sciences, Goce Delčev University, Štip, Macedonia

<sup>4</sup>Frank Laboratory of Neutron Physics, Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russian Federation

\*presenting author

The results of first systematic study of spatial distribution of different elements in topsoil over the Veles region, Republic of Macedonia, known for its Pb-Zn industrial activity in the recent past, are reported. The goal of this work was to determine as many elements as possible in the soil from the town of Veles and its surroundings, and to assess the size of the area affected by the lead and zinc smelter plant situated nearby. The study area of about 36 km<sup>2</sup>, is located in the valley of the Vardar River in the central part of Macedonia. The urban area occupies 5.5 km<sup>2</sup>, 17.3 km<sup>2</sup> is cultivable land, 10.5 km<sup>2</sup> is uncultivable land, and 2.5 km<sup>2</sup> covered by forests. A total of 201 soil samples were collected, prepared and a set of 42 elements were analyzed (Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, Ti, As, Au, Ba, Br, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Dy, Hg, Hf, In, La, Mn, Mo, Nd, Ni, Pb, Rb, Sb, Sc, Se, Sm, Sr, Ta, Tb, Th, Tm, U, V, W, Yb and Zn). Two complementary analytical techniques were used: atomic absorption spectrometry (AAS) performed at the Institute of Chemistry in Skopje, Macedonia, and the epithermal neutron activation analysis (ENAA) at the IBR-2 reactor, FLNP Joint Institute for Nuclear Research in Dubna, Moscow, Russia.

Two geogenic and one anthropogenic geochemical association were established on the basis of: (a) visually indicated similarity of geographic distribution of elemental patterns in the topsoil; (b) the comparisons of the descriptive statistics, the correlation coefficient matrices and the results of factor analyses. The first group consists of Al, Ba, Ce, Cs, Hf, K, La, Rb, Sm, Ta, Tb, Th, Tm, U and Yb. These elements are little affected by the anthropogenic activities. The occurrence of these elements comes from mainly natural phenomena, such as rock weathering and chemical processes in soil. In addition, the distribution of mentioned elements in the topsoil strongly depends on the lithogenesis. The elements from the second group (Co, Cr, Fe, Ni, Sc, Ti and V) are also slightly affected by anthropogenic activities, just like the first group. The

spatial distribution of second group in the topsoil also strongly depends on the lithogenesis.

The elements in the group comprises As, Cd, Cu, Hg, In, Pb, Sb, and Zn were introduced into the environment through the anthropogenic activities. Their correlation coefficients are relatively high and the group's existence is also confirmed by the results of factor analysis. The enrichment of the elements in the topsoil, compared to the European topsoil is typical for this elemental assemblage, from 2.2-times for Sb to 27-times for Cd. High contents, as well as enrichments of the mentioned elements are noticeable close to the Zn smelter in Veles and in the urban zone. The spatial distribution patterns of individual elements do not differ much. In the topsoil a clear anomaly occurs around the Zn smelter in Veles and the urban area. The shape of the dispersion halo has been strongly influenced by the local winds and the shape of the Veles basin. Based on the intervention values of Dutch standards a high pollution area with heavy metals was determined. The content of As, Cd, Cu, Hg, Pb and Zn exceeds the critical value in 6.8 km<sup>2</sup>.

## Črne prevleke iz vhodnih delov Postojnskega jamskega sistema in Črne jame

Stanka Šebela<sup>1</sup>, Nina Zupančič<sup>2</sup> & Miloš Miler<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Titov trg 2, 6230 Postojna, sebel@zrc-sazu.si

<sup>2</sup>Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geologijo, Ljubljana

<sup>3</sup>Geološki Zavod Slovenije, Ljubljana

V vhodni delih Postojnskega jamskega sistema so obsežne črne prevleke, ki so posledica eksplozije letalskega bencina med 2. svetovno vojno leta 1944 (Fatur 1975). Vendar so bile črne prevleke v vhodnih delih opisane že v letih 1939-40 (Politi), kar pomeni, da je eksplozija le dodala intenziteto in onesnaženje že obstoječim črnim prevlekam.

Črne prevleke na jamskih tleh in stenah ter na sigi so dale ime Črni jami. Tu obstaja več razlag za izvor črnih prevlek. Vzroki so lahko: saje iz gorečih bakel, Mn, ki se je odložil s prenikajočo vodo skupaj s karbonati ali prazgodovinski požari. Na železni ograji ob turistični poti se je od leta 1925 odložila do 5 cm debela plast svetle sige (Habe 1986), kar dokazuje, da siga, ki se odlaga danes, nima črnih prevlek. Čeprav predstavlja Črna jama enega naravnih izhodov na površje, pa ni opisanih arheoloških ostankov, kar bi potrdilo staro poselitev.

Črne prevleke iz dveh nahajališč v Postojnskem jamskem sistemu so bile mineraloško in kemijsko analizirane. Naključni vzorci so bili pobrani iz vhodnih delov jame in iz Črne jame. Vzorce smo analizirali v polarizirani presewni svetlobi, z rentgensko difrakcijsko metodo ter z vrstičnim elektronskim mikroskopom z energijsko disperzijskim spektrometrom rentgenskih žarkov (SEM/EDS). Primerek iz vsake lokacije smo žgali pri 350, 700 in 1.000 °C. Mikroskopska preiskava zbruskov iz obeh lokacij je pokazala, da je glavna sestavina črnih prevlek karbonat – kalcit, s posameznimi večinoma zelo majhnimi neprozornimi črnimi zrni. Metoda rentgenske difrakcije iz obeh nahajališč je potrdila le prisotnost kalcita in v manjši meri kremenca in dolomita, pri čemer je izločila prisotnost Mn in Fe oksidov ali apatita (gvano netopirjev)

kot vzrok za črne prevleke. Da Mn oksidi niso prisotni, govori tudi dejstvo, da sta se oba vzorca po žganju na 1.000°C obarvala belo. SEM/EDS analiza vzorcev iz vhodnih delov Postojnskega jamskega sistema je potrdila analizo rentgenske difrakcije, ki ni pokazala Mn oksidov.

Visoka vsebnost C merjenega v črnih prevlekeh iz vhodnih delov jame, potrjuje organski C, ki se je odložil na jamske stene v obdobju eksplozije letalskega bencina med 2. svetovno vojno. Tudi črne prevleke iz Črne jame lahko pripišemo organskemu C, ki pa je zagotovo drugačen od tistega v vhodnih delih Postojnskega jamskega sistema. Ker iz Črne jame ni znanih dokazov o starih poselitvah, so bakle, ki so jih nekoč uporabljali obiskovalci in vodniki, najverjetnejši vzrok za oglje. Črne prevleke pa bi vsaj deloma lahko razlagali z mikroklimatskimi razmerami na vhodih v jamo, ki so povzročili odlaganje organskega materiala zunanjega izvora (npr. saje gozdnih požarov).

### Literatura:

Fatur, S., (1975). Partizanska akcija v Postojnski jami.- In: Fatur S. (ed.) Ljudje in kraji ob Pivki. Kulturna skupnost Postojna, pp. 298-301, Postojna.

Habe, F., (1986). The Postojna caves and other Tourist Caves in Slovenia.- Tone Tomšič Printing House, pp. 82, Ljubljana.

Politi, I., (1939-40). Sui fenomeni di annerimento delle formazioni calcitiche e calcaree nelle Grotte di Postumia. Le Grotte d'Italia, 2a, IV: 18-23.

## Spletna aplikacija upravnih podatkov nahajališč mineralnih surovin

Jasna Šinigoj, Katarina Hribernik, Matija Krivic, Andreja Senegačnik & Duška Rokavec

Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana, jasna.sinigoj@geo-zs.si

V današnjem času samo organizacija in postavitve geoloških podatkov v GIS okolje ne zadostuje več, potrebno je ustvariti ustrezni mehanizem za hitro in enostavno posredovanje javnosti, kar je doseženo prav s spletnimi aplikacijami. V okviru naloge »Internetna aplikacija« za Ministrstvo za gospodarstvo – DE/Sektor za rudarstvo smo tako na GeoZS izdelali spletno GIS aplikacijo za pregledovanje in povpraševanje upravnih podatkov nahajališč mineralnih surovin.

Spletni pregledovalnik prostorskih podatkov je namenjen vizualizaciji v različnih bazah zbranih prostorskih podatkov oziroma podatkov, ki jih lahko posredno predstavimo v prostoru. Uporabniku je na razpolago enostavno in učinkovito orodje, ki mu preko različnih topografskih kart in digitalnega ortofoto pomaga pri orientaciji v prostoru, nudi informacije o parcelah, hkrati pa zagotavlja še vrsto drugih podatkov o prostoru.

Skupaj s sodelavci iz Ministrstva za gospodarstvo – DE/Sektor za rudarstvo smo opredelili funkcionalne zahteve za aplikacijo ter pridobili podatke Geodetske uprave (digitalni zemljiški kataster, DOF) kot topografske podlage. Spletna GIS aplikacija omogoča izbiro slojev in njihov izris, povečevanje, pomanjševanje ter premikanje po prostoru ter povpraševanje po podatkovnih slojih. Prav tako omogoča izpis koordinat glede na položaj miške na zaslonu pri trenutnem pogledu na karti, izpisano pa je tudi merilo. Pri večjem približevanju karte se nad vsako točko, ki označuje

nahajališče, samodejno prikaže izpis imena nahajališča. Aplikacija omogoča povpraševanje po PP in RP mineralnih surovin in sicer po osnovnih atributih. Spletne GIS aplikacije omogočajo tudi uporabnikom z manj računalniškega znanja hiter in kvaliteten dostop do podatkov, izmenjavo, povezovanje ter analizo podatkov preko spleta.

## Litiotidne školjke iz tropskega morja v Dolenjskih Toplicah

**Andreja Škedelj Petrič**

Zavod RS za varstvo narave, Dunajska 22, 1000 Ljubljana,  
andreja.skedelj-petric@zrsvn.si

Dolenjske Toplice danes poznamo predvsem po termalni vodi ter zdraviliškem turizmu, katerega začetki segajo že v 18. stoletje. Termalne vode s temperaturo od 30–380°C, ki prihajajo na dan ob Topliškem prelomu, predstavljajo raj za kopalce skozi vse leto in nudijo ugodne pogoje za zdravljenje predvsem revmatskih obolenj.

Le malokdo, ki danes obiše Dolenjske Toplice pa ve, da je bilo pred okoli 190 milijoni leti, v spodnji juri, v južni Sloveniji moč zaplavati v plitvem, toplen morju, ki je takrat preplavljalo obsežno Dinarsko karbonatno platformo. Pretežno mirno okolje zaprtega šelfa z blatnim dnom, je nudilo idealne pogoje za uspevanje litiotidnih školjk.

Številne ostanke lupin litiotidnih školjk lahko opazujemo v samem centru Dolenjskih Toplic. V razgaljeni desni kamniti brežini nad potokom Sušica, ob pešpoti, ki vodi do nekdanjega Topliškega mlina, školjčne lupine zaradi večje odpornosti izstopajo iz apnenca spodnje jurske starosti, ki sta dež in zmrzal že dobro obdelala. Območje (Dolenjske Toplice – nahajališče fosilov, evid. št. 8480) je s Pravilnikom o določitvi in varstvu naravnih vrednot (Uradni list RS, št. 111/04) opredeljeno kot geološka naravna vrednota lokalnega pomena.

Pod imenom litiotidne školjke v Sloveniji združujemo tri morfološko podobne rodove, *Lithiotis*, *Cochlearites* in *Lithiopedalium*, čeprav izraz litiotidne školjke nima taksonomskega pomena, saj jih danes uvrščamo v različne družine.

Litiotidne školjke so v pokončnem položaju živele v skupinah na blatnem morskem dnu, se šopasto razraščale, si med seboj dajale oporo in tekmovali za življenjski prostor. Prilagojene so bile na hitro sedimentacijo karbonatnega blata, zato so vse življenje rastle v navpično smer. Ustvarjale so prave morske trate. Školjke so imele do ¾ m dolge sploščene lupine, z veliko sposobnostjo upogibanja in zvijanja. Njihovo izumrtje so pospešila obsežna tektonska dogajanja, spremembe v višini vodne gladine ter s tem povezane bistvene spremembe življenjskega prostora in okolja, na kar se visoko specializirani organizmi niso mogli uspešno prilagoditi.

Bogata nahajališča litiotidnih školjk najdemo v spodnjejurskih plasteh južne Slovenije, ki so nastale na Dinarski karbonatni platformi. V horizontu s školjkami, katerega debelina ponekod znaša celo 75 m, so posamezne lumakele školjk debele od nekaj centimetrov do 10 m. Največjo debelino horizont doseže tudi na Dolenjskem, v dolini reke Krke.

V Sloveniji so litiotidne školjke najbolj poznane iz kamnoloma pri Podpeči, na južnem robu Ljubljanskega barja. V temno sivem apnencu so lepo vidne svetle lise, ki kamnini dajejo razpoznavni značaj. To so preseki litiotidnih školjk, kjer so prvotne lupine nadomeščene z velikimi kalcitnimi kristali. Kamen so v kamnolomu lomili že Rimljani in ga uporabili pri gradnji Emone. Lepoto Podpeškega marmorja, kot mu pravijo, je spoznal in cenil tudi arhitekt Plečnik. Eden najlepših okrasnih kamnov Slovenije tako krasí številne objekte v naši prestolnici: Parlament, Narodno univerzitetno knjižnico, Magistrat, Nebotičnik, ... In prav tak apnec kot je v Podpeči, je tudi v Dolenjskih Toplicah.

Z namenom ozaveščanja javnosti o pomenu geološke dediščine, je Zavod RS za varstvo narave, OE Novo mesto leta 2009 na geološkem profilu postavil pojasnjevalno tablo in izdal zloženko z naslovom, Litiotidne školjke iz tropskega morja v Dolenjskih Toplicah. Na obeh so predstavljene geološke razmere območja ter okolje in način življenja školjk. Posebej je poudarjena uporabnost kamnine. S tem je bila popestrjena ponudba turističnega kraja, javnost pa seznanjena o enkratnosti in neponovljivosti geološke dediščine.

## Vzdržno gospodarjenje z mineralnimi surovinami za gradbeništvo

**Slavko Šolar**

Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana,  
slavko.solar@geo-zs.si

Viri mineralnih surovin za gradbeništvo - kamenih agregatov so zelo pomembni za infrastrukturo in razvoj. Napovedi kažejo, da naj bi v novih članicah EU gradnja narastla za 4,2% na leto. Potreba po stalnem, učinkovitem in zadostnem oskrbovanju z njimi bo v obdobju po recesiji še večja. Razlike v gospodarjenju in politiki s kamenimi agregati so med starimi, novimi in kandidiranimi članicami EU velike.

Oskrba s kamenimi agregati je večkrat ovirana zaradi vrste odprtih vprašanj: (a) neustrezno površinsko pridobivanje zaradi neučinkovite rabe vode in energije, onesnaževanja zraka in s tem povzročanja razdvojenosti v lokalnih skupnostih, (b) nezakonito površinsko pridobivanje, (c) omejeno recikliranje odpadnega gradbenega materiala in majhna uporaba rudarskih ter industrijskih stranskih produktov, (č) neučinkovita oskrbovalna veriga (planiranje, izkoriščanje, transport, uporaba in recikliranje), (d) neuskladen zakonodajni okvir in (e) drugo. To so tudi izhodišča projekta »Trajnostno gospodarjenje z mineralnimi surovinami za gradbeništvo« (Sustainable Aggregates Resource Management - SARMA), ki se je v okviru teritorialnega sodelovanja jugovzhodne Evrope pričel pomladi 2009 in bo potekal do jeseni 2011.

Glavna cilja projekta sta: (a) razviti skupen pristop k vzdržnemu gospodarjenju s kamenimi agregati (Sustainable Aggregates Resource Management - SARM) in (b) promovirati vzdržno oskrbo iz več virov (Sustainable Supply Mix - SSM), da bi zagotovili učinkovito in varno dobavo v jugovzhodni Evropi. Specifični cilji vključujejo povečanje zmogljivosti, ustanovitev informacijske infrastrukture in načrtovanje SARM in SSM za Regionalni center. Cilja projekta razvijamo na treh ravneh. Na lokalni ravni se

bodo dejavnosti osredotočale na okolju prijazno pridobivanje s pomočjo dobre prakse, zmanjševanje nezakonitega pridobivanja in zmanjševanje uporabe primarnih kamenih agregatov ter njihovo recikliranje. Regionalne/nacionalne dejavnosti bodo ustvarile ogrodje SARM za učinkovito gospodarjenje, definirale SSM in svetovale, kako SSM združiti z načrtovanjem in zakonodajo. Meddržavne dejavnosti so osredotočene na usklajevanje ustreznih politik in zakonodaje znotraj jugovzhodne Evrope, na prenos informacij in na ustanovitev informacijske infrastrukture za kamene agregate (AIS - Aggregate Intelligence Sistem).

Geološki zavod Slovenije je vodilni partner projekta SARMa, v katerem sodeluje še 13 partnerjev iz desetih držav. V prispevku bomo obravnavali poleg strokovnih vprašanj tudi izkušnje vodenja večjega projekta, ki poteka po načelih in pravilih Evropske komisije. SARMa ima internetno stran (<http://www.sarmaproject.eu>), kjer se je možno podrobneje seznaniti s potekom.

## Kanjon Kokre v Kranju - naravoslovna šola

**Tadeja Šubic**

Zavod RS za varstvo narave, OE Kranj PC Planina 3, 4000 Kranj,  
tadeja.subic@zrsvn.si

Gorska reka Kokra je pred izlivom v reko Savo v Kranju v mlajši pleistocenski konglomerat izdolbla 30 m globoko sotesko. Na razgledni konglomeratni terasi nad desnim bregom se nahaja staro mestno jedro. Skrajni rob terase je večinoma pozidan s stavbami. Strme brežine in obvodni prostor ob Kokri porašča bujno zelenje. Kanjon z reko Kokro je zaradi ekstremnih razmer izjemen in pester življenjski prostor. Na izpostavljenih mestih so mikroklimatske razmere podobne tistim v submediteranskih pokrajinah.

Zaradi močnega vodnega toka je od 13. stoletja dalje v kanjonu obratovalo več mlinov, skozi pa je vodila tovarna pot. Danes v kanjonu pod mestom vodno moč izkorišča HE Kokra. Mestno jedro s kanjonom Kokre kot naravna znamenitost je zavarovano z odlokom leta 1983. Mestna občina Kranj je v letih 2003 -2005 v sodelovanju z Zavodom RS za varstvo narave, OE Kranj uredila krožno 2 km dolgo učno sprehajalno pot s pojasnjevalnimi tablamami.

Pot kanjonu si lahko ogledate z vodnikom, lahko pa v roke vzamete tudi eno od zgibank, ki jih dobite na zavodu za Turizem Kranj ali na kranjski območni enoti Zavoda RS za varstvo narave.

Kanjon pa ni samo prijeten in poučen za ogled. Na dnu kanjona lahko opazimo različno velike konglomeratne bloke, ki so se odlomili ob podorih. Ti so v kanjonu so naraven pojav. Konglomerat je mestoma zelo slabo sprijet in zakrasel. Zaradi bočnega erozijskega delovanja reke v njem nastajajo spodmoli, opazne pa so tudi razpoke v več smereh, tako da nastajajo nestabilna območja, kjer je velika možnost proženja podorov. Na proženje podora lahko vpliva tudi človek, ki obremenjuje rob kanjona s stavbami in neu-rejenim odvajanjem vode.

Z naravoslovna potjo se ponovno oživlja nekdanje obiskani del mesta. V zgibankah in na pojasnjevalnih tablah so predstavljene naravoslovne zanimivosti kanjona, dejavnosti in dogodki, povezani z njimi. Pripravljene so za domačine, obiskovalce kan-

jona, predvsem pa za šolske skupine z namenom ozaveščanja o pomenu tega naravnega zelenega parka pod mestom in ohranjanju narave.

## Prostorska porazdelitev dotokov v dolini reke Radovne

**Anja Torkar<sup>1</sup> & Mihael Brenčič<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Oddelek za geologijo, Naravoslovnotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani, Privoz 11, 1000 Ljubljana, [torkar.anja@gmail.com](mailto:torkar.anja@gmail.com)

<sup>2</sup>Geološki zavod Slovenije, Ljubljana

Reka Radovna, ki se nahaja v severozahodnem delu Slovenije, teče v celoti po alpskem svetu. Od izvira v Zgornji Radovni reka teče po ledeniški dolini med planotama Mežakla in Pokljuka ter skozi sotesko Vintgar in se nato v Mostah pri Žirovnici po 17 km dolgi poti izliva v reko Savo Dolinko. V preteklosti so bile na posameznih območjih doline izvedene številne geološke in hidrogeološke raziskave, vendar pa kljub temu sinteza teh rezultatov ni bila izvedena. V prispevku nameravamo prikazati del rezultatov, ki smo jih pridobili s pregledom razpoložljivih hidrogeoloških virov podatkov in nekaterih dodatnih meritev s poudarkom na prostorskem prikazu pretokov reke Radovne.

Na reki Radovni so bile v letih od 2006 do 2009 izvedene podrobne meritve pretokov in elektroprevodnosti. Meritve so bile izvedene na na devetih lokacijah od izvira do izliva in na dveh pritokih: Lipniku in Rečici. Pri meritvah pretokov je bila uporabljena kemijska integracijska metoda s trenutnim vnosom, kot sledilo pa kuhinjska sol.

Analiza pretokov reke Radovne je pokazala, da so medsebojna razmerja pretokov na posameznih merskih točkah dokaj stabilna in z medsebojno primerljivimi spremembami. Prostorsko porazdelitev pretokov smo prikazali kot krivulje na katerih smo izmerjene pretoke narisali v odvisnosti od razdalje od izvira. Pretok pričakovano v dolvodni smeri narašča, vendar pa to naraščanje ni monotono, na nekaterih mestih se vzdolž toka zmanjša. Največja odstopanja so prisotna v zgornjem delu toka na območju zaselka Srednja Radovna. Razlika v pretokih je relativno majhna in jo lahko interpretiramo kot posledico delovanja obrežnega toka. Pretok do hidroelektrarne Gorje v Spodnji Radovni narašča zaradi direktnega dotoka kraških izvirov in podzemnih dotokov vode v strugo z območja planot Pokljuke in Mežakle. Nato do naselja Krnica pretok upade zaradi zajetja pitne vode Ovčja jama in zaradi zatekanja in odtekanja vode ob strugi. V Spodnjih Gorjah in Vintgarju pretok v vseh meritvah spet naraste, delno zaradi pritoka Rečica, kljub temu da imamo na tem območju tudi kanal za odvod vode v Blejsko jezero. Po koncu soteske Vintgar sledi zmanjšanje pretoka zaradi hidroelektrarne Vintgar, ki Radovni odvzame večino vode. V obdobjih nizkih vod je struga povsem suha.

Meritve elektroprevodnosti vode so pokazale, da naraščajo bolj monotono, kot pretoki. Od izvira proti sotočju s Savo Dolinko počasi narašča. Na to vplivajo zlasti pritoki z višjo elektroprevodnostjo. Edino večjo spremembo v povečanju elektroprevodnosti je zaznati, ko se v Radovno izlije pritok Lipnik, saj se izliva v reko



na mestu, kjer ima Radovna zaradi odzvems s strani elektrarne Gorje manj vode.

Zaradi kraških značilnosti napajalnega zaledja reke Radovne je značilno, da se skoraj v celoti napaja s podzemno vodo. Dotoke ločimo na točkovne in razpršene, na posameznih mestih pa je prisoten tudi izrazit obrežni tok.

## Pohorski magmatizem na prehodu v Panonski bazen

**Mirka Trajanova**

Geološki zavod Slovenije, Dimičeva 14, 1000 Ljubljana,  
mirka.trajanova@geo-zs.si

Območje Pohorja predstavlja skrajne jugozahodne izdanke metamorfnih kamnin Vzhodnega Alpinika na robu Panonskega bazena. Sestavljajo ga polimetamorfne kamnine južnega podaljška Svinške planine in Golice, ki jih v osrednjem delu masiva prebada magmatska intruzija. Pohorski magmatski masiv je bil obravnavan v sklopu srednjeterciarnih intruzivov, ki se raztezajo v smeri vzhod-zahod vzdolž Periadriatske cone, kamor sodi tudi železnokapelski magmatski masiv.

Globočina pohorskega intruziva (granodiorit), ki se nahaja v vzhodni polovici masiva, preko porfiroidnega različka (porfiroidni granodiorit) postopno prehaja v najplitvejši, porfirski različek (dacit) na severozahodu in po obliki predstavlja batolit. Pri Cezlaku vključuje granodiorit starejšo lečo gabroidne kamnine, čizlakita, katere geneza še vedno ni pojasnjena. Batolit v širšem osrednjem delu sekajo številne aplitno-pegmatitne žile. Nekoliko zahodnejše, predvsem na območju Mislinjskega grabna, se v okolnih metamorfnih kamninah nahajajo dajki lamprofirja, katerega tanke žile le neznatno prodirajo v granodiorit. Teksture kamnine in strukture mineralov kažejo na kristalizacijo v dinamičnih pogojih, v prevladujoče ekstenzijskih razmerah, ki so se iz kovnega nadaljevale tudi v lomnem območju deformacij.

Radiometrične meritve starosti po metodah K-Ar (Trajanova et al., 2008) ter U/Pb in sledov razpada (fission track) na cirkonu (Fodor et al., 2008), so dale spodnjemiocensko starost nastanka batolita ( $18.6 \pm 0.6$  oziroma  $18,64 \pm 0.11$  m.l.) ter nekoliko kasnejšo pomladitev ( $17.7-15.0$  m.l.), ki je posledica sekundarnih procesov. Dinamično okolje je povzročilo hiter dvig in ohlajanje pohorskega masiva relativno blizu površja. Zelo gosto razporejene starosti nakazujejo, da se je glavna tektonska aktivnost začela nekje okrog 16,7 m.l. in, da so se kmalu po njenem vrhuncu, v že lomno deformiran batolit, vtisnile aplitno-pegmatitne žile in dajki riodacita. K-Ar starosti lamprofirja so nekoliko povišane, zaradi prisotnosti presežnega Ar, vendar pa o njegovem kasnem vtiskanju, ki je vsaj delno predhodilo riodacitu, pričajo terenski dokazi. Predvsem v osrednjem in vzhodnem delu pohorskega masiva je sledila močna, tektonska pogojena erozija.

Magmatizem na Pohorju je mlajši od intruzij vzdolž Periadriatske cone, ki so se vtiskale v oligocenu, torej tudi od železnokapelskega tonalita. Zato je verjetno, da je povezan z globokimi transtenzijskimi razpokami, nastalimi z razvojem Labotskega preloma in Panonskega bazena. V tej povezavi predstavlja najzahodnejšo peri-panonsko intruzijo.

### Literatura:

- Fodor, L., Gerdes, A., Dunkl, I., Koroknai, B., Pécskay, Z., Trajanova, M., Horváth, P., Vrabec, M., Jelen, B., Balogh, K. & Frisch, W. (2008). Miocene emplacement and rapid cooling of the Pohorje pluton at the Alpine-Pannonian-Dinaridic junction, Slovenia. – *Swiss J. Geosci.* 101 Suppl. 1: 255-271.
- Trajanova, M., Pécskay, Z. & Itaya, T. (2008). K-Ar geochronology and petrography of the Miocene Pohorje Mountains batholith, Slovenia. – *Geol. Carpath.* 59/3: 247-260.

## Geokemična analiza pleistocenskih sedimentov v najdišču Divje babe I

**Janez Turk<sup>1</sup>, Dragomir Skaberne<sup>2</sup> & Ivan Turk<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Titov trg 2, 6230 Postojna, janez.turk@zrc-sazu.si

<sup>2</sup>Geološki zavod Slovenije, Ljubljana

<sup>3</sup>ZRC SAZU, Ljubljana

Jama Divje babe I je eno najbolj znanih paleolitskih najdišč v Sloveniji (mousterien), hkrati pa predstavlja tudi zelo pomembno paleontološko nahajališče. V jami so našli kostne ostanke pleistocenskih živali, ki pripadajo več kot 60 različnim vrstam. Od tega je 99% ostankov jamskega medveda, ki pripadajo preko 2000 osebkom.

V času arheoloških izkopavanj je bilo odkopanih 12 m sedimentov, katerih starost obsega časovno obdobje med 35.000 in 120.000 let pred sedanostjo. V sedimentih prevladuje avtohtoni dolomitni grušč in bloki, medtem ko je dolomitnih zrn velikosti peska in melja manj. Vmes se pojavljajo bolj ali manj številni kostni ostanki pleistocenske favne, posamezni sledovi človeka (kurišča, razpršeno oglje, artefakti), kalcitni in predvsem fosfatni cementi, ki zrna in klaste povezujejo v večje agregate in breče ter druge (Fe-Mn, glinene) prevleke na klastih. V odkopanih jamskih sedimentih je bilo glede na strukturo, sestavo in predvsem barvo izločenih 23 plasti.

Odloženi sedimenti so bili izpostavljeni različnim posedimentacijskim procesom: mehanskemu in kemičnemu preperevanju, krioturbaciji, bioturbaciji (človeškega in predvsem živalskega izvora) in cementaciji. Na te procese so vplivali predvsem klimatski dejavniki (temperatura in vlaga).

Vse plasti so bile strukturno opredeljene z relativno zastopano stjo velikostnih frakcij: >65 mm, 40-65 mm, 10-40 mm, 3-10 mm, 0,5-3 mm in <0,5 mm. Kemično so bile analizirane tri frakcije: debela 40-60 mm, srednja 0,5-3 mm in drobna frakcija <0,5 mm. S kemično analizo debele frakcije smo nameravali opredeliti povprečno sestavo klastov dolomita. V srednji frakciji so poleg zrn dolomita zastopani predvsem agregati, tako smo z njihovo analizo skušali ugotoviti predvsem prisotnost in sestavo cementov. V drobni frakciji pa smo pričakovali povečan delež drobnozrnate terigene komponente.

Za kemično analizo so bili vzorci pripravljani v LiBO<sub>2</sub> talini in analizirani z ICP-MS metodo. Določeni so bile vsebnosti 54 glavnih in slednih prvin. Geokemične podatke vsake izmed treh frakcij smo statistično obdelali z metodo glavnih komponent. S tem smo ustvarili manjše število umetnih spremenljivk

– faktorjev, ki povezujejo vhodne spremenljivke ter razkrivajo povezave med njimi. Na osnovi povezave geokemičnih podatkov s povečano količino fosfatnih agregatov – cementov (vlažna klima) ter povečano količino kongelifraktov, nastalih z delovanjem zmrzali (mrzla klima), smo skušali ugotoviti ali obstajajo geokemične in diagenetske razlike, ki jih lahko povežemo s klimatskimi spremembami.

Analiza podatkov potrjuje naše hipoteze o sestavi posameznih frakcij. Debela frakcija podaja povprečno sestavo klastov dolomita ter delno stopnjo onesnaženja (Fe-Mn in podrejeno glinene prevleke). Pri drobnih in srednji frakciji smo z upoštevanjem treh faktorjev pojasnili 73% do 80% variance. Prvi faktor opredeljuje sestavo zrn: dolomita (MgO) in alohtonih nekarbonatnih zrn ( $\text{SiO}_2$  s sorodnimi prvina). Drugi faktor predstavlja predvsem fosfatni – apatitni cement (agregate) ( $\text{P}_2\text{O}_5$  s sorodnimi prvina). Tretji faktor pa je pri drobnih frakciji najbolj obremenjen s Cd, pri srednji pa s U. Drobna frakcija vsebuje 2 do 3 krat več alohtonih nekarbonatnih zrn ( $\text{SiO}_2$ ) kot srednja frakcija. V srednji frakciji je opazna tudi stratifikacija porazdelitve  $\text{SiO}_2$ , ki je v pozitivni korelaciji s  $\text{P}_2\text{O}_5$ , pri kateri je tudi najbolj izrazita stratifikacija porazdelitve  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Plasti 7 do 12-13, ki vsebujejo povečano količino fosfatnih agregatov in drobcev kosti ter je po interpretaciji njihov nastanek vezan na mrzlo in vlažno klimo, vsebujejo 2 do 3 krat več  $\text{P}_2\text{O}_5$  kot talninske plasti 14 do 23, ki naj bi nastale v topli in manj vlažni klimi. V drobnih frakciji je stratificirana porazdelitev  $\text{P}_2\text{O}_5$  jasna, a manj izrazita, ker je tudi v talninskih plasteh količina  $\text{P}_2\text{O}_5$  večja kot v pripadajočih plasteh srednje frakcije.

## Zaloge premoga v Šaleški dolini

Igor Veber

Premogovnik Velenje, Partizanska 78, 3320 Velenje, igor.veber@rlv.si

Prispevek je informativne narave in je namenjen širši strokovni javnosti, ki zaradi oznak »uradna tajnost« ali »poslovna tajnost« ni imela dostopa do podatkov o količini premoga, ki se nahaja pod površino Šaleške doline. Časi se očitno spreminjajo in o premogu, ki ga je na tem območju iz podzemlja še mogoče pridobiti, se je predvsem v zadnjem času in v zvezi z izgradnjo TEŠ 6 pojavilo več različnih in delno tudi zavajajočih informacij. Takšno stanje je glede na cilje raznih lobijev in rumenega tiska sicer »razumljivo«, vendar povsem nesprejemljivo in v kontekstu stroke tudi nelogično, saj gre za zaloge premoga, o katerih mora Premogovnik Velenje kot koncesionar redno poročati lastniku tega »naravnega bogastva«, torej državi.

Podatki o zalogah premoga so v Premogovniku Velenje zbrani od l. 1960, ko je bila ocena zalog izdelana po »začasnih navodilih« Komisije za ocenjevanje zalog mineralnih surovin in je bilo izračunanih okrog 700 milijonov ton »zaloga v ležišču«, kar bi danes imenovali geološke zaloge v nahajališču. Na račun raziskav, ki so potrdile dodatne količine, je bila ta vrednost kljub odkopanim količinam aktualna še do leta 1972, v naslednjem izračunu pa je padla pod 700 milijonov ton. V potrdilo o zalogah iz leta 1974 prvič zasledimo delitev nahajališča na Velenjsko in Šoštanjško polje. Leta 1990 je bilo na račun raziskav in kljub odkopanim

količinam še okrog 660 milijonov ton geoloških zalog, deset let kasneje okrog 600 in še deset let kasneje – to je v aktualnem času – okrog 540 milijonov ton. Od tega pa jih bo po današnjih načrtih odkopanih okrog 127 milijonov ton.

K tej informaciji je nujno potrebno dodati nekaj pojasnil. Zelo verjetno je do določenih neskladnosti prišlo zaradi zmanjšanja pridobivalnega prostora, ki je predhodno obsegal celo dolino oziroma celotno nahajališče, sedaj pa obsega v grobem le območje med Velenjem in Šoštanjem, medtem ko pa območja med Šoštanjem in Topoljšico v pridobivalnem prostoru Premogovnika Velenje ni več. Količina premoga v izločenem območju je »trajna strateška rezerva« in ostaja v prostorskih planih države, gre pa za nekaj manj kot 200 milijonov ton geoloških zalog.

Celotne količine zalog, ki se nahajajo v aktualnem pridobivalnem prostoru Premogovnika Velenje ni mogoče izkopati zaradi več vzrokov, najpomembnejši pa so naslednji: del zaloga je manj kvaliteten premog, ki ga ne pridobivamo, del zaloga je v varnostnih stebrih, ki ščitijo pomembne površinske objekte, del zaloga je v obrobnih, težje dostopnih in oddaljenih območjih, poleg tega pa pri pridobivanju prihaja do izgub (del premoga ostane v jami). Na račun vseh teh vzrokov ostane kot količina, ki bo v premogovniku še pridobljena po letu 2010, zaloga 127 milijonov ton (odkopnih zalog).

Določene različne številke pri obravnavanju količin zaloga se pojavljajo tudi zato, ker pri izračunu zaloga (po Pravilniku o klasifikaciji in kategorizaciji zaloga in virov mineralnih surovin) obravnavamo različne razrede (bilančne, pogojno bilančne, izvenbilančne, odkopne zaloge) in kategorije (A, B, C1 zaloge in C2, D1 in D2 viri), ter dodatne termine (geološke zaloge, ugotovljene zaloge ...), kar pa manj poučenim in predvsem nepoučenim razumljivo povzroča težave in pri nedosledni rabi tudi (popolno!) zmedo.

V aktualnem pridobivalnem prostoru, ki je sicer sorazmerno obsežen, se nahajajo območja, ki so bila v preteklosti pod vplivom podzemnega pridobivanja premoga in tudi tista, ki so pod tem vplivom še sedaj in bodo tudi v prihodnje, do zaključka odkopavanja. Zaloge premoga v pridobivalnem prostoru Premogovnika Velenje obravnava Elaborat o klasifikaciji in kategorizaciji izračunanih zaloga in virov premoga v Premogovniku Velenje s stanjem 31. 12. 2008 in tudi potrdilo Ministrstva za gospodarstvo: Potrdilo o stanju zaloga in virov mineralne surovine, izdano 31. marca 2010.

## Kaj (ne)vemo o Ljubljanskem barju v holocenu in njegovem posedanju v prihodnje?

Tomaž Verbič<sup>1</sup> & Maja Andrič<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Arhej d.o.o., Drožanjska 23, 8290 Sevnica, tomazver@gmail.com

<sup>2</sup>Inštitut za arheologijo ZRC SAZU, Ljubljana

Ljubljansko barje kot toponim je v strokovno geološko izrazoslovje vključeno vsaj v dveh različnih vsebinskih pomenih. Na eni strani se nanaša na kvartarni sedimentacijski bazen, na drugi pa na holocensko močvirsko območje, ki je nastalo na mestu nekdanjega jezera. V tem pregledu bomo prvi pomen imenovali

Ljubljansko barje sensu lato (s.l.), v drugem, kateremu je ta pregled prvenstveno namenjen, pa sensu stricto (s.s.). Pojma se razlikujeta v časovni, manj pa v prostorski opredelitvi.

Nastanek Ljubljanskega barja s.l. je nedvomno tektonski, večina geologov v preteklosti je njegov nastanek pripisovala pogrezanju ob normalnem Viškem prelomu in hkrati vertikalni aktivnosti dinarskih prelomov. Na ta način naj bi nastal dokaj zapleten sistem tektonskih jarkov in horstov, ki sestavljajo sedimentacijski bazen. Že pred nekaj leti sem nakazal, da je Viški prelom verjetno reverzen in da spada v sistem kvartarno aktivnih reverzih prelomov v predgorju naših Alp z vergenco proti jugu. Bolj odprto pa je vprašanje povezano z južnim robom Ljubljanskega barja s.l.

Nastanek Ljubljanskega barja s.s. se zdi ločeno vprašanje. To je nastalo zaradi nasipavanja savskega vršaja tekom zadnjega glaciala iz severa na območje južnega dela Ljubljane, vsaj do današnje Gradašče (savski prod je pod mlajšimi nekarbonatnimi drobnozrnatimi aluvialnimi sedimenti navrtan tudi južneje, vsaj do Ceste dveh cesarjev, vendar gre verjetno za starejše savske zaispe). Savski vršaj je tedaj obdal Rožnik, dobesedno zaletel se je v Grajski hrib. S tem je preprečil odvodnjavanje barja in neposredno povzročil nastanek jezerskega okolja na celotnem ravninskem območju Ljubljanskega barja. Edina do sedaj izvedena preliminarna luminiscenčna datacija glaciofluvialnega zasipa z lokacije Kongresni trg nakazuje na nastanek savskega vršaja pred približno 16.000 leti. Glede na debelino vršaja v tem delu Ljubljane meniva, da je bila globina jezerske vode ob nastanku jezera največ do 8 m.

Kako je ta nenadna statična obremenitev, recimo 8 m vodnega stolpca, vplivala na posedanje barja oziroma dna tedanjega jezera? Verjetno je prišlo do pospešene kompaktacije nevezanih kvartarnih sedimentov in s tem do posedanja ter posledično vsaj delnega povečanja globine jezera, kvantitativno pa bo potrebno učinke modelirati glede na mikrolokacijo. Na obrobju nekdanjega jezera, predvsem ob izlivih površinskih vodotokov, so se odlagali aluvialni sedimenti, drugod pa večinoma jezerska kreda. Kraški izviri so se verjetno bolj ali manj neposredno izlivali v jezero.

Pogoji za nastanek današnje Ljubljance so nastali šele s prenehanjem jezera. Ali je jezero prenehalo na celotnem barju naenkrat? Ali lahko prenehanje jezerskega okolja časovno natančno povežemo s prenehanjem usedanja jezerske krede? Verjetno ne. Poplave na barju so bile v preteklosti pogostejše in obsežnejše. Ni izključeno, da je po prenehanju popolnoma jezerskega okolja barje dolgo časa funkcioniralo podobno kot kraško presihajoče jezero, kjer se je voda zadrževala morda tudi večji del leta, s to razliko, da je bil odtok vode površinski vendar hkrati zelo omejen. Glede na največjo debelino jezerske krede pri Podpeči, kjer doseže 17 m, bi morda lahko sklepali, da se je jezersko okolje najdalj zadržalo prav na tistem območju. To sklepanje lahko pomaga odgovoriti tudi na vprašanje o domnevni antični regulaciji Ljubljance.

Antična regulacija Ljubljance je pravzaprav interpretacija, ki je slonela na preprosti razlagi sorazmerno ravne struge Ljubljance s kolenom pri Podpeči. Po teh interpretacijah naj bi vsaka ravninska reka vsaj malo meandrirala, ker pa Ljubljanka meandrov praktično nima, hkrati pa proti jugu sega pri Podpeči prav do antičnega kamnoloma, naj bi bil njen tok reguliran. Učinkovito so ta mit ovrgle prazgodovinske (predantične) najdbe obrednega značaja na posameznih mestih v koritu Ljubljance. Hkrati pa z geomorfološkega stališča Ljubljanka ni običajna ravninska reka

nastala na terenu z nekim višinskim gradientom; pravzaprav je vzniknila iz jezerskega okolja. Njen gradient med Vrhniko in Špico je minimalen, približno 1 m na razdalji 20 km. V času nastajanja rečnega korita so na njegov potek lahko vplivala minimalna odstopanja v posedanju ali drugi vplivi (morda tudi tektonika), takoj ko pa se je zajedla v kohezivno podlago (jezersko kreda) je ostala bolj ali manj ujeta v stabilno korito z razvitimi obreznimi nasipi vse do danes. Ljubljanka kot kraška reka nima talnega tovara in s tem je njena erozijska moč znatno omejena. Zakaj pa na drugi strani nekateri pritoki Ljubljance (npr. Ljubija) intenzivno meandrirajo?

V preteklosti je prevladovalo mnenje, da je večina jezerske krede holocenske starosti. Glede na raziskave v zadnjih letih pa je prav obratno: marsikje jezerske krede holocenske starosti sploh ni. Posebno vprašanje predstavlja tudi na več mestih evidentiran stratigrafski hiatus neposredno nad jezersko kreda: sedimenti (bodisi gyttja, drobnozrnati aluvialni sedimenti, ...) so ponekod tudi več tisoč let mlajši od jezerske krede, vmes pa ni razvitih tal niti zelo izrazitih erozijskih površin.

Zaradi poplavne ogroženosti južnega dela Ljubljane je holocensko posedanje Ljubljanskega barja in predvsem projekcija posedanja v prihodnosti zelo aktualno vprašanje. Pri teh projekcijah je potrebno upoštevati najmanj naslednje podatke in procese:

- natančno kronostratigrafsko zaporedje usedlin, upoštevaje holocenske hiatus;
- kompaktacijo kvartarnih nevezanih usedlin v podlagi;
- posledice statične obremenitve barjanskih tal zaradi zastoja jezerske vode v poznem glacialu in vpliv na kompaktacijo nevezanih kvartarnih usedlin;
- dinamiko nastajanja aluvialnega prepusta proti vzhodu pod Grajskim hribom (današnji povprečni vodostaj Ljubljance na Špici je približno 2 m pod nivojem jezerske krede);
- razbremenitev barjanskih tal v zadnjih 250 letih zaradi rezanja šote in opustošenja visokega barja: problem interpretacije preteklih geodetskih meritev na prosti površini;
- nižanje talne vode zaradi antropogenega dreniranja in lokalno tudi zaradi črpanja: vpliv na posedanje in interpretacija preteklih geodetskih meritev;
- tektonske premike.

## Spreminjanje geokemične sestave rudniške vode v času potapljanja jame RŽS Idrija

Timotej Verbovšek<sup>1</sup> & Bojan Režun<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UL, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geologijo, Aškerčeva 12, 1000 Ljubljana, timotej.verbovsek@ntf.uni-lj.si

<sup>2</sup>Rudnik živega srebra Idrija, d.o.o., Idrija

Rudnik živega srebra Idrija je po dolgem izkoriščanju živega srebra sedaj v fazi zapiranja, kar zajema tudi zapolnjevanje starih rogov in postopno potapljanje posameznih horizontov. Zaradi geokemičnih reakcij vod z okoliškimi kamninami in jalovinami, ki zapolnjujejo rove, se kemična sestava vod bistveno spremeni že v rudniku in nato nadalje pri iztoku v reko Idrijco. Koncentracije Hg ne povzročajo okoljskih težav, so pa dostikrat presežene vrednosti Fe in SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> ionov. V prispevku so na kratko predstavljeni

preliminarni rezultati raziskav spreminjanja koncentracij fizikalno-kemičnih parametrov v rudniških vodah.

Sistematične kemične analize vode so bile opravljene med leti 1995 in 2010, večinoma v laboratoriju RŽS Idrija. Analizirani so bili naslednji parametri: temperatura vode in zraka, pH, elektoprevodnost, motnost, količina raztopljenih snovi, skupno Fe,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ , Cl, P, poraba  $\text{O}_2$  s  $\text{KMnO}_4$ , skupna in karbonatna trdota ter celokupna vrednost Hg. Rezultati so bili obdelani s programoma Statistica in MS Excel, geokemično modeliranje pa s programom PHREEQC for Windows. V notranjosti odvodnih cevi sta bila odvzeta dva vzorca izločenega materiala za rentgensko difrakcijo, ki je bila opravljena na Naravoslovnotehniški fakulteti v Ljubljani.

Geokemične analize kažejo na izredno velike vsebnosti Fe in  $\text{SO}_4^{2-}$  ionov v izpustnih vodah. Povprečne vrednosti Fe so 3,83 mg/l (do 22 mg/l),  $\text{SO}_4^{2-}$  2201 mg/l (do 10.000 mg/l). Vsebnosti sulfatnih ionov tako večinoma presegajo mejne koncentracije izpustnih vod. Tudi drugi parametri ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , elektoprevodnost, trdota) so bistveno povečani. V času črpanja vode iz rudnika pri ohranjanju nivoja podzemne vode na XI. obzorju so se ti parametri skozi leta zmanjševali, precej pa so se zmanjšali v času izklopa črpalk 12.9.2005 pri potopitvi do IX. obzorja. Težave so se pričele pri ponovnem zagonu črpalk 24. 10. 2006, saj so nekatere vrednosti narasle za nekaj tisočkrat.

Velike razlike med koncentracijami ionov so opazne v obdobjih črpanja vode iz rudnika in v obdobjih mirovanja črpalk. V slednjih so koncentracije ionov bistveno manjše. To je potrjeno tudi s statističnimi t-testi za ta obdobja, pri katerih so razlike zelo značilne za vse parametre razen P,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NO}_2^-$  in porabe kisika. Povprečna vrednost izbranih parametrov je tako v času mirovanja in v času črpanja naslednja: Fe: 0,89 in 4,36 mg/l,  $\text{SO}_4^{2-}$ : 63,41 in 2602,56 mg/l, pH: 8,19 in 7,93, skupna trdota: 262 in 1860 mg/l  $\text{CaCO}_3$  ter celokupni Hg: 1824 in 639 ng/l. Med parametri obstajajo dobre korelacije, zelo močne ( $r > 0,85$ ) in značilne so predvsem za povezave Fe in  $\text{SO}_4^{2-}$  in drugih parametrov. Visoke vrednosti parametrov nastanejo zaradi oksidacije pirita in sulfidov v rudniku, saj se pri tem tvorijo  $\text{Fe}^{2+}$  kot  $\text{SO}_4^{2-}$  ioni. pH vrednost posledično pade in poveča se raztapljanje karbonatov, zato narastejo vrednosti  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  ionov in trdote.

Enostavni geokemični izračuni indeksov nasičenja mineralov v izpustnih vodah kažejo, da so te precej prenasočene z železovimi hidroksoidi in oksidi, predvsem s hematitom in goethitom. Voda je tudi rahlo prenasočena z dolomitom in sideritom ter je v ravnotežju s kalcitom. Te rezultate potrjujejo rezultati rentgenske difrakcije materiala iz odtočnih cevi, saj v enem vzorcu močno prevladuje goethit, v drugem pa magnetit.

Koncentracije določenih parametrov trenutno presegajo mejne dovoljene vrednosti za izpuste vod zaradi črpanja vode iz rudnika. Glede na analize prejšnjih podobnih dogodkov je za pričakovati, da se bodo koncentracije skozi čas zniževale, predlagane pa so tudi bolj kratkoročne rešitve sanacij. Vendar je pri potapljanjih na višje horizonte pričakovati podobne težave, zato bodo nadaljnje raziskave usmerjene v geokemično modeliranje možnih scenarijev in sanacij.

Delo je bilo omogočeno s pomočjo sredstev Javne agencije za raziskovalno dejavnost RS, šifra raziskovalnega projekta Z1-3670.

## Geomorfološka analiza rek z uporabo igre kaosa

Timotej Verbovšek<sup>1</sup> & Gorazd Žibret<sup>2</sup>

<sup>1</sup>UL, Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geologijo, Aškerčeva 12, 1000 Ljubljana, timotej.verbovsek@ntf.uni-lj.si

<sup>2</sup>Geološki zavod Slovenije, Ljubljana

V prispevku je opisana metodologija za analizo geomorfoloških lastnosti površinskih vodotokov z uporabo t.i. igre kaosa (angl. *chaos game*). Slednji postopek je namenjen ugotavljanju naključnosti in periodičnosti naravnih objektov in procesov. Kot primer so bile izbrane štiri večje svetovne reke (Amazonka, Mississippi, Donava in Sava), z namenom zajeti čim bolj raznolika geološka, klimatska in geomorfološka okolja.

Originalni postopek igre kaosa temelji na dejstvu, da analiziramo zaporedja z uporabo naključnega procesa, npr. metanja kocke. Postopek začnemo z narisano točko v enakostraničnem trikotniku, kjer označimo oglišča z A, B in C. Nato vržemo kocko, s čimer sprožimo naključen proces. Če izid kaže 1 ali 2, narišemo novo točko v trikotniku na pol poti proti oglišču A. Če vržemo 3 ali 4, narišemo novo točko v trikotniku na pol poti proti oglišču B in pri izidu 5 ali 6 proti oglišču C. Ko na ta način izrišemo vsaj nekaj 1000 točk, se nam pri popolnoma naključnih procesih izriše popoln Sierpinski trikotnik s fraktalno dimenzijo  $D=1,585$ . V prispevku je igra kaosa uporabljena za analizo naravnih procesov, natančneje za analizo zaporedja poteka rečnih strug. V ta namen so bile struge vseh štirih rek sprva digitalizirane in razdeljene v različno število odsekov (1000, 2000, 4000, 8000, 16.000 in 32.000) z določenimi dolžinami. Vsakemu rečnemu odseku je bila določena smer oz. azimut glede na smer prejšnjega odseka, torej glede na smer toka. Tako so bile za vse reke določene naslednje oznake: L, če se struga na določenem segmentu zavila v levo glede na kritični kot (določen s statistično analizo), D za desno smer in N za tok naravnost oz. naprej. Tako dobljeno zaporedje je bilo nato analizirano na naključnost s prej opisano metodo. Pri bolj naključnih procesih in potekih strug se izriše bolj pravilen Sierpinski trikotnik z višjo fraktalno dimenzijo in obratno, bolj periodični procesi dajo nepopolne trikotnike z nižjo fraktalno dimenzijo. Dimenzije dobljenih trikotnikov so bile izračunane s posebnim programom BCFD (Verbovšek, 2009, *Geological Quarterly*, 53/2, 241–248).

Rezultati kažejo, da je potek rečnih strug dokaj kaotičen, obstajajo pa tudi razločljive pravilnosti. Struge so bile tudi modelirane z različnimi matematičnimi funkcijami; s pravilno sinusoido (ta daje zelo nizke fraktalne dimenzije Sierpinskijevega trikotnika), seštevkom pravilnih sinusoid z različnimi amplitudami in valovnimi dolžinami (podobni rezultati), bolj kompleksnimi seštevki različnih sinusnih funkcij z dinamično spremenljivimi amplitudami in valovnimi dolžinami (precej boljši približek naravnih strug z višjimi dimenzijami) in različnimi seštevki funkcij z dodanimi naključnim šumom (ta je bil dodan interno v operator funkcije in eksterno kot dodatek sami funkciji). Najboljše opise strug dajejo kompleksne funkcije z dodanimi različnimi šumi. Iz analiz je razvidno, da obstajajo povezave med poprečnimi gradienti rek in njihovimi fraktalnimi dimenzijami Sierpinskijevih trikotnikov ter da geološki in tektonski faktorji

vplivajo na potek rek in se obnašajo kot modeliran zunanji šum v funkcijah.

Metoda, preskušena na štirih večjih svetovnih rekah, daje nov vpogled v naravne procese in na morfologijo rek, zato je uporabna tudi za analizo katerihkoli procesov, ki se jih da opisati z zaporedjem treh faktorjev. Natančneje je metoda opisana v originalnem prispevku (Žibret & Verbovšek, 2009, *Nonlinear Processes in Geophysics*, 16/3, 419–429, <http://www.nonlin-processes-geophys.net/16/419/2009/ngp-16-419-2009.pdf>).

## GPS meritve gibanja Jadranske mikroplošče in aktivnih tektonskih deformacij v Dinaridih

**Marko Vrabc<sup>1</sup>, Bruno Tomljenovič<sup>2</sup>, Oskar Sterle<sup>3</sup>, Željko Bačić<sup>4</sup>, Tomislav Bašić<sup>5</sup>, Marijan Marjanovič<sup>6</sup> & Bojan Stopar<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta, Privoz 11, 1000 Ljubljana, [marko.vrabc@ntf.uni-lj.si](mailto:marko.vrabc@ntf.uni-lj.si)

<sup>2</sup>Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu

<sup>3</sup>Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Univerza v Ljubljani

<sup>4</sup>Državna geodetska uprava Republike Hrvatske in Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu

<sup>5</sup>Hrvatski geodetski institut in Geodetski fakultet, Sveučilište u Zagrebu

<sup>6</sup>Državna geodetska uprava Republike Hrvatske

Analizirali smo združeno regionalno mrežo ~100 GPS točk, ki pokriva vzhodno obrobje Jadranske mikroplošče od Italije do južne Hrvaške in vključuje geodinamske enote Južne Alpe, nedeformirano Jadransko mikroploščo (Istra), Dinaride, Vzhodne Alpe in Panonski bazen. Podatki obsegajo pretežno visokonačančne kampanjske GPS izmere v časovnem razponu 1994-2007, v katerih je bila večina točk izmerjenih vsaj trikrat. Dodatno so vključeni tudi podatki nekaj permanentnih GPS postaj. Obdelava GPS podatkov je bila izvedena s programskim paketom Bernese. Hitrosti točk in pripadajoče negotovosti so bile izračunane glede na stabilno Evrazijo.

Aktivne deformacije v obalnem pasu Dinaridov v največji meri povzročata protiurna rotacija Jadranske mikroplošče glede na Evrazijo okoli eulerjevega pola, ki se nahaja v zahodnih Alpah. Orientacija hitrostnih vektorjev točk v primorskem delu ozemlja se zelo dobro ujema s predvidenimi trajektorijami gibanja Jadranske mikroplošče. Ta »smer pritiskanja« mikroplošče se spreminja od NNW-SSE v slovenskih Južnih Alpah do NNE-SSE v južni Dalmaciji in v Dinaridih Bosne in Hercegovine. Hitrost krčenja v naravnih sistemih Južnih Alp in Dinaridov narašča od severa proti jugu v razponu od ~2 mm/leto do ~4 mm/leto. V osrednjem in južnem območju Dinaridov nismo izmerili statistično značilnih deformacij pravokotno na smer krčenja orogena, kar kaže, da so bili v obdobju naših opazovanj premiki ob NW-SE usmerjenih »Dinarskih« prelomih zelo majhni oziroma jih sploh ni bilo.

Merljive premike vzdolž slemenitve orogena, ki bi lahko bili povezani z desnimi premiki ob »Dinarskih« prelomih, smo ugotovili severno od Idrijskega preloma in njegovega nadaljevanja na Hrvaško. Merljiv skok v hitrosti deformacij obstaja tudi v notranjosti Hrvaške v prehodni coni med Dinaridi in Panonskim nižavjem. V obeh primerih je hitrost desnih premikov velikostnega reda 1 mm/leto.

## Geokemične raziskave sedimentov iz Dvojnega jezera

**Polona Vreča<sup>1</sup>, Gregor Muri<sup>2</sup>, Radojko Jaćimović<sup>1</sup>, Branko Čermelj<sup>3</sup> & Martina Šturm<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Institut »Jožef Stefan«, Jamova cesta 39, 1000 Ljubljana, [polona.vreca@ijs.si](mailto:polona.vreca@ijs.si)

<sup>2</sup>Agencija RS za okolje, Ljubljana

<sup>3</sup>Morska biološka postaja, Nacionalni inštitut za biologijo, Piran

Ježera so edinstvena vodna sedimentacijska okolja, ki predstavljajo zelo občutljive, z okolico tesno povezane ekosisteme. Eden od osnovnih problemov jezer, tudi visokogorskih, je proces evτροφikacije, ki ga pospešuje človek z intenzivnimi posegi v okolje in ostaja, kljub napredku na področju razumevanja evτροφikacije v 20. stoletju, med najpomembnejšimi problemi pri zaščiti vodnih okolij. Neposredni in posredni antropogeni vnos hranil v vodna okolja povzročata hitro povečanje bioprodukcije in znatno zmanjšanje prosojnosti vodnega stolpca, kar ima za posledico številne nezaželene spremembe kakovosti vode. Najbolj pogosti posledici evτροφikacije sta sprememba vrstne sestave alg ter povečana pogostost in intenzivnost neprijetnega pojava »cvetenja« alg. Na kakovost vode vpliva tudi vnos toksičnih kovin in organskih onesnaževal, kar povzročata skupaj s povečanim vnosom hranil, znatne spremembe biogeokemijskega kroženja prvin v prostoru in času. Zgodovinske informacije o spremembah jezerskega ekosistema in njegove okolice pa se beležijo v jezerskem sedimentu.

Po EU Vodni direktivi (WFD 00/60/EC), ki je najpomembnejši dokument EU na področju zaščite in upravljanja z vodami, so jezera obravnavana kot površinska vodna telesa. Za slednja direktiva zahteva preprečitev degradacije in predpisuje zagotavljanje kakovostnega stanja vod do leta 2015. Med drugim tudi določa vzpostavitev dobrega vodnega stanja vodnih teles, preprečevanje nadaljnega slabšanja kakovosti voda, zmanjšanje virov onesnaženja, kot tudi uvajanje uravnoveženega in trajnostnega ravnanja z vodami. Prav zato so raziskave jezerskih sedimentov, kot pomembnih kazalcev časovnih sprememb in antropogenih vplivov, izredno pomembne.

Na ozemlju Triglavskega narodnega parka v Julijskih Alpah leži 14 visokogorskih jezer, ki se med seboj razlikujejo po velikosti, globini in trofičnem stanju. V preteklosti so bile že opravljene geokemične raziskave sedimenta iz nekaterih jezer, rezultati pa potrjujejo znatne spremembe v jezerih in njihovi okolici tekom zadnjih dveh stoletij ter jih lahko pripišemo deloma naravnim spremembam, deloma pa tudi človeški dejavnosti. V Dolini Triglavskih jezer sodita med najbolj izpostavljene Peto in Šesto Triglavsko jezero (Dvojno jezero), ki se nahajata v neposredni bližini planinske koč. Jezeri ležita na nadmorski višini 1669 m in ju uvrščamo med mezotrofna jezera. Peto jezero ima srednjo površino 1 ha in največjo globino 11 m, Šesto jezero pa 0,66 ha in 9 m. Stalnih površinskih dotokov jezeri nimata. Okolico sestavljajo predvsem triasni apnenci in jurski peščenjaki.

V okviru raziskav, s katerimi smo pričeli v oktobru 2009, smo odvzeli jedra sedimenta iz Petega in Šestega jezera in jih na terenu razrezali na 1 cm segmente. V laboratoriju so bile do sedaj določene gostota sedimenta, suha snov, ostanek po žarjenju, koncentracija organskega ogljika in celotnega dušika, izotopska sestava dušika ter hitrost sedimentacije. Predvidene so še analize izotopske sestave organskega ogljika, določitev zvrsti fosforja in mineraloške analize.

Suha snov sedimenta v Petem Jezeru se giblje med 6 in 15%, ostanek po žarjenju med 48 in 69%, gostota okrog 1,0 g/cm<sup>3</sup>, koncentracija organskega ogljika med 10,8 in 15,4%, koncentracija celotnega dušika med 0,9 in 1,7%, izotopska sestava dušika  $\delta^{15}\text{N}$  med -2,9 in +1,1‰, hitrost sedimentacije pa je bila ocenjena 9 mm/leto v vrhnjih 15 cm. V Šestem Jezeru se giblje suha snov med 6 in 32%, ostanek po žarjenju med 60 in 83%, gostota okrog 1,1 g/cm<sup>3</sup>, koncentracija organskega ogljika med 5,1 in 19,4%, koncentracija celotnega dušika med 0,4 in 2,4%, izotopska sestava dušika  $\delta^{15}\text{N}$  med -4,4 in +1,5‰, hitrost sedimentacije pa je bila ocenjena 4 mm/leto v vrhnjih 12 cm. Dosedanji rezultati torej kažejo, da se sedimenta obeh jezer znatno razlikujeta, vzroke za razlike na majhni razdalji pa je potrebno podrobneje raziskati.

### Characterization of mortars from Roman villa rustica: Archaeological site near Mošnje

Vesna Zalar<sup>1</sup>, Sabina Kramar<sup>2</sup>, Ana Mladenovič<sup>3</sup>, Maja Urošević<sup>4</sup>, Wilfried Körner<sup>5</sup>, Alenka Mauko<sup>3</sup>, Breda Mirtič<sup>6</sup> & Judita Lux<sup>6</sup>

<sup>1</sup>UL, NTF, Oddelek za geologijo, Aškerčeva 12, 1000 Ljubljana, vesna.zalar@ntf.uni-lj.si

<sup>2</sup>Institute for the Protection of the Cultural Heritage of Slovenia, Conservation Centre, Restoration Centre, Ljubljana, Slovenia

<sup>3</sup>Slovenian National Building and Civil Engineering Institute, Ljubljana, Slovenia

<sup>4</sup>University of Granada, Faculty of Science, Department of Mineralogy and Petrology, Granada, Spain

<sup>5</sup>University of Vienna, Department of Environmental Geosciences, Althanstrasse, Vienna

<sup>6</sup>Institute for the Protection of the Cultural Heritage of Slovenia, Conservation Centre, Preventive Archaeology Department, Kranj, Slovenia

In this study the results of the characterization of mortars from the Roman villa rustica near Mošnje are presented. The aim of the research was to provide, through the characterization of the selected mortar samples, useful information in order to define the composition and construction modes of particular mortars. Samples were selected according to the different functions of their technical applications. The samples represent mortars from walls, ceilings and floors, and also special mortars, such as bedding mortars taken from wall paintings, white polished render, terrazzo floor and mosaics. Wall paintings, white polished render and floor mosaic consist of two mortar bedding layers. Mineral and petrographical composition of mortars was determined by means of optical microscopy, XRD and SEM-EDS. Furthermore, special attention was given to the characterization of brick-lime mortars, which were additionally examined by using FTIR analysis, chemical analysis, gas sorption and Hg- porosimetry. The petrographical and mineral composition reveals a roughly similar structure of the aggregate in all samples. Majority of the mortars are generally made of round shaped aggregate with diameters approximately within the range of sand- size with a prevailing carbonate component and addition of crushed bricks. The carbonate component is represented by grains of limestone and dolomite, whilst the silicate component consists of grains of sandstone, quartz, chert, muscovite, tuff, plagioclase and crushed burnt clay particles.

A ratio of aggregate pebbles/crushed burnt clay components vary among the samples as well as among the layers. Mineral phases indicating the presence of latent hydraulic materials in mortars such as clinocllore (indicating the tuff grains), mica and hematite (both attributed to the brick particles) were also detected. The absence of muscovite and hematite is evident in samples where brick fragments occurred only as individual grains. The rounded shape of the aggregate grains indicates that local raw material was used in the preparation of these mortars, i.e. fluvial sand deposits of the Pleistocene terrace near Mošnje. The angular calcite grains presumably represent the ground marble and are present as an additive in the external layers of the white polished renders. The shape of tuffitic grains, their frequency of occurrence and size distribution indicate that tuff was not added intentionally, but appear as a part of the aggregate fraction. The reaction of the latent hydraulic material with lime led to the formation of crystalline phases, such as calcium silicate hydrate and calcium aluminate hydrate. Porosity of the mortars is higher in mortar layers with added brick fragments. On the other hand, the average pore diameter is higher in mortars layers without the brick fragments. Absence of brick particles in some mortars show distinctive bimodal distributions of pores and shift to larger pores, which indicates filling of pores when crushed brick particles are present. From the results it is possible to conclude that binder of white polished plaster consists of an air lime, whilst binders of other samples base on lime and latent hydraulic material. The results obtained in this study are also important for the suitable conservation- restoration intervention of the villa rustica.

### Raba in ohranjanje vrtač, značilne kraške reliefne oblike in sestavnega elementa pokrajine matičnega Krasa

Mojca Zega & Anica Cernatič Gregorič

ZRSVN OE Nova Gorica, Delpinova 16, 5000 Nova Gorica, mojca.zega@zrsvn.si

Vrtače so značilne površinske, reliefne kraške oblike. Zaradi kompleksnosti procesov, ki botrujejo njihovemu nastanku, predstavljajo vrtače mikrolokacije s specifičnimi geomorfološkimi, geološkimi, hidrološkimi, pedološkimi, ekološkimi in klimatskimi lastnostmi.

Za človeka je najpomembnejše dejstvo, da so vrtače skoraj edini vir rodovitne prsti na sicer s prstjo in vodo osiromašenem Krasu. Človek je vrtače tekom stoletij vedno koristil in spreminjal v skladu s svojimi potrebami. Najbolj običajna raba je predstavljala oblikovanje "delanih dolin", pri čemer je dno vrtače poravnal in preoblikoval v njivo ali vinograd. Včasih pa je preprosto odzval nekaj rodovitne prsti iz vrtače in jo uporabil za ureditev manjših vinogradov in vrtov ob hišah. Z razširitvijo in poravnavo dna vrtače je iz nekdanje lijakaste nastala bolj skledasta oblika, a kljub poseganju so vrtače ohranjale značilno podobo oblikovanih, kotanj okroglastih oblik, navadno širših kot globljih. Takšno rabo lahko označimo za vzdržno in trajnostno, dolgo preden smo sploh slišali za te, danes tako moderne, izraze. Vrtače, naravne in obdelane, so sestavni del fragmentirane kraške pokrajine in predstavljajo pomembno povezavo med kraškim površjem in kraškim podzemljem.

V zadnjem času pa se na Krasu srečujemo s problemi, ki postajajo vse resnejši in zaskrbljujoči.

Vstop v EU ter brezkompromisne in agresivne težnje po širjenju kapitala z velikopoteznimi, kratkoročnimi gospodarskimi investicijami povzročajo številne konflikte. Posledice tega so vidne tudi na Krasu, med drugim v spreminjanju reliefa in izginjanju tipičnih kraških površinskih oblik. Med njimi so seveda najbolj občutljive in prizadete prav vrtače. V vrtačah se izvajajo obsežni strojni izkopi zemljine in kamnine, ki koristi različnim namenom. Količinsko preobsežno in izvedbeno popolnoma neprimerno poseganje, pušča za seboj obsežna degradirana območja in vrtače, ki postajajo "črne luknje" za dovažanje vseh vrst odpadkov, tudi iz Italije. Četudi so vrtače ena izmed tipičnih kraških oblik in eden od sestavnih delov Krasa ter predstavljajo povezavo med kraškim površjem in podzemljem, civilna javnost in znanstvena sfera temu problemu posvečata izjemno malo pozornosti. Veljavna zakonodaja in predvideni ukrepi žal ne zadostujejo za učinkovito preprečevanje neprimernega poseganja in za zagotavljanje ohranjanja značilnosti kraške pokrajine. Menimo, da bi bilo potrebno matični Kras varovati in ohranjati z vsemi površinskimi ter podzemnimi pojavi in oblikami kot edinstveno naravno in kulturno dediščino ter neobnovljivi naravni vir, kajti upravljamo z unikatnost svetovnega pomena.

## Starost jamskih sedimentov v Medvedjem rovu Križne jame

Nadja Zupan Hajna<sup>1</sup>, Pavel Bosák<sup>2</sup>, Petr Pruner<sup>2</sup>, Helena Hercman<sup>3</sup>, Andrej Mihevc<sup>1</sup> & Jan Wagner<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Titov 2, 6230 Postojna, zupan@zrc-sazu.si

<sup>2</sup>Institute of Geology of the Academy of Sciences of the Czech Republic, Praga, Češka

<sup>3</sup>Institute of Geological Sciences, Polish Academy of Sciences, Warszawa, Poljska

Jamski sedimenti, predvsem pa ostanki jamskega medveda so bili v Križni jami velikokrat preučevani (na primer Hochstetter 1881; Gospodarič 1974; Rabeder & Withalm 2001; Pohar et al. 2002). Sige iz profila Brodar & Gospodarič (1973), v Hochstetterjevi »Schatzkammer«, sta prva datirala Ford & Gospodarič (1989). Rezultati so dali starosti med 126 in 173 ka. Rezultati <sup>14</sup>C datiranja kosti jamskega medveda iz vrha Kittlovih brezen so dali precej mlajše starosti, to je okrog 45.000 let (Rabeder & Withalm 2001).

Ponovnega študija istih plasti smo se lotili, da bi (1) ugotovili dejansko starosti plasti, ki vsebujejo kosti jamskega medveda, in (2) našli kratko reverzno obdobje (pred 117.1 ± 1.2 do 111.8 ± 1.0 ka) v normalnem Brunhes obdobju; to je ekskurzijo magnetnega polja, ki jo imenujemo Blake.

Profila I in II predstavljata ostanke stare zapolnitve v Medvedjem rovu (Zupan Hajna et al. 2008). Profila sta med seboj v zgornjem delu litostratigrafsko primerljiva. Zgornji del obeh profilov predstavljajo plasti sige (dve plasti sige prekrivata in delno cementirata kosti jamskega medveda) in drobnozrnatih siliciklastičnih naplavin (zrna kremenca, različne gline, limonita in boksita). V srednjem delu Profila II so horizontalno odložene

drobnozrnatih naplavin rezultat odlaganja sedimentov v mirnem okolju (jezero). Teksture peščenih plasti spodnjem delu profila kažejo na bolj dinamično fluvialno okolje.

S ponovnimi Th/U datacijami smo dobili podobne rezultate kot Ford & Gospodarič (1989), to je, da je spodnja plast sige s kostmi starejša od 94.000 let, vendar je bilo veliko rezultatov nejasnih. Vsekakor litološke podrobnosti, majhna debelina plasti in ohranjenost kosti jamskega medveda izključujejo nanos mlajših sedimentov v erodirane/sprane prazne prostore med sigo in s tem možno razlago, zakaj so mlajše plasti prisotne sredi starejših. Datirane sige očitno niso bile zaprti sistemi, ampak je v njih prišlo do rekrutalizacije ali spiranja/nalaganja U in Th, zaradi česa potem dobljene starosti niso prave.

Glede na paleomagnetne parametre (prevladujoča normalna polarizacija) se je odlaganje naplavin dogajalo v Brunhes obdobju (< 780 ka). V plasteh naplavin so bile zaznane štiri kratke reverzne ekskurzije magnetnega polja. Glede na datacije z Th/U metodo, bi lahko najmlajša ekskurzija (Profil I) ustrezala Blake ekskurziji. Spodnje tri (v naplavinah v Profilu II) so starejše od 173.000 let (datirana sige) in bi lahko ustrezale ekskurzijam Jamaica-Pringle Falls, Namaku, Calabrian Ridge, Portuguese margin ali Calabrian Ridge 1. Sedimenti v preučevanih profilih so se tako odložili v času zadnjih dveh ledenih dob in zadnjih dveh medledenih dob (würm, riss-würm interglacial (eemij), riss, mindel-riss interglacial (holstein)).

### Literatura:

- Brodar M. & R. Gospodarič (1973). Medvedji rov v Križni jami in tamkajšnji ostanki jamskega medveda. Mladinski raziskovalni tabori (1971–1972), 30–46.
- Ford D.C. & R. Gospodarič (1989). U series dating studies of Ursus spelaeus deposits in Križna jama, Slovenia. *Acta Carsologica* 18: 39–51.
- Gospodarič R. 1974. Fluvialni sedimenti v Križni jami. *Acta Carsologica* 6: 327–366.
- Hochstetter F. (1881). Die Kreuzberghöhle bei Laas in Krain und der Höhlenbär. *Anzeiger der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, mathematisch-naturwissenschaftliche Classe*, 18 (Jahrgang 1881) 5: 39–40.
- Pohar V., Kralj P. Rabeder G. & M. Mišič (2002). Cave sediments and fossil mammal remains in Križna jama, Southern Slovenia. *Abhandlungen der Karst-Höhlenkunde* 34: 49–51.
- Rabeder G. & G. Withalm (2001). The Križna jama near Lož in the classic karst. 7th International Symposium on Cave Bear, Excursion Guide, 1–4, Opicina-Opčine.
- Zupan Hajna N., Mihevc A., Pruner P. & P. Bosák (2008). Paleomagnetism and Magnetostratigraphy of Karst Sediments in Slovenia. *Carsologica* 8, Založba ZRC, 266 pp., Postojna, Ljubljana.

## Uporaba nevronske mreže pri obdelavi geokemičnih podatkov

Gorazd Žibret

Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana, gorazd.zibret@geo-zs.si

V prispevku bodo prikazane nekatere možnosti uporabe nevronske mreže pri interpretaciji geokemičnih podatkov in modeliranju. Metode se lahko uporabijo tudi pri interpretaciji drugih

geoloških podatkov. Glavni namen prispevka je seznaniti slovensko geološko znanstveno in strokovno javnost o zmožnostih te, dokaj nove tehnologije.

Glavna prednost nevronske mreže je v njihovi nelinearnosti v matematičnem smislu. Linearnost v matematiki pomeni lastnost aditivnosti in homogenosti, katere veljavnost predpostavlja veja matematike, ki ji pravimo linearna algebra. Na njej temelji večina danes splošno uporabljenih matematičnih orodij, kamor spada tudi statistika. Vendar je v naravi linearnost bolj izjema kot pravilo, še posebej pri kompleksnih naravnih sistemih. Za primerjavo: idealni Hi-Fi glasbeni sistem je linearen, vendar v realnem svetu obstajajo le bolj ali manj dobri približki linearnega Hi-Fi sistema, pa še ti so približno linearni le v določenem obsegu jakosti signalov. Ti dve predpostavki v sami osnovi večine matematičnih orodij imata resne omejitve pri uporabi podatkov, od katerih je najbolj znana potreba po normalni porazdelitvi za večino statističnih obdelav. Nevronske mreže teh omejitev nimajo. Uporabimo lahko katere koli podatke, ki so lahko podvrženi šumu, so nepopolni ali celo atributivni.

Predstavljeni bodo 3 primeri: klasifikacija, funkcijska aproksimacija (modeliranje) in razvrščanje (clustering), pri čemer bo prikazana uporaba različnih tipov podatkov skupaj. Pri vsakem primeru bo na kratko obrazložena transformacija podatkov, topologija ter učenje nevronske mreže in dobljen rezultat. V primeru klasifikacije bo uporabljen večslojni perceptron, ki bo klasificiral geokemične materiale (podstrešni prah, tla, aluvialni sediment) glede na njihovo kemijsko sestavo, prav tako pa bo zmožen določiti, ali gre morda za izmišljene (naključne) vrednosti. Uporabljene bodo analize materialov, ki se nahajajo na različnih onesnaženih in neonesnaženih območjih, tako, da klasifikacija ne bo možna zgolj na podlagi nekaterih visokih vsebnosti določenih prvin.

Primer modeliranja oz. funkcijske aproksimacije bo prikazan na primeru problematike izdelave geokemičnih kart. Dosedanja metodologija temelji na krigiranju kot metodi interpolacije, pri kateri pa so upoštevani le podatki o geografski lokaciji vzorčnih točk in vsebnosti določene prvine na teh točkah. Pri interpolaciji na podlagi nevronske mreže pa so upoštevani tudi drugi parametri, kot so geologija, teren, ali razdalja do glavnih onesnaževalcev. Možno pa je uporabiti tudi druge generične parametre, kot je npr. raba tal, ekspozicija terena, razdalja do linijskih onesnaževalcev (cest) ipd.

Tretji primer, razvrščanje, temelji na uporabi samoorganizacijskih map, ki so poseben tip nevronske mreže. Za ta tip mreže je značilno, da so sposobne projicirati podatke iz multidimenzionalnega prostora na poljubno število dimenzij (po navadi 2) brez izgube topološke informacije. Torej podatkom, podobno kot faktorjska analiza, zmanjšujejo dimenzionalnost, da si jih nato lahko lažje predstavljamo in jih razvrščamo. Pri razvrščanju so uporabljene tudi atributivne in ne-normalno porazdeljene spremenljivke, ki dajejo vpogled v izvor ugotovljenih geokemijskih združb prvin.

Avtor upa, da bo pričujoče predavanje vzpodbudilo še koga, da poskusi uporabiti to dokaj novo, a obetavno metodo za interpretacijo podatkov. Geologiji, ki operira v veliki meri z atributivnimi podatki, menim, da odpira številne nove možnosti.

## Hišni prah in cestni sediment kot indikatorja emisij težkih kovin v zrak

**Gorazd Žibret**

*Geološki zavod Slovenije, Dimičeva ulica 14, 1000 Ljubljana, gorazd.zibret@geo-zs.si*

Raziskava je osredotočena na mesto Celje. Zajela je vzorčenje cestnega sedimenta in hišnega prahu v dveh obdobjih: v letu 2005 in 2008. Bistvena razlika med obema obdobjema je v tem, da je v letu 2005 železarna v Štorah obratovala brez protiprašnih filtrov. Le-te je železarna inštalirala v jeseni 2005. Pred tem obdobjem so se jasno videle emisije rdečega prahu nekajkrat dnevno iz zračnika elektroobločnih peči v času, ko so peč polnili z odpadnim železom. Po tem obdobju emisije s prostim očesom niso bile več vidne.

Z vzorčenjem hišnega prahu (material vrečk iz sesalcev) in cestnega sedimenta smo preverili, ali se odsotnost teh emisij pozna tudi v sestavi obeh snovi. Vzorci so bili odvzeti v neposredni bližini železarne na dveh lokacijah: železarna-vzhod in železarna-zahod, cestni sediment tudi v neposredni bližini železarne pri vhodu v tovarno, ter na treh drugih točkah v Celju in na referenčni točki v Novi Cerkvi. Priprava vzorcev in kemijske analize so bile narejene po že ustaljenih metodah na oddelku Geokemija in geologija okolja na Geološkem zavodu Slovenije.

V obeh raziskovanih medijih je bil ugotovljen upad vsebnosti prvin, katere je verjetno emitirala železarna v Štorah (Fe, As, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni, Pb in Zn) v letu 2008 v primerjavi z letom 2005. Tukaj je potrebno še poudariti, da je za območje Celja značilna visoka kontaminacija tal s Zn in Cd, katerih primarni vir je 100-letna predelava cinkove rude v Cinkarni, vendar je kljub temu določen delež kontaminacije tema dvema prvinama moč pripisati železarni v Štorah.

V cestnem sedimentu je na vzorčni točki železarna-vzhod zaznan največji upad pri vsebnosti Zn, in sicer iz 1690 na 635, sledi upad vsebnosti Mn iz 2970 na 1310, Cr iz 740 na 385, Cu iz 295 na 164, Co iz 15,3 na 8,70 (vse vrednosti so v mg/kg) in Fe iz 12,7% na 7,35%. Še večji upad prvin je bil zaznan v cestnem sedimentu v neposredni bližini železarne, in sicer pri Zn iz 1260 na 371 mg/kg, pri Cr iz 236 na 90,0 in pri Mo iz 16,3 na 7,1 mg/kg. Podobni učinki so bili opazni tudi na vzorčnih točkah v Bukovžlaku in na Lavi, medtem, ko na Delavski in Teharski ulici trend ni bil zaznan.

Podobna slika je pri hišnem prahu. Najvišje upade vsebnosti prvin smo zaznali v Štorah. Vsebnost Cr je upadla iz 724 na 133, Ni iz 316 na 96,7, Mo iz 36,9 na 12,4, Co iz 12,1 na 7,8 mg/kg ter Fe iz 4,91 na 2,70%. Upade vsebnosti navedenih prvin smo zaznali tudi na vzorčni točki v Bukovžlaku in na Delavski ulici, manj izrazito pa na točki železarna-zahod in Lava. Na Delavski ulici je vsebnost Pb upadla kar za 6,6-krat. Če primerjamo hišni prah in cestni sediment, so upadi vsebnosti težkih kovin nekoliko bolj izraziti v hišnem prahu, kot v cestnem sedimentu.

Omenjena raziskava je zanimiva predvsem zaradi dejstev, da so bili materiali vzorčeni na istih lokacijah ter z isto metodologijo vzorčenja, priprave in analize vzorcev. Edina razlika je v obratovanju protiprašnih filtrov v železarni. Raziskava je ugotovila, da je z vzorčenjem hišnega prahu in cestnega sedimenta možno ugotoviti emisije težkih kovin v zrak, kljub temu, da je okolje že predhodno močno kontaminirano s težkimi kovinami. Rezultati raziskave



so ena izmed strokovnih podlag za pripravo predloga zakona o sanaciji Celjske kotline, ki je trenutno v pripravi, po vzoru ekvivalentnega zakona za ekološko sanacijo Mežiške doline.

### Vpliv marikultur na morski ekosistem (Vrgada, srednji Jadran, Hrvaška)

**Petra Žvab Rožič<sup>1</sup>, Vatroslav Karamarko<sup>2</sup>, Branimir Baždarić<sup>2</sup>, Goran Kniewald<sup>3</sup>, Matej Dolenc<sup>1</sup> & Tadej Dolenc<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Univerza v Ljubljani, NTF, Oddelek za geologijo, Aškerčeva 12, 1000 Ljubljana, [petra.zvab@guest.arnes.si](mailto:petra.zvab@guest.arnes.si)

<sup>2</sup>Dalmar d.o.o., Pakoštane, Hrvaška

<sup>3</sup>Institut Ruđer Bošković, Zagreb, Hrvaška

Hitro naraščajoča marikulturna dejavnost, zlasti gojenje rib na ribjih farmah, predstavlja v zadnjem času vedno večji problem z vidika onesnaževanja morskega ekosistema. Številne raziskave so pokazale, da v okolici ribjih kletk lahko pride do eutrofikacije, spremembe v bentoški populaciji, cvetenja alg in planktonske populacije, sprememba kemizma morske vode in negativnega vpliva na geokemične značilnosti sedimenta. Problem predstavljajo predvsem organski odpadni produkti kot so nekonzumirana ribja hrana in ribji izločki. V tej študiji smo ugotavljali vpliv dejavnosti gojenja rib na različne segmente morskega ekosistema s pomočjo izotopov in geokemičnih analiz (elementarna analiza).

Študija je bila opravljena na farmi brancinov in orad v bližini otoka Vrgada, srednji Jadran. Vrednosti dušikovega izotopa  $\delta^{15}\text{N}$

smo opazovali v številnih organizmih iz okolice farm; plankton, POM, bentoški organizmi, ribe. Meritve smo opravili na Institutu Jožef Stefan na masnem spektrometru Europa 20-20. Na različnih oddaljenostih glede na ribje kletke smo vzorčevali sediment in ga poslali na elementarne analize v ACMELAB (Acme Analytical Laboratories, Vancouver, Canada).

Poglavitni namen raziskave je bil oceniti intenziteto onesnaženja in vplivno območje, ki ga ima gojenje rib na okoliški ekosistem. Dobljene rezultate iz otoka Vrgada smo primerjali z rezultati starejših raziskav iz izbranih območjih z manjšim in večjim antropogenim vnosom. Za referenčno lokacijo z zanemarljivim antropogenim vnosom smo izbrali lokacijo na Kornatih, na drugi strani pa smo vzorčevali obalne predele Pirovečkega zaliva, otoka Murterja in Istre, ki zaradi netretiranih komunalnih in industrijskih odpadkov predstavljajo območja z velikim antropogenim vnosom.

Najvišje vrednosti  $\delta^{15}\text{N}$  so bile izmerjene v vzorcih iz Pirovačkega zaliva ter obalnih predelov otoka Murterja in Istre. Najnižje vrednosti  $\delta^{15}\text{N}$  smo izmerili na referenčni lokaciji na Kornatih. Vrednosti dušikovega izotopa  $\delta^{15}\text{N}$  na ribjih farmah so bile višje od referenčne lokacije vendar nižje od bolj onesnaženih obalnih področij. Vrednosti dušikovega izotopa so pri skoraj vseh organizmih pokazale enak vzorec.

Rezultati elementarnih analiz sedimenta so pokazali gradient zmanjševanja vrednosti vseh elementov z oddaljenostjo od kletk. V primerjavi s povprečnimi koncentracijami elementov v sedimentu Jadranskega morja so vrednosti v sedimentu ribjih farm pri otoku Vrgada nižje. Iz tega sledi, da intenzivna marikulturna dejavnost na obravnavanem območju ne predstavlja širšega okoljskega problema temveč je omejeno le na področje neposredno pod farmami.

## **EKSKURZIJE / FIELD TRIPS**

- E0 Geološke katastrofe in razvoj Bovške kotline v kvartarju (Miloš Bavec) 61*
- E1 Trenta - Triglavski narodni park. Geologija, geomorfologija in vodni viri (Nadja Zupan Hajna, Metka Petrič & Aleš Zdešar) 69*
- E2 Razvoj jure in krede na Mangartu (Andrej Šmuc, Špela Goričan & Alenka Eva Črne) 81*
- E3 Kras na Kaninskih podih (Franci Gabrovšek & Bojan Otoničar) 99*



## E0 Geološke katastrofe in razvoj Bovške kotline v kvartarju

Miloš Bavec

Geološki zavod Slovenije, Ljubljana

### UVOD

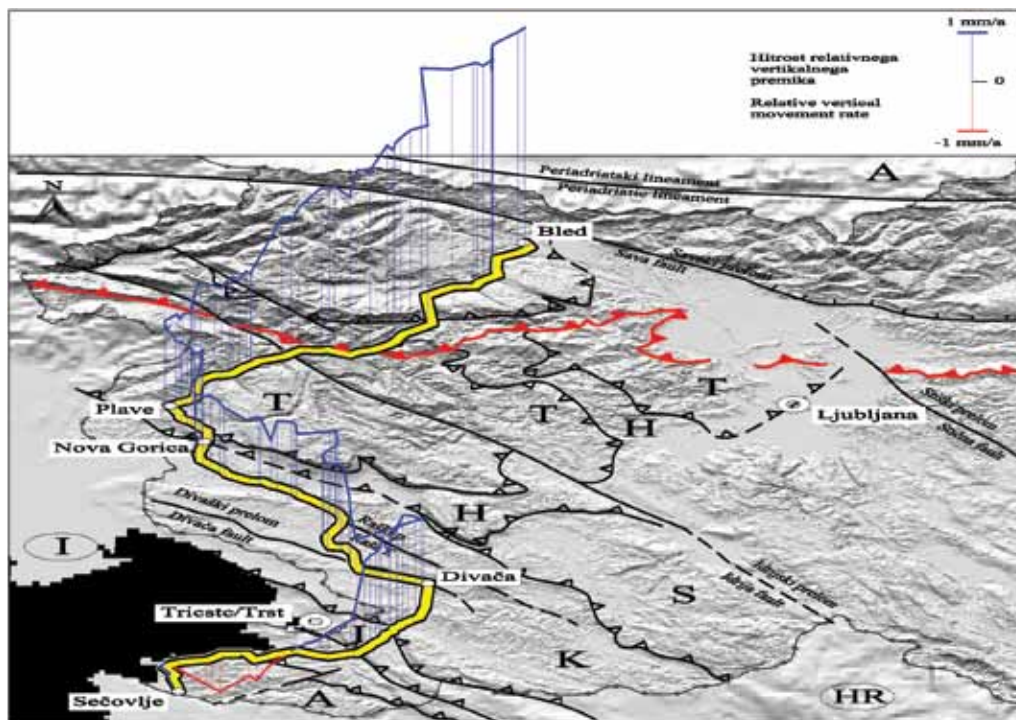
Idilični alpski pejzaž Zgornjega Posočja je nastal kot posledica prav nič idiličnega dogajanja v bližnji geološki zgodovini. Ne samo v zgodovini, tudi danes se posledice kvartarnih klimatskih sprememb na milo rečeno neprijeten način seštevajo s tektonsko aktivnostjo širšega ozemlja. Rezultate poznamo: potresi, podori, gravitacijska pobočna premikanja... Sprehodili se bomo skozi zapise dogodkov v sedimentih in poskusili odviti del zgodbe o nastanku Bovške kotline in njene okolice.

### TEKTONIKA IN POTRESI

Celotno slovensko ozemlje je zaradi svojega položaja na širšem območju stika Evrazijske plošče in Jadransko-Apulijske mikroplošče tektonsko aktivno. Aktivnost je posebno izrazita v zahodnem delu, kjer se odraža s povečano seizmičnostjo in je bila z različnimi metodami tudi sorazmerno dobro kvantificirana (npr. Weber et al., 2010, Komac & Bavec, 2007; Rižnar et al., 2007). S ponovljeno nivelmansko izmero je bila največja relativna vertikalna razlika v hitrostih dviganja vzdolž poligona med slovensko obalo in Bledom (slika 1) ocenjena na 7 mm/leto (Rižnar et al., 2007).

Velik del relativne razlike je koncentriran na območje Alp, zato nas povečana seizmičnost tega območja ne sme presenečati.

Manj jasna je geološka interpretacija izrazito povečane seizmičnosti v zahodnem delu Julijskih Alp. Razlog seveda tiči v nezadostno pojasnjenem tektonskem modelu tega območja in tudi Bovška kotlina pri tem ni izjema. Strukturni odnos Polovniške antiklinale, Bovške kotline (sinklinale?) ter Kaninskega pogorja in naravnih oz. prelomnih kontaktov med njimi še vedno ni jase (Buser, 1986, 1987; Jurkovšek, 1985, 1987; Poljak et al., 1998), kljub temu, da je bil ob zadnjih dveh velikih potresih v Posočju (1998,  $M_L=5,6$  in 2004,  $M_L=4,9$ ) narejen velik korak naprej v razumevanju seizmotektonskih značilnosti območja (Bajc et al., 2001; Zupančič et al., 2001; Kastelic et al., 2006; Vidrih, 2006). Oba potresa sta bila pripisana desnozmničnemu in poševnozmničnemu premikanju ob Ravenskem prelomu, katerega sled pa ob južnem vходу v Bovško kotlino izgine, tako da večjih novosti o zgradbi same kotline s seizmotektonskimi raziskavami nismo dobili. Potres je povzročil veliko materialno škodo, zanimiv pa je bil tudi po razmeroma intenzivnih posledicah v naravi v obliki plazov in predvsem podorov (slika 2), ki jih je žal že pokojni slovenski seizmolog Renato Vidrih temeljito analiziral in na podlagi svojih ugotovitev predlagal nekatere dopolnitve k lestvici EMS-98 (Vidrih, 2006, 2008).



Slika 1. Relativne hitrosti vertikalnega premikanja glede na izhodišče v Sečovljah vzdolž nivelmanskega poligona Sečovlje – Bled. Z rumeno je označena trasa nivelmanskega poligona, z modro in rdečo pa hitrost vertikalnega premikanja v mm/leto glede na referenčno točko v Sečovljah (povzeto po: Rižnar et al., 2007).



Slika 2. Posledice potresa, 12. aprila 1998 v naravi – podori nad Bovecem so nastali ali se povečali ob potresu.

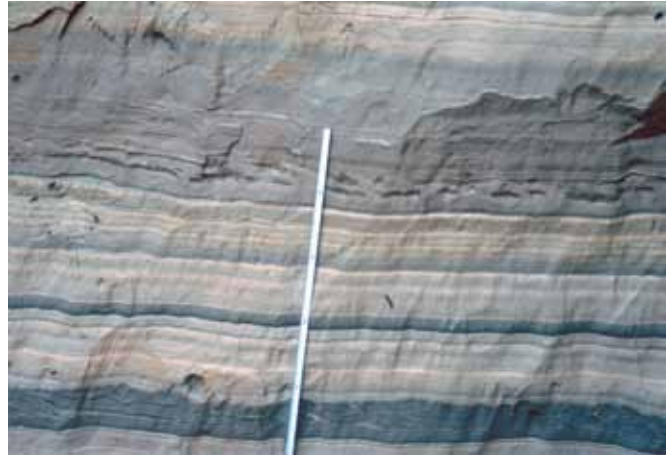
Več geoloških znakov kaže na intenzivno recentno »pogrezanje«<sup>1</sup> Bovške kotline, ki je bilo med drugim nakazano tudi z analizo PSInSAR (Komac & Bavec, 2007; Milanič, 2010). O relativnem hitrejšem spuščanju dna kotline bi lahko med drugim pričala tudi izjemna debelina kvartarnih sedimentov v njenem jedru ter globoka korita pri vstopih Koritnice (Kluže) in Soče (korita Soče) v kotlino.

Sicer pa številni potresi v Posočju niso novost zgodovinskega obdobja, kar je dobro dokumentirano vsaj enkrat in sicer v obliki seizmitskih tekstur v sicer skoraj idealno horizontalno laminiranem poznopleistocenskem jezerskem sedimentu v Srpenici (slika 3; Marjanac et al., 2001).

## LEDENIKI

V pleistocenu je bil razvoj površja v Bovški kotlini in njeni okolici močno povezan z delovanjem ledenikov. Snežna meja se je ob pleistocenskih klimatskih minimumih spustila na približno 1400 m nad morjem (povzeto v Bavec, 2001), kar v grobem pomeni, da je bilo vse območje nad to višino akumulacijsko območje (redišče) ledenikov. Led je prekrival vrhove gora in po pobočjih segal globoko proti dolinam. Sledovi visokogorskih (»pobočnih«) ledenikov so najboljše dokumentirani z območja Kaninskega pogorja, medtem ko je ostalo visokogorje obdelano predvsem v preglednih delih (npr. Kunaver, 1972, 1975, 1980, 1982; Melik, 1954a,b).

Pobočni ledeniki in dolinski pritoki iz Koritnice, Možnice, Bavšice, Lepene in ostalih manjših dolin so napajali velik dolinski ledenik, ki ga običajno imenujemo kar s skupnim imenom Soški ledenik. Šlo je za obsežen ledenik, ki je dosegal debelino nekaj sto metrov, po nekaterih ocenah celo tja do 700 m (npr. Melik, 1954b). V zvezi z njegovim največjim obsegom obstoja nekaj različnih interpretacij, vsekakor pa je pri teh ocenah potrebno upoštevati, da je pleistocensko ledeniško dogajanje trajalo kar slaba dva milijona let. Zakaj? Zaradi tektonskih premikanj. Ko namreč poskušamo geomorfološka opazovanja postaviti v okvir današnje topografije, se zlahka uštejemo za več sto metrov. Če pa za izhodišče pogojno vseeno privzamemo današnji relief in ga povežemo z bolj ali manj



Slika 3. Seizmiti v poznopleistocenskem jezerskem sedimentu v Srpenici. Dokaz močnejšega potresa pred približno 15.000 leti (Marjanac et al., 2001). Širina spodnje slike je približno 20 cm.

zanesljivimi geomorfološkimi opazovanji, lastnostmi sedimentov in modelom mogoče razsežnosti ledenika (Bavec & Tulaczyk, 2002) moramo oceno o obsegu Soškega ledenika razdeliti na vsaj dva dela. Za čas zadnjih dveh alpskih poledenitev (riss, würm; ali približno zadnjih dvesto tisoč let) na podlagi konvergence opazovanj ocenjujemo, da je segel kvečjemu do Bovca oziroma, da so se kraki njegovih pritokov najverjetneje stalili celo preden so dosegli Bovško kotlino (Bavec, 2002; Bavec et al., 2004). Na drugi strani pa o obsegu srednje- in zgodnjepleistocenskega ledenika razen rezultatov modeliranja nimamo zadovoljivih dokazov, ki bi lahko utemeljeno oporekali zgodnejšim raziskovalcem. Že od samih začetkov modernega raziskovanja kvartarnih pojavov na Severnem Primorskem (Brückner, 1891; Penck & Brückner, 1909; kasneje tudi Kuščer et al., 1974; Kunaver, 1975) velja, da je dolinski Soški ledenik segal vse do Tolmina oziroma Mosta na Soči. Po takšni interpretaciji naj bi bil najdaljši krak Soškega ledenika od Zadnje Trente do Tolmina dolg kar dobrih 60 km. Takšen ledenik bi imel z vsemi svojimi kraki površino približno 300 km<sup>2</sup> (meritev na podlagi glaciološkega modela, po katerem ocenjujemo, da je tak obseg večkratno precenjen (Bavec, 2001)).

## GRAVITACIJSKA POBOČNA PREMIKANJA (PODORI, PLAZOVI, DROBIRSKI TOKOVI)

V tem poglavju se posvečam pojavom, ki so imeli po mojem mnenju zaradi hitrega odlaganja velikih količin sedimenta največji neposreden vpliv na kvartarni razvoj reliefa in življenja na Bovškem. Dokazi o pojavih gravitacijskega pobočnega premikanja, v nekaterih primerih je šlo za pojave izjemnih razsežnosti, so dokumentirani vsaj za zadnjih 150.000 let. Sledove velikih dogodkov najdemo v vseh dolinah tega območja, omenil pa bom le nekaj najzanimivejših.

### Stože in Log pod Mangartom – plaz, drobirski tok

Novembra 2000 se je po dolgotrajnem močnem deževju na območju Stož mobiliziralo okrog 1.5 milijona m<sup>3</sup> sedimentnega drobirja (Mikoš et al., 2004). Po prvotnem plazu je material v obliki drobirskega toka z visoko hitrostjo stekel po koritu Predelice ter v Logu pod Mangartom in nizvodno od tam povzročil opustošenje. Ob sedmih življenjih je uničil dobršen del infrastrukture in spremenil način življenja v Logu. Ob univerzalnem razlogu težav v teh krajih, aktivni tektoniki, je bilo kot glavni ra-



Slika 4. Izvorno območje (žarišče) plazu in drobirskega toka na Stožah pri Mangartski planini

zlog za nastanek plazu in drobirskega toka ugotovljeno neugodno zaporedje kamnin in sedimentov na območju žarišča (slika 4). Drсна ploskev prvotnega plazu se je razvila na zelo slabo prepustnih plastnatih karbonatno klastičnih kamninah rabeljske oz. tamarske formacije ( $T_3^1$ ), na katere je bil odložen najprej til (ledeniška morena), potem presedimentiran til (dokaz drsenja pred zadnjim dogodkom), vse skupaj pa je bilo dodatno obteženo še s paketom pobočnega grušča. Ključna dodatna geološka sestavina za zdrs je bil vpad rabeljskih plasti vzdolž pobočja (Jurkovšek, 2001).

### Sotočje Koritnice in Možnice – podor, drobirski tok, jezero

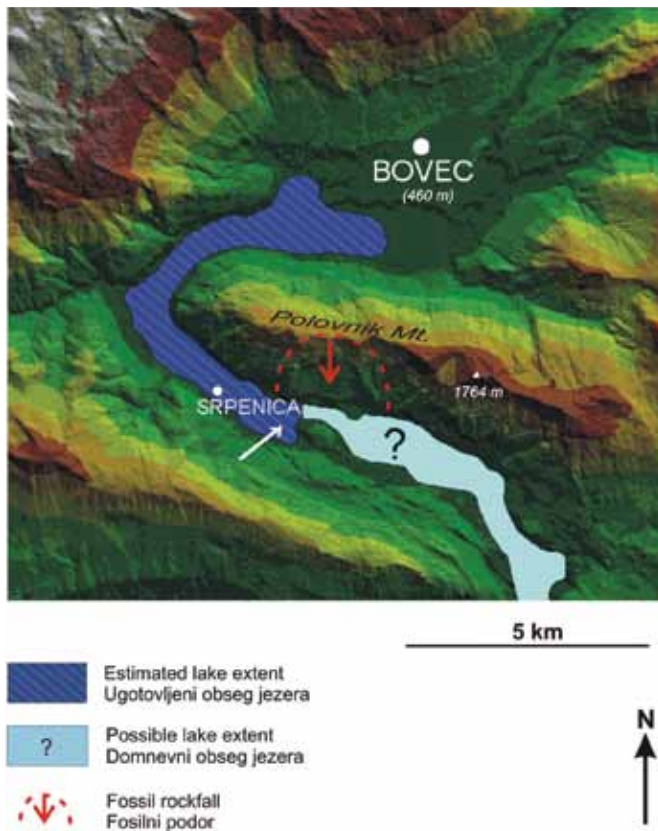
Vzvodno od sotočja Koritnice in Možnice lahko opazujemo zaporedje podornih blokov, sedimentov drobirskega toka in jezerskih sedimentov. Podoru, njegove sledove vidimo pod mostom čez Koritnico, je sledilo proženje masnih tokov, vse skupaj pa je zajezilo Koritnico in povzročilo nastanek jezera. Dogajanje še ni časovno opredeljeno, najverjetneje pa gre za holocen, morda celo za zgodovinski čas. Litologija in rekonstruirana smer transporta podornih blokov in diamiktone, ki jih prekriva (Bavec, 2001), kaže na najverjetnejši izvor materiala z območja Črnega vrha severno oz. severozahodno od mostu. Diamikton bi lahko bil ledeniškega izvora, popolnoma mogoče pa je tudi, da gre za tektonski zdrob in grušč iz močno tektoniziranega zaledja.

### Srpenica – podor, jezero, jezerski sedimenti

Vzpetina Kuntri (530 m n.v.) oz. Hrib pri Srpenici je bila interpretirana že na vse mogoče načine; kot morena, podor, kombinacija obeh... Kaže, da je nastala ob kombinaciji podorov s Polovnika in z južnega pobočja Stola, glavnina materiala pa izvira s Polovnika. Na pobočju Polovnika je namreč ravno nad to veliko akumulacijo grušča in blokov zelo dobro izražena konkavna oblika, od koder izvira večina materiala (slika 5).

Litološka sestava grušča kaže, da del materiala, najdemo ga predvsem v najvišjem delu akumulacije, nedvomno izvira tudi s pobočij Stola. Zanimivo vprašanje pri opisovanju tega podora je vsekakor, ali je povzročil nastanek (zajezitev) velikega kvartarnega jezera ("Srpeniško jezero"), ki je segalo vse do Bovške kotline (slika 5). Verjetno ne v celoti. Jezerski sedimenti so namreč nastajali ob sinsedimentacijskem pogrezanju akumulacijskega bazena (sistematsko povečevanje naklona lamin v nekaterih vrtnah; Bavec, 2001). Podor je bil najverjetneje le spremljajoči pojav ob hitrem pogrezanju jezerskega bazena in najbrž drži, da se je podor zrušil v že obstoječo vodno akumulacijo, kakor je ugotavljal že Melik (1962). Analize v zgornjem delu več kot 200 m debele skladovnice jezerskih sedimentov so pokazale, da je jezero tu verjetno obstajalo več deset tisoč let in precej neverjetno je, da bi lahko podorni material ves ta čas zadrževal tako veliko količino vode.

Nastanek jezera in začetek sedimentacije v njem časovno ni opredeljen. Glede na to, da je bilo z vrtnjem dokazano, da jezerski sedimenti ponekod presegajo debelino 200 m (Kuščer et al., 1974) in da se je zgornjih 34 m odložilo v dobrih 8000 letih (Bavec, 2001; 2002), lahko sklepamo, da je jezero brez večje prekinitve tu obstajalo nekaj deset tisoč let. Segalo je do Čezsoče, sedimentacija pa je trajala še globoko v holocen (6590 – 6910 koledarskih let pred sedanostjo). Sediment je plastnat in ponekod drobno laminiran in je skoraj v celoti alohton (prevladuje karbonatni detritus;



Slika 5. Obseg pleistocensko – holocenskega “Srpeniškega jezera” in skalni podor s Polovnika. Bela puščica kaže lokacijo opuščene kopa karbonatnega melja.

Dolenec et al., 1984). Povprečna sestava sedimenta je:  $\text{SiO}_2$  - 8.45%,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  - 1.18%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  - 2.63%,  $\text{CaCO}_3$  - 71.15%,  $\text{MgCO}_3$  - 14.29%, ostalo - 2.30% (Kuščer et al., 1974). V osrednjem delu je laminacija izrazito horizontalna in je izražena z značilno razliko v barvi in granulaciji. Razlika v kemijski sestavi med svetlimi in temnimi laminami dokazuje, da laminacija ni sezonsko pogojena in da torej ne gre za varve, pač pa za vpliv različnih izvornih območij sedimenta: več fliša – temnejše lamine, več karbonatov – svetle lamine (Gosar et al., 2008). Na globini približno 34 m sta bili v opuščnem kopu bližnje kemijske tovarne opisani dve plasti s seizmiti (slika 3) – dokaz potresa pred 15.000 leti (Marjanac et al., 2001).

### Ravni Laz, Stržišče, Kal-Koritnica – drobirski tokovi velikih razsežnosti

V Bovški kotlini najdemo diamiktit v velikem obsegu na Ravnem Lazu, Radeljcu, Stržišču, nad Kalom-Koritnico in pri Jablenci. Povsod je odložen neposredno na predkvartarni podlagi. Na Ravnem Lazu in Stržišču je pokrit s konglomeratnim pokrovom, na Radeljcu leži na njem erozijski ostanek jezerskih sedimentov, nad Kalom-Koritnico (slika 6) in pri Jablenci pa je nepokrit. Datacije (Bavec, 2001) z IRSL na Ravnem Lazu so dale naslednje ocene starosti: diamiktit  $\approx 155 \pm 23$  ka, konglomerat  $\approx 200 \pm 43$  ka. U/Th datacija cementa v konglomeratu je dala preliminarni rezultat  $\approx 153$  ka b.p. (slika 9). Zaradi majhne vsebnosti radioaktivnih izotopov so datacije sorazmerno nezanesljive, kljub



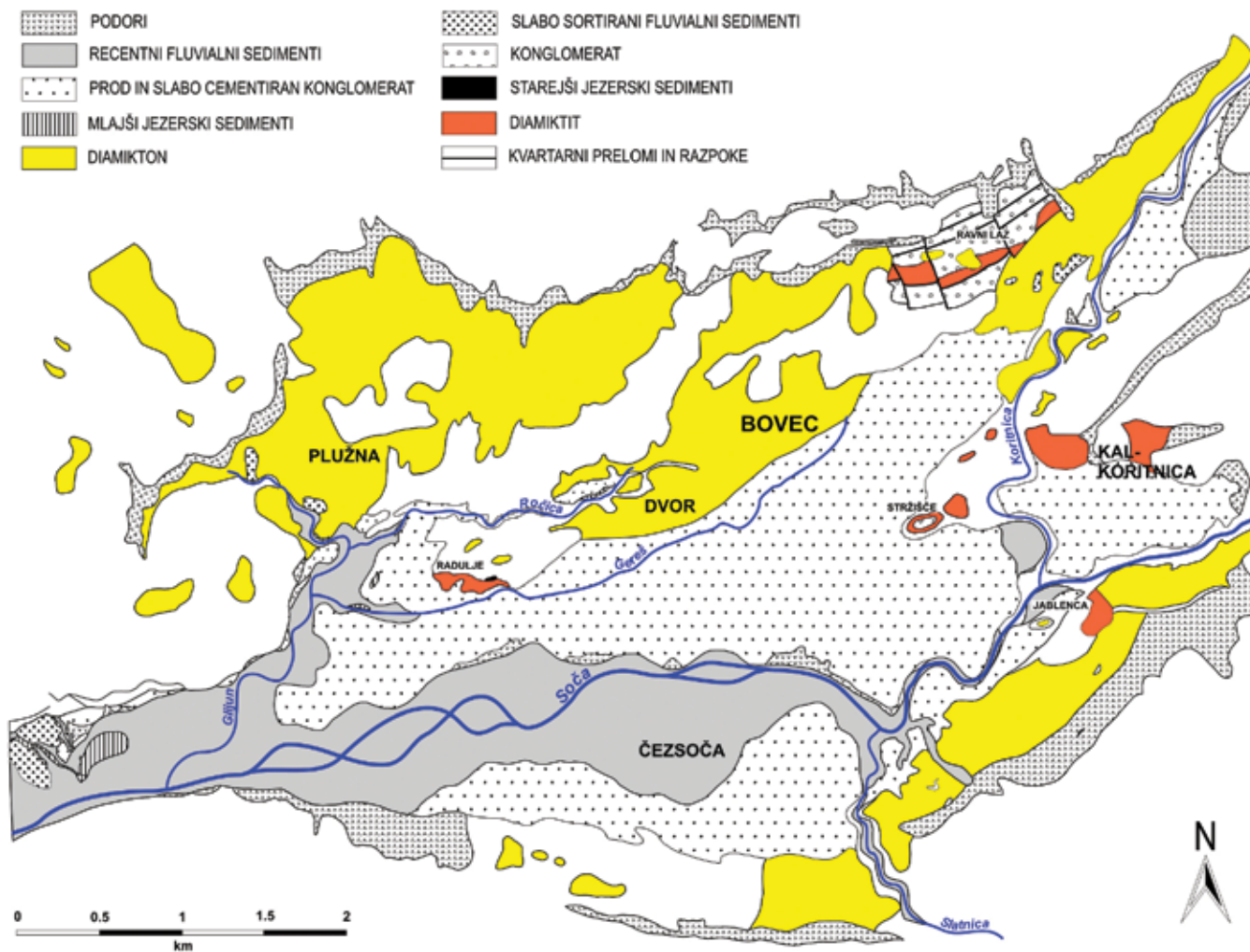
Slika 6. Diamiktit pri Kalu-Koritnici.

temu pa postavljajo vsaj grob časovni okvir paleookoljskim interpretacijam. Vemo, da gre za najstarejši poznan kvartarni sediment z Bovškega, kar je bilo prepoznano že pred prvimi absolutnimi datacijami. Že Winkler (1926) je na primer ocenil, da je diamikt na Ravnem Lazu in Stržišču najstarejša in sicer mindelska ali günska morena dolinskega ledenika, medtem ko naj bi bila tista pri Kalu-Koritnici in na Radeljcu predwürmska, morda riška (Kunaver, 1975). Na podlagi modela možnega obsega ledu in analize sedimentov je bila v zadnjem desetletju postavljena nova interpretacija nastanka diamiktitov (npr. Bavec, 2001; Bavec et al., 2004). Po tej naj bi bil diamiktit sediment (-na kamnina) drobirskega toka oziroma več drobirskih tokov, ki so nastali v času med ali po taljenju ledeniškega ledu. Ko se je led umaknil je bila v zaledju Bovške kotline nenadoma na voljo velika količina dobro omočenega nesprijetega materiala, ki je izgubil obremenitev in bočno oporo. Zato se je zlahka mobiliziral ter se na svoji poti do sedimentacijskega prostora v hitro pogrezajoči se kotlini doobra premešal tudi z neglacigenim materialom (najbrž znotraj MIS 6 ali na prehodu MIS 6-5). Masnemu toku (ali masnim tokovom) sedimentov je sledilo najprej zelo burno (bazalna plast na Ravnem Lazu), potem pa vse mirnejše odlaganje fluvialnega konglomerata. Če ta interpretacija drži, v Bovški kotlini pravih moren Soškega ledenika sploh ni. Izjema so morene na pobočjih Kanina in Rombona, ki pa so jih odložili manjši pobočni ledeniki. Tudi te pa so bile v veliki meri že odnesene v dolino v obliki različnih pojavov gravitacijskega pobočnega premikanja.

### REKONSTRUKCIJA DOGAJANJA V BOVŠKI KOTLINI V ZADNJIH 150.000 DO 200.000 LETIH

Rekonstrukcija razvoja površja v Bovški kotlini v zadnjih 150.000 do 200.000 letih je utemeljena na geomorfoloških opazovanjih, modelu razsežnosti ledenika in analizi dveh kompleksov sedimentov z zelo podobnimi lastnostmi. Oba sta sestavljena iz zaporedja sedimentov gravitacijskega transporta, jezerskih in fluvialnih sedimentov (slika 7). V večjem delu so sedimenti nastajali v paraglacialnem okolju - v zelo močni povezavi a brez neposrednega stika s Soškim ledenikom.

Ključne sestavine nastajanja sedimentov in pokrajine, kot jo poznamo danes, so: ledeniki, aktivna tektonika, gravitacijska



Slika 7. Karta kvartarnih sedimentov in sedimentnih kamnin v Bovški kotlini (Bavec, 2001).

pobočna premikanja, voda in klimatske spremembe. Oba kompleksa sta nastajala v prepletu podobnih sedimentacijskih okolij. Rekonstruirano zaporedje dogajanja lahko poenostavimo v šestih korakih (slika 8, slika 9).

Ledeniki so v najhladnejših obdobjih pokrivali nekatera pobočja in vzvodne dele dolin v Zgornjem Posočju in akumulirali glacialno preoblikovan drobir – morene in ostale glaciogene sedimente.

V periglacialnem okolju na obrobju ledenikov je potekalo intenzivno fizično preperevanje (zmrzal). Nastala je velika količina neglaciogenega drobirja.

Akumulirani drobir se je v toplejših obdobjih prožil v smeri proti kotlini v obliki masnih tokov. Pri tem sta se neglaciogeni in glaciogeni drobir premešala. Eden od pomembnih dejavnikov proženja masnih tokov je bila tudi intenzivna tektonska aktivnost območja (pogrezanje Bovške kotline, ki še vedno traja). Dogodki gravitacijskih pobočnih premikanj so bili izjemnih razsežnosti. V času nastajanja starejšega sedimentnega kompleksa je bila celotna kotlina pokrita z najmanj 10 m debelim sedimentom drobirskega toka. Veliki dogodki so se dogajali tudi v holocenu in se dogajajo

še danes. Mednje - a med manjše - spada tudi dogodek Stože – Log pod Mangartom.

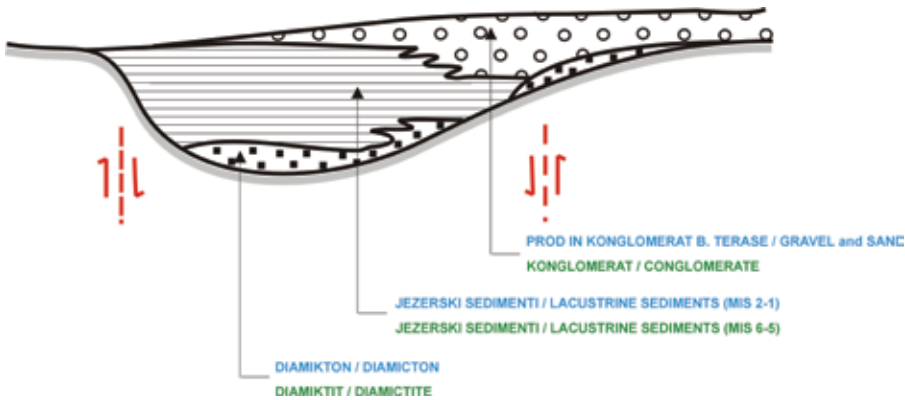
Pogrezajoče se dno Bovške kotline je zapolnjevalo jezero, v katerem so se usedali drobnozrnati laminirani sedimenti. Jezerske sedimente starejšega kompleksa najdemo samo na Radulji, mlajši pa leže pod prodom vse od Čezsoče do Srpenice. Pri zaježitvi mlajšega (Srpeniškega) jezera so sodelovali tudi podori.

Jezerske sedimente so progradacijsko prekrili fluvialni sedimenti. Ostanke fluvialnih sedimentov starejšega kompleksa najdemo na Ravnem Lazu in Stržišču, mlajšemu kompleksu pa pripada celotna Bovška terasa.

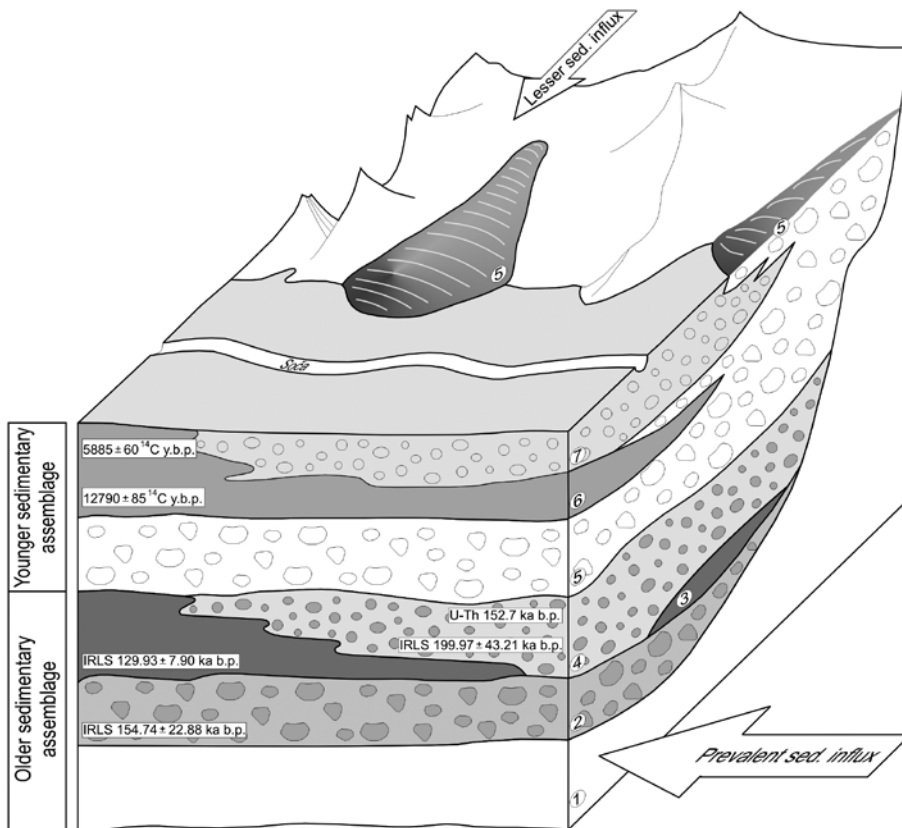
Obdobjem odlaganja so sledila obdobja intenzivne erozije.

Dva kompleksa sedimentov sta najbrž nastala v dveh obdobjih tranzicije od viškov glacialov k interglacialu. Datanje kažejo, da je starejši kompleks nastajal v času med MIS 6 in MIS 5, drugi pa na prehodu MIS 2 v MIS 1. Možno je, da se je takšno zaporedje dogodkov v Bovški kotlini v času kvartarja ponovilo več kot dvakrat, a je erozija sledove starejših sedimentov odstranila. Nastajanje masnih tokov je značilno za relativno hladna, a ne izrazito hladna okolja.





Slika 8. Konceptualni model zaplnitve Bovške kotline v pleistocenu in holocenu. Dva kompleksa sedimentov sta opisana z različnima barvama.



Slika 9. Kvarterni sedimenti in kamnine v Bovški kotlini. 1-predkvartarna podlaga, 2-diamiktit, 3-starejši jezerski sedimenti, 4-(glacio)fluvialni konglomerat, 5-diamiktton, 6- mlajši jezerski sedimenti, 7-(glacio)fluvialni prod in konglomerat (Bovška terasa). Največji dotok je bil vzdolž doline Soče, nekoliko manjši pa po pobočjih.

## KAKO KAŽE BOVCU - GEOLOŠKA NAPOVED PRIHODNOSTI

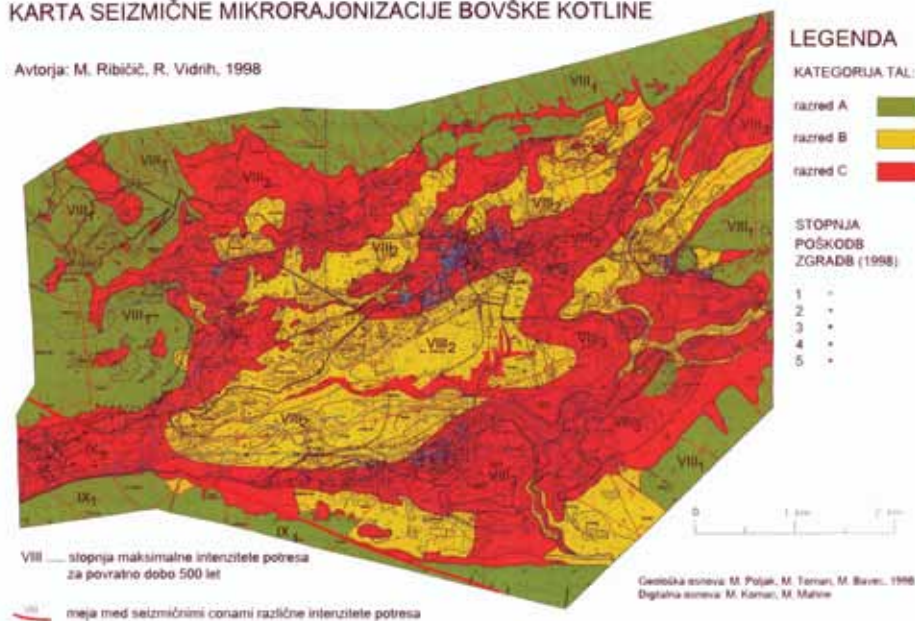
Katastrofe se bodo še dogajale, približno vemo, kakšne bodo, seveda pa ne vemo, kdaj se bodo zgodile. Če bodo prostorski načrtovalci in gradbeniki upoštevali vsaj znanje in izdelke, ki jih geologi že imamo, se bo Bovecu godilo precej bolje.

Potresi bodo! Seizmična mikrorajonizacija (Ribičič & Vidrih, 1999), ki je bila izvedena na podlagi osnovne karte intenzitet (Ribarič, 1987), upoštevanja poškodb ob zadnjih potresih, geološke osnove (Poljak et al., 1998) in vrste tal, napoveduje možnost potresa z intenziteto do IX. stopnje po potresni lestvici EMS-98 za 500 letno povratno dobo (slika 10).

Plazovi, podori in drobirske tokovi bodo! Nastajanje mlajšega sedimentnega kompleksa sedimentov na Bovškem še ni končano. Alpe se še vedno dvigujejo, stene so strme, v teh krajih rado obilno dežuje, na privzdignjenih legah je še od zadnje poledenitve na voljo še dovolj labilnih sedimentov pa tudi na videz trdnejše kamnine pod »dobrimi« pogoji rade splazijo. Na srečo pri oceni nevarnosti nismo več odvisni od človeškega spomina (ki je - že tolikokrat dokazano - slab in neusmiljeno kratek!), pač pa je na podlagi upoštevanja geoloških kart, lastnosti reliefa in nekaterih drugih naravnih lastnosti danes mogoče zelo hitro in z optimalno natančnostjo modelirati nevarnost za nastajanje pojavov pobočnih gravitacijskih premikanj. Za območje Bovške kotline je model v merilu, ki ustreza zahtevam prostorskega načrtovanja na nivoju občine, že izdelan (slika 11; Komac, 2005; Bavec et al., 2005).

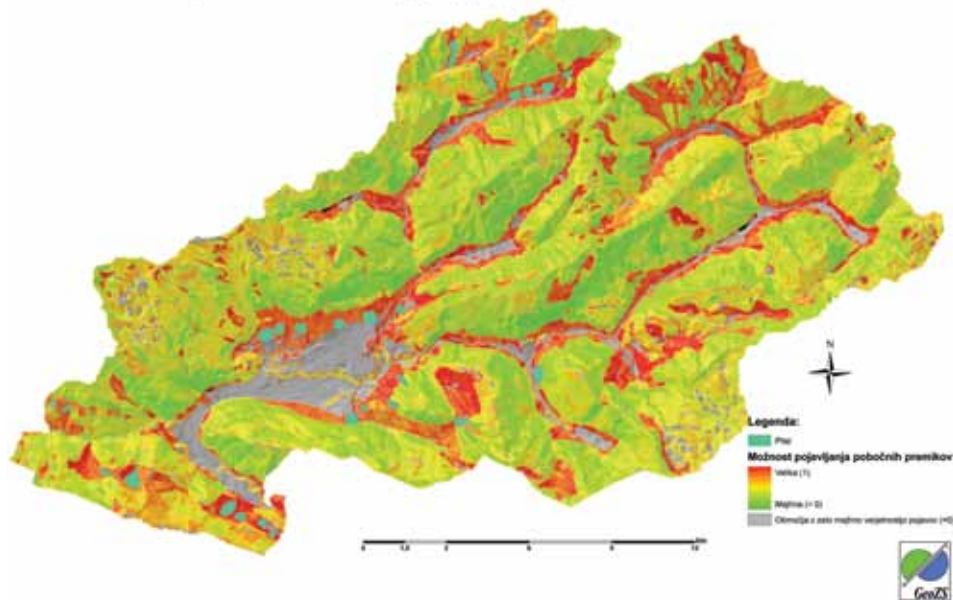
## KARTA SEIZMIČNE MIKORAJONIZACIJE BOVŠKE KOTLINE

Avtorja: M. Ribičič, R. Vidrih, 1998



Slika 10. Karta seizmične mikrorajonizacije Bovške kotline (Ribičič & Vidrih, 1999; povzeto po: Vidrih, 2006).

## Karta potencialno nevarnih območij pojavljanja pobočnih premikov za občino Bovec



Slika 11. Karta potencialno nevarnih območij za pojavljanje gravitacijskih pobočnih premikanj v občini Bovec (Komac, 2005).

## Postanki na ekskurziji

Stože. Izvorno območje drobirskega toka.

Sotočje Koritnice in Možnice. Holocenska (?) zajezev s podorom.

Stržišče/Ravni Laz. Pleistocenski drobirski tok, Bovška terasa, potresi, podori.

Srpenica. Jezerski sedimenti, seizmiti, podori.

## LITERATURA

Bajc, J., Aoudia, A., Saraò, A. & Suhadolc, P. 2001: The 1998 Bovec-Krn Mountain (Slovenia) Earthquake Sequence. - *Geophys. Res. Lett.*, 28(9), 1839-1842

Bavec, M. 2001: Kvarterni sedimenti Zgornjega Posočja. - Doktorska disertacija, 131 str., Ljubljana.

Bavec, M. 2002: Nove časovne in genetske opredelitve nekaterih mlajšekvarternih sedimentov in kamnin v Bovški kotlini in njeni bližnji okolici. - *Geologija* 45/2, 291-298, Ljubljana.

Bavec, M., Budkovič, T., Komac, M. 2005: Geohazard - geološko pogojena nevarnost zaradi procesov pobočnega premikanja. Primer občine Bovec. - *Geologija* 48/2, 303-310, Ljubljana.

Bavec, M., Tulaczyk, S. M., Mahan, S. A. & Stock, G. M. 2004: Late Quaternary glaciation of the Upper Soča River Region (Southern Julian Alps, NW Slovenia). - *Sedimentary geology* 165, 3/4, 265-283, Amsterdam.

Bavec, M. & Tulaczyk, S.M. 2002: Poskus ocene obsega mlajšpleistocenskega dolinskega ledenika v Zgornjem Posočju z enostavnim matematičnim modelom. - *Geologija* 45/1, 255 - 268, Ljubljana.

- Brückner, E. 1891: Eiszeit-Studien in den südöstlichen Alpen. – Jahresbericht der Geographischer Gesellschaft von Bern 10, 156 – 164, Bern.
- Buser, S. 1986: Tolmač listov Tolmin in Videm (Udine). Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000. – Zvezni geološki zavod Beograd, 103 pp., Beograd.
- Buser, S. 1987: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Tolmin in Videm. – Zvezni geološki zavod Beograd, Beograd.
- Church, M., Ryder, J.M. 1972: Paraglacial sedimentation: A Consideration of Fluvial Processes Conditioned by Glaciation. – Geol. Soc. America Bulletin 83, 3059 – 3072, Boulder
- Dolenec, T., Pezdič, J., Ogorelec, B. & Mišič, M. 1984: Izotopska sestava kisika in ogljika v recentnem sedimentu iz Blejskega jezera in v pleistocenski jezerski kredi Julijskih Alp. – Geologija 27, 161-170, Ljubljana.
- Eyles, N., Kocsis, M. 1988: Sedimentology and clast fabric of subaerial debris flow facies in a glacially-influenced alluvial fan. – Sedimentary Geology 59, 15 – 28, Amsterdam.
- Gosar, M., Kovačič, K. & Bavec, M. 2008: Geokemična sestava lamin v mlajšekvartarnem jezerskem sedimentu pri Srpenici v dolini Soče. – Geologija 51/1, 119-126, Ljubljana.
- Jurkovešek, B. 1985: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Beljak in Ponteba. – Zvezni geološki zavod Beograd, Beograd
- Jurkovešek, B. 1987: Tolmač listov Beljak in Ponteba. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000. – Zvezni geološki zavod Beograd, 58 pp., Beograd.
- Jurkovešek, B. 2001: Izdelava karte geološko pogojene ogroženosti občine Bovec (1:25.000). – Ujma 14/15, 289-294, Ljubljana.
- Komac, M. 2005: Verjetnostni model napovedi nevarnih območij glede na premike pobočnih mas - primer občine - Geologija 48/2, 311-340, Ljubljana.
- Komac, M., Bavec, M. 2007: Opazovanje vertikalne komponente recentnih premikov v Julijskih Alpah s PSInSAR metodo. – Geologija 50/ 1, 97-110, Ljubljana.
- Kastelic, V., Živčič, M., Pahor, J. & Gosar, A. 2006: Seizmotektonske značilnosti potresa 2004 v krnskem pogorju. V: Vidrih, R. (ur.), Potresi v letu 2004. – ARSO, 78 – 87, Ljubljana.
- Kunaver, J. 1972: Geomorfološki razvoj Kaninskega pogorja. – 329 str., Ljubljana. Doktorska disertacija. Filozofska fakulteta Ljubljana.
- Kunaver, J. 1975: H geomorfološkemu razvoju Bovške kotline v pleistocenu. – Geografski vestnik 47, 11-39, Ljubljana.
- Kunaver, J. 1980: Razvoj in sledovi zadnje stadialne poledenitve v Zgornjem Posočju (I). – Geografski vestnik 52, 17 – 36, Ljubljana.
- Kunaver, J. 1982: Geomorfološki razvoj Kaninskega pogorja s posebnim oziranjem na glaciokraške pojave. – Geografski zbornik 12, 201 – 343, Ljubljana.
- Kuščer, D., Grad, K., Nosan, A. & Ogorelec, B. 1974: Geološke raziskave soške doline med Bovcem in Kobaridom. – Geologija 17, 425 – 476, Ljubljana.
- Marjanac, T., Marjanac, L., Poljak, M., Živčič, M., Bavec, M. 2001: Srpenica seismites - indicators of paleoseismicity in the Upper Soča valley, NW Slovenia. – Geologija 44, 341-350, Ljubljana.
- Melik, A. 1954a: Nova glaciološka dognanja v Julijskih Alpah. – Geografski zbornik 2, 5 – 50, Ljubljana.
- Melik, A. 1954b: Slovenski alpski svet. – Slovenska matica, 606 str., Ljubljana.
- Melik, A. 1962: Bovec in Bovško. Regionalnogeografska študija. – Geografski zbornik 7, 307 – 387, Ljubljana.
- Mikoš, M., Četina, M., Brilly, M. 2004: Hydrologic conditions responsible for triggering the Stože landslide, Slovenia. – Engineering Geology 73, 193-213, Amsterdam.
- Milanič, B. 2010: Ocena recentnih tektonskih premikov v severozahodni Sloveniji na podlagi primerjave PSInSAR podatkov in nivelmanske izmere. – Diplomsko delo, 64 str., NTF, Ljubljana.
- Penck, A. & Brückner, E. 1909: Die Alpen in Eiszeitalter 3, 717 – 1199. – Chr. H. Tauchnitz, Leipzig.
- Poljak, M., Toman, M. & Bavec, M. 1998: Raziskave za potrebe odprave posledic potresa v Posočju dne 12. 4. 1998. – 18 str., 1 priloga, Ljubljana. Tipkano poročilo. Arhiv Geološkega zavoda Slovenije, Ljubljana.
- Ribarič, V. 1987: Seizmološka karta za povratno dobo 500 let. – Zajednica za seizmologiju SFRJ, Beograd.
- Ribičič, M. & Vidrih, R. 1999: Seizmološki in geotehnični pogoji gradnje v zgornjem Posočju. – Sanacija in rekonstrukcija zgradb. – Zbornik referatov. Gradbeni center Slovenije, 135 – 151, Ljubljana.
- Rižnar, I., Koler, B., Bavec, M. 2007: Recentna aktivnost regionalnih geoloških struktur v zahodni Sloveniji. – Geologija 50/1, 111-120, Ljubljana.
- Skaberne, D. 1991: Predlog slovenskega izrazoslovja pobočnih premikanj – pobočnega transporta. – Geologija 44/1, 89 – 100, Ljubljana.
- Vidrih, R. 2006: Geološki vidiki potresa 12. aprila 1998 v zgornjem Posočju. – Doktorska disertacija, 432 str., Ljubljana.
- Vidrih, R. 2008: Potresna dejavnost Zgornjega Posočja. – Agencija Republike Slovenije za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, 509 str., Ljubljana.
- 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/ 3-4, 214-222, Amstrdam.
- Winkler, A. 1926: Zur Eiszeitgeschichte des Isonzotals. – Zeitschrift für Gletscherkunde 15, 1-113, Leipzig.
- Zupančič, P., Cecič, I., Gosar, A., Placer, L., Poljak, M., Živčič, M. 2001: Potres 12. aprila 1998 v Krnskem pogorju (Zgornje Posočje, Slovenija) in njegove seizmotektonske značilnosti. – Geologija, 44/ 1, Ljubljana.

### Nekaj manj pogosto uporabljenih izrazov

**Diamikt:** sediment ali sedimentna kamnina z značilnim

»dvočlennim granulometričnim značajem« - skupaj se pojavljajo glina ali melj ter veliki bloki. V skrajnem primeru ga imenujemo blokovna glina. Značilno za til in tilit, sicer pa lahko nastaja v vseh sedimentacijskih okoljih.

**Diamiktit:** sprijet diamikt.

**Diamikton:** nesprjet diamikt

**Glacialni sedimenti:** sedimenti, ki jih je transportiral in odložil ledenik. Najdemo jih samo na območjih, nekoč pokritih z ledom. Niso presedimentirani v vodnem ali subaerskem okolju.

**Glaciogeni sedimenti:** sedimenti, ki so nastali v bolj ali manj neposredni povezavi z delovanjem ledenika.

**Gravitacijska pobočna premikanja:** združuje vse vrste težnostnih premikanj na pobočjih: tekočinske tokove, masne tokove (drobirski, zrnski), plazenje, padanje in kotaljenje (podori) ter prevračanje (Skaberne, 1991)

**Masni tok sedimentov:** vrsta gravitacijskih pobočnih premikanj

**Morena:** glaciogeno sedimentno telo iz tila ali tilita.

**Paraglacialno sedimentacijsko okolje:** sed. okolje, zaznamovano z »neglacialnimi procesi na katere neposredno vpliva poledenitev« (Church & Ryder, 1972). Sinonim je »sedimentacijsko okolje z glacialnim vplivom« (glacially-influenced; Eyles & Kocsis, 1988).

**PSInSAR:** *Permanent Scatterer Interferometric Synthetic Aperture Radar method:* Metoda, ki omogoča meritve premikanja površja na podlagi satelitske radarske interferometrije stalnih sipalcev signala

**Til:** nesprjet glacialni sediment, največkrat diamiktne sestave.

V preteklosti običajno imenovan z geomorfološkim pojmom morena. Glede na okolje nastanka ločimo krovni, talni, stranski in čelni til, glede na mehanizem sedimentacije pa kompleks raztapljanja (melt-out complex), ablacijski til (ablation till), til kopičenja (lodgement till), bazalni til (basal till), tokovni til (flow till) in druge.

**Tilit:** sprijet til.

## E1 Trenta - Triglavski narodni park. Geologija, geomorfologija in vodni viri

Nadja Zupan Hajna<sup>1</sup>, Metka Petrič<sup>1</sup> & Aleš Zdešar<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Postojna

<sup>2</sup>Javni zavod Triglavski narodni park, Bled

### GEOLOGIJA IN GEOMORFOLOGIJA TRENTE

Nadja Zupan Hajna

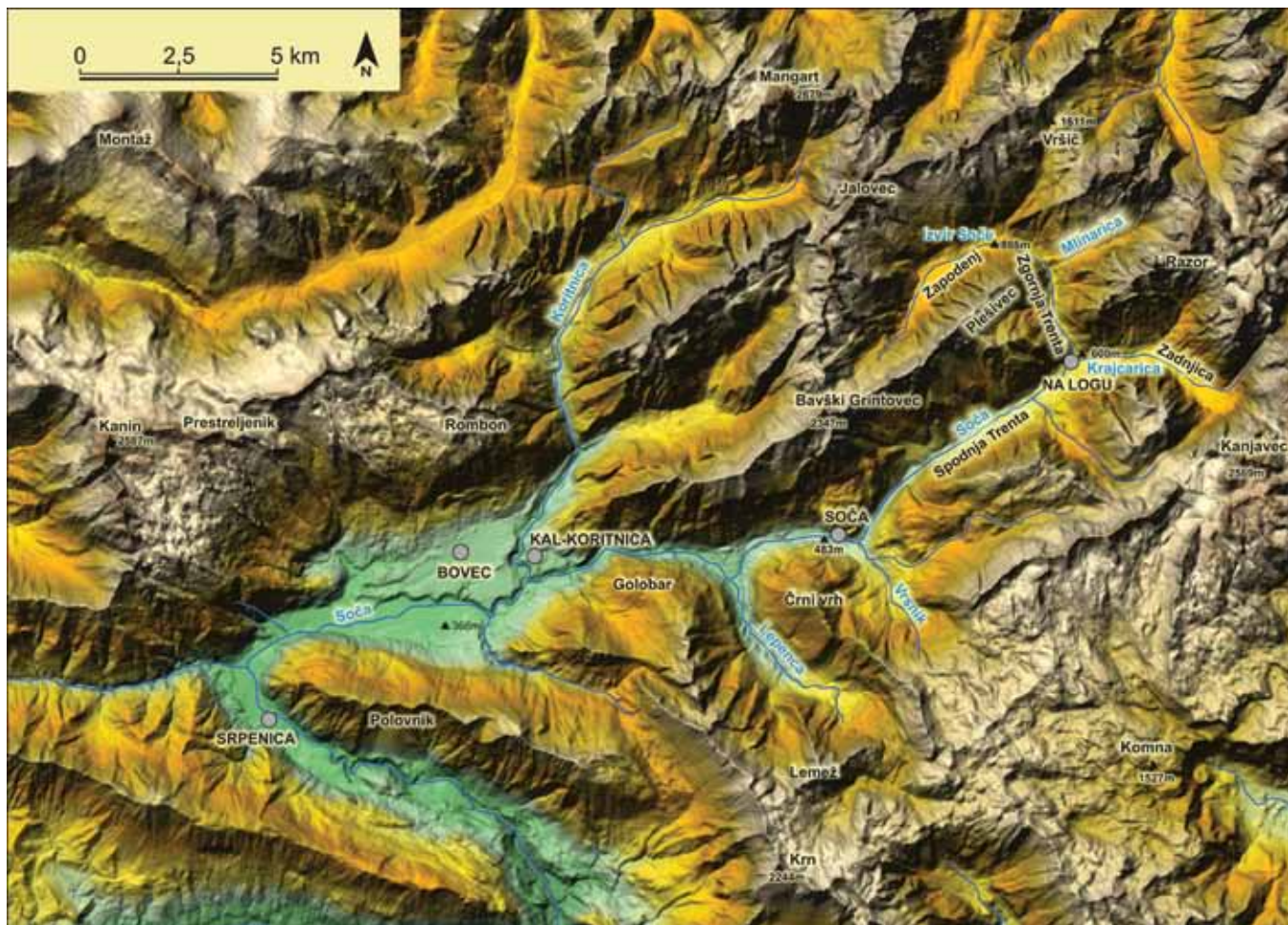
#### Uvod

Trenta je ledeniška dolina v Triglavskem narodnem parku v Julijskih Alpah, katerega začetek označuje tabla kmalu za vasjo Kal-Koritnica. Je tudi skupno ime za najvišji del Soške doline (slika 1), ki jo sestavlja šest povirnih dolin: Trenta, Mlinarica, Zadnjica, Soča, Vrsnik in Lepena (Kladnik & Rojšek 1997).

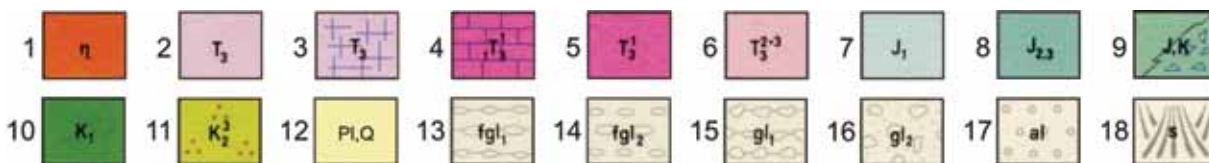
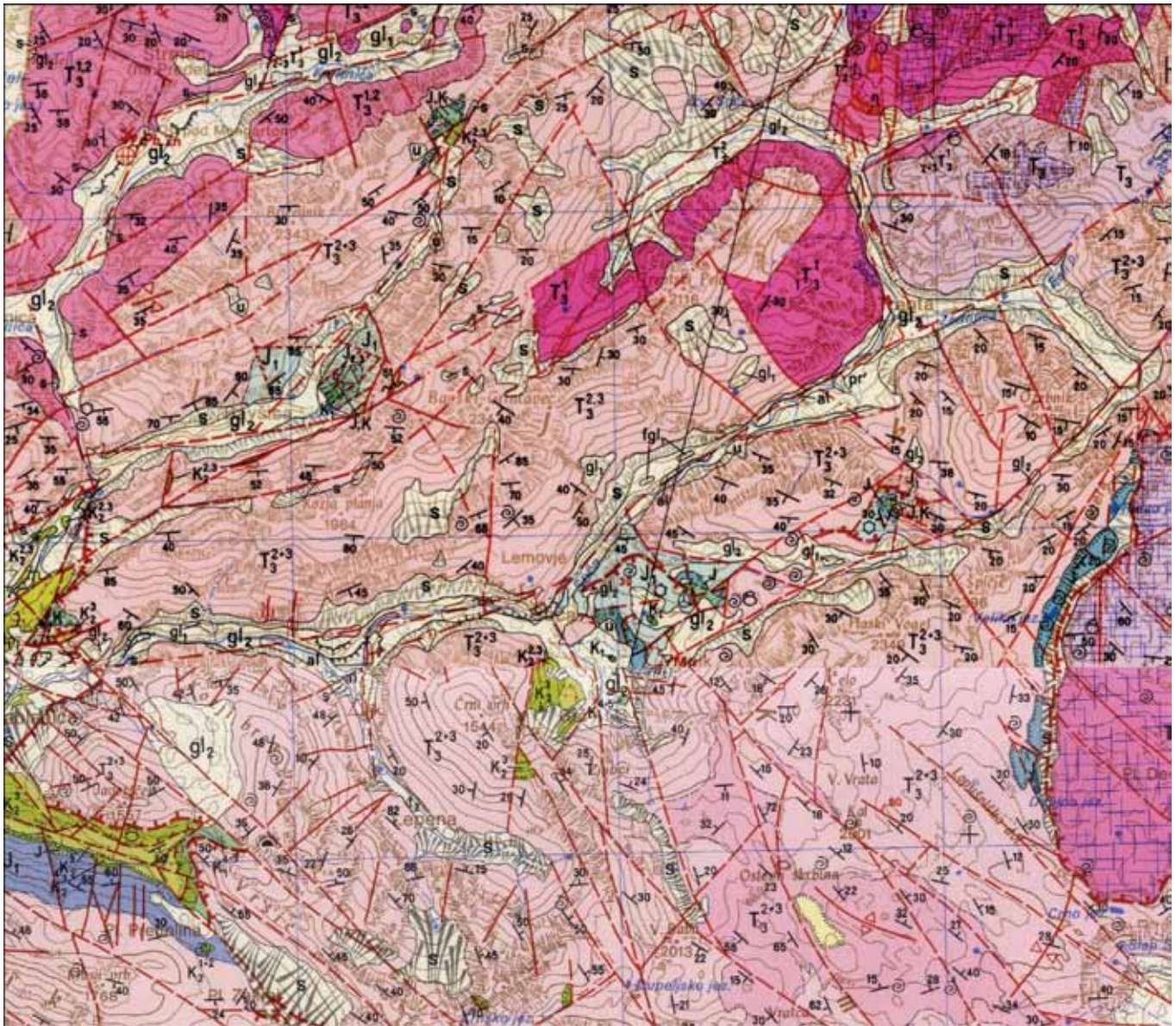
Topografsko se dolina deli na tri območja. Najnižje ležeča je Spodnja Trenta, ki se začne ob sotočju potoka Vrsnik in reke

Soče in sega do zaselka Na Logu (del naselja Trenta). Na tem mestu se Soški dolini iz vzhoda pridruži tudi dolina Zadnjica. Od tu naprej se dolina imenuje Zgornja Trenta, ki se konča pri prvih serpentinah pri Koči ob izviru Soče. Naprej proti planini Zapotok in zatrepu pod pobočji Jalovca in Bavškega Grintavca se dolina imenuje Zadnja Trenta ali Zapoden. Nadmorske višine v dolini Soče so od 402 m pri Kršovcu, 483 m v vasi Soča, 600 m Na Logu, 886 m pri Koči pri izviru Soče, tja do 979 m v Zadnji Trenti.

Podnebje je zmerno celinsko do gorsko, po dolini pa visoko sežejo tudi mediteranski vplivi. Količina padavin se zmanjšuje od juga proti severu; v povprečju je padavin okrog 3000 mm na leto. Gorsko podnebje je omejeno predvsem na vrhnje dele dolin in



Slika 1: Digitalni model reliefa Zgornjega Posočja. Vir: DMV 25; Geodetska uprava Republike Slovenije.



Slika 2: Geološka karta območja Trente in okolice. Vir: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Beljak in Ponteča (Jurkovšek 1985) in Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Tolmin in Videm (Buser 1987). Legenda: 1. kremenov keratofir, kremenov porfir in ignimbritni tuf (ladinij); 2. skladnat apnenec (zg. trias); 3. masiven in skladnat apnenec (zg. trias); 4. plastnat mikritni apnenec (sp. del karnija); 5. masiven in skladnat dolomit in apnenec (karnij); 6. skladnat dachsteinski apnenec s plastmi dolomita (norij in retij); 7. skladnat mikritni in oolitni apnenec (lias); 8. plastnat in ploščat mikritni apnenec, krinoidni apnenec in roženec (dogger-malm); 9. ploščat mikritni apnenec z rožencem, kalkarenit in lapor (tithonij-berriasij); 10. apnenec, kalkarenit, lapor, skrilavec, peščenjak in roženec (sp. kreda); 11. peščenjak, lapor, glinovec in konglomerat – fliš (senon); 12. ostanki prodnikov (pliocen-pleistocen); 13. sprijeti fluvio-glacialni sedimenti (konglomerat, prod in pesek); 14. nesprijeti fluvio-glacialni sedimenti (konglomerat, prod in pesek); 15. starejša sprijeta morena; 16. nesprijeta morena; 17. aluvij; 18. pobočni grušč.

gore nad njimi. Značilne so dolge mrzle zime in kratka poletja. Pozimi je veliko snežnih padavin, ki se zaradi nizkih temperatur dalj časa obdržijo.

Do 16. stoletja so dolino obiskovali le posamezni lovci, stalno pa je bila naseljena od območnega razvoja železarstva. Različne fužine so delovale do leta 1774, nato pa so se prebivalci preživljali s planšarstvom in kmetijstvom (<http://sl.wikipedia.org/wiki/Trenta>). Leta 1906 je bila zgrajena cesta med Bovecem in naseljem Trenta, leta 1915 pa zaradi vojaških potreb še Vršička cesta, ki povezuje dolino s Kranjsko Goro; v času I. svetovne vojne so bili zgrajeni tudi številni vojaški objekti.

## Geološki pregled

Geologija Trente je povzeta v glavnem po Buserju (1987) in Jurkovšku (1987) in je prikazana na sliki 2. V geotektonskem smislu pripada zgornji del Posočja Južnim Alpam oziroma narivni grudi Julijskih Alp (Jurkovšek 1987; Placer 2008). V narivu so zastopane sedimentne kamnine od spodnjega triasa do krede, prevladujejo pa zgornjetriasi karbonati. Dominantna smer prelomov je prečno dinarska (SV-JZ), izraziti so tudi prelomi v dinarski smeri (SZ-JV), ki pa so ob prej omenjenem sistemu zamaknjeni. Manj pomembni so prelomi v smeri S-J in V-Z. Na glavna sistema prelomov je vezana tudi cona lusk ob transkurentnih prelomih južno od Vršiča, na Čistem vrhu in v Vrsniku. Prečno dinarski prelomi se izražajo v morfologiji površja, saj je na primer dolina Trente, od Na Logu do vasi Soča, oblikovana ob trentskem prelomu in dolina Zadnje Trente ob mojstrovškem prelomu. Prelomom v dinarski smeri pa sledijo dolina Trente med izviro Soče in zaselkom Na Logu ter dolini Zadnjica in Lepena.

Najstarejše kamnine v Trenti so ladinijske predornine: kremenovi keratofirji, kremenovi porfirji in ignimbritni tufi, ki se nahajajo v luskah ob transkurentnih prelomih na serpentinah južno od Vršiča.

Skladnat cordevolski apnenec gradi Debelo peč med dolinama Mlinarice in Zadnjice. Spodnjekarnijski plastnat mikritni apnenec in masiven skladnat apnenec gradi jugovzhodna in severna pobočja grebena z vrhom Plešivec med dolino Soče pri Na Logu in Zadnjo Trento. Iste starosti je tudi plastnat in ploščat temnosiv apnenec ob ladinijski predorninah pri cesti na Vršič.

Na območju Trente je glavna kamnina dachsteinski apnenec norijsko-retijske starosti. Debelina plasti je od 0,5 do 5 metrov. Značilno je, da apnenec vertikalno in bočno prehaja v dolomit. Dachsteinski apnenec predstavlja značilen primer loferitnega razvoja (loferski cikli). Popoln cikel gradi do več metrov debel podplimski del mikritnih apnencev z značilnimi megalodontidnimi školjkami, ki mu sledijo medplimsko-nadplimski laminiti in stromatoliti ter breča z značilnimi izsušitvenimi teksturami.

Mlajših kamnin je na območju Trente zelo malo, najdemo jih samo v luskah ob transkurentnih prelomih. V luski na Čistem vrhu in pri Vrsniku so razviti liasni mikritni in oolitni apnenci z brečami in glinami, na njih pa je odložen rožnat in siv plastnat apnenec (zgornji lias do malm) s krinoidi. Za rožnate apnenec so značilne tudi manganovo-piritne skorje. Na obeh lokacijah je razvit tudi tithonijsko-berriasijski apnenec, ki je tankoplastnat do ploščat, raznobarven, lokalno se pojavljajo v njem laporji in ponekod gomolji ter plasti roženca. Pri Vrsniku izdanja tudi laporni del spodnje krede.

Kvartarni sedimenti se nahajajo v dnu in na pobočjih dolin in so posledica ledeniških, fluvialnih in pobočnih procesov. Glede na njihovo lego in obliko nekatere od teh sedimentov lahko pripisujemo morenam. Tako v sami dolini Trente in na njenih pobočjih najdemo tile in tilite, druge sedimente pa glede na zrnastost in teksturo lahko opišemo samo kot diamikt (Bavec 2002, Bavec et al. 2004), ki pa je lahko ledeniškega, fluvioglacialnega ali drugačnega izvora.

## Dvigovanje Alp

S ponovljeno nivelmansko izmero je bila največja relativna vertikalna razlika v hitrostih dviganja vzdolž poligona med slovensko obalo in Bledom ocenjena na 7 mm/leto (Rižnar et al. 2007); velik del relativne razlike je koncentriran na območje Alp. Da se Julijske Alpe v primerjavi s svojim predgorjem nedvomno dvigajo, oziroma je vertikalna komponenta vektorja premikanja obrnjena navzgor, so pokazale meritve relativne hitrosti dviganja posameznih točk znotraj Pokrova Julijskih Alp z metodo PSIn-SAR (Komac & Bavec 2007). Relativni dvig je po njihovi oceni 3,35 mm/leto, ob bolj konzervativni oceni pa slab milimeter na leto. Z metodo sta identificirala tudi koseizmične premike na površju, kjer sta najizrazitejšo reakcijo površja ugotovila v Bovški kotlini, povezano z velikonočnim potresom 1998.

Da gre za relativno hiter dvig Alp, nam nakazujejo tudi datacije jamskih sedimentov iz jam (Zupan Hajna et al. 2008; Bosak et al. 2010), kjer smo na primer v Snežni jami na Raduhi ugotovili, da je jamski fluvialni nanos, ki ga je v jamo prinesla ponikalnica, star med 4 do 2 Ma, kar kaže na dejstvo, da je dvig mlajši od 2 milijona let. Podobne rezultate so dobili tudi z datacijami sedimentov v Severnoapneniških Alpah (na primer Frisch et al. 2001), kjer pa ugotavljajo zvezen dvig zadnjih 5 milijonov let.

## Potresi in podori

V povezavi z močno tektonsko aktivnostjo so tudi potresi na Bovškem. Aktivna tektonika je posledica kompresijskega napetostnega polja s približno smerjo  $\sigma_1$  S-J (Rižnar et al. 2007). Širše območje zaznamuje srednja stopnja seizmične aktivnosti. Eden najmočnejših potresov 20. stoletja z žariščem na ozemlju Slovenije je nastal 12. aprila 1998 v zgornjem Posočju. Po <http://www.arso.gov.si/potresi/> je bila njegova magnituda 5,6, največji učinki pa so dosegli med VII. in VIII. stopnjo po EMS. Žarišče potresa je nastalo med dolino Lepene in Krnskimi gorovjem, v globini okoli 8 km. Potres je poleg velike gmotne škode na objektih na Bovškem, Kobariškem in Tolminskem, povzročil tudi precejšnje spremembe v naravi, saj so nastali številni skalnati podori, ki so ponekod popolnoma uničili planinske poti (Vidrih & Ribičič 1999; Vidrih 2008). Padajoče skale in kamenje je ponekod poškodovalo ali celo uničilo nekatere pomnike iz I. svetovne vojne. Najmočnejši popotresni sunek je nastal 6. maja in je imel magnitudo 4,2. Ob potresu je bilo poškodovanih več kot 4000 objektov, na srečo pa ni zahteval smrtnih žrtev.

Šest let pozneje, 12. julija 2004, so se tla stresla na istem območju (vir: <http://www.arso.gov.si/potresi/potresna%20aktivnost/potres2004.html>). Potres je imel magnitudo 4,9. Največja intenziteta je bila od VI.–VII. stopnje po lestvici EMS. Globina žarišča je bila podobna kakor pri prejšnjem potresu (Vidrih 2004). Oba potresa sta nastala ob istem prelomnem sistemu, to je ob ravnskem

prelomu, ki je del idrijskega prelomnega sistema. Razdalja med žariščema obeh potresov znaša manj kakor 6 kilometrov.

Osnovna značilnost alpskega sveta je njegova zgradba, saj ga gradijo trde, večinoma tektonsko poškodovane hribine, ki oblikujejo zelo strma, celo subvertikalna pobočja. Ob potresu v alpskem svetu se zgodi veliko pojavov, ki so za ta svet enkratni (Vidrih 2008). Predvsem se pojavlja sekundarna ogroženost zaradi sprožanja nestabilnosti na strmih pobočjih, npr. padanje in zdrsi kamninskih gmot. Obenem je ogroženost po potresu časovno raztegnjena na nekaj let, ko se še vedno sprožajo hribinski pojavi ob popotresnih sunkih, deževju, vetru in snežnih plazovih.

V dolini Trente je znanih več skalnih podorov (Orožen Adamič 1990; Zorn 2002; Petje et al. 2005; Vidrih 2008), največji so podor z Osojnika nad kmetijo Plajer in podor Berebica v Spodnji Trenti ter podori v dolini Lepene. V dolini Lepene je bilo ob potresu 1998 več podorov: izpod Lemeža, Šije, kote 1776 in ob potoku Šumniku (Vidrih 2008). Najbolj izrazit pojav ob potresu je bil hribinski podor z Lemeža. Z višine je zdrsil tektonsko pretrt apnenec, ki je pri spustu po pobočju z več kot 2000 m dobil veliko hitrost. Skale in kamni so se zdobili v manjše drobce in nad dolino se je dvignil rumen prah, temu pa se je pridružil tudi zračni udar. Zračni udar je v pasu dobrih 50 m in dolžini nekaj sto metrov polomil ali izruval številna drevesa (Vidrih 2008). Istočasno se je zgodil hribinski zdrs izpod Šije. Klinasti zdrs je nastal ob sistemu dveh sekajočih se razpok (lezika in tektonska razpoka) in sodi med redke pojave, ki so značilni za VII.-VIII. stopnjo EMS (Vidrih 2008). Pod podorom je nastal jezik skalnega vršaja, ki se končuje v gozdu nad dolino. V dolini Lepene se je z levega pobočja sprožil tudi drobirski tok, in sicer, ko se je odloženo kamenje v strmi grapi ob potresu sprožilo ter se pomešano s snegom in se odvalilo s pobočja.

Podor s severozahodnega pobočja Osojnika nad domačijo Plajer na levem bregu Soče (slika 3), se je re-aktiviral med 28. in 29. junijem 1989 na mestu starejšega podora, ki je bil takrat že prekrit z vegetacijo (Orožen Adamič 1990; Zorn 2002). Dimenzije podora so bile okrog 400 x 300 m (Mikoš et al. 2006). Sproženo je bilo okrog 300.000 kubičnih metrov materiala v debelini okrog 20 m. Klinast zdrs se je zgodil v sistemu razpok v prelomni coni, ki seka Osojnik v smeri SZ – JV. Posamezni sproženi kamninski bloki so



Slika 3: Podor nad Plajerjem v Spodnji Trenti (foto N. Zupan Hajna).

bili večji od 10 m<sup>3</sup>. Zaradi podora so se prebivalci kmetije morali izseliti. Na nasprotni strani doline se je 12. decembra 1993 sprožil podor izpod Berebice, ki je zasul regionalno cesto (Zorn 2002; Petje et al. 2005; Mikoš et al. 2006). Sprožila se je kamninska masa dimenzij 30 x 50 x 5 m; to je okrog 7.500 kubičnih metrov materiala. Trije večji naproženi kamninski bloki so se s pobočja sprostili šele leta 1998. Maja 2001 so končali 276 metrov dolgo galerijo, ki ščiti regionalno cesto pred podorom. Podora na nasprotnih straneh Soče, skoraj zrcalna, sta tipičen primer tako imenovanega »dvojčka«, značilnega za ozke alpske doline, kjer na nasprotnih pobočjih nastaneta dva podora (Orožen Adamič 1990).

### Geomorfologija

Območje Trente je izredno pestro in dinamično glede endogenih in eksogenih procesov, ki so in še oblikujejo površje. Najpomembnejši dejavniki so: a.) močna tektonska aktivnost - dvigovanje Alp, potresi; b.) intenzivni fluvialni procesi - velika količina padavin, površinska rečna mreža; c.) intenzivni pobočni procesi - velike višinske razlike, veliki nakloni pobočij, tektonska pretrtost, klima; č.) poledenitev v pleistocenu - ledeniška erozija in akumulacija, intenzivnejši pobočni procesi; d.) zakrasevanje - korozija površja, vertikalna podzemna drenaža. Rezultat vseh teh različnih dejavnikov je močna erozija, katere posledica je zelo razgiban relief z velikimi višinskimi razlikami in raznoterimi morfološki oblikami.

V pleistocenu so v visokogorju nastali ledeni pokrovi, od katerih so se proti dolinam odcepili posamezni ledeniki. Med njimi je bil eden od najdaljših Soški ledenik, ki je bil dolg kar 80 km in naj bi segal od Zgornje Trente do Mosta na Soči (Kunaver 1980). Novejše raziskave (Bavec 2002; Bavec et al. 2004) pa kažejo, da bi se morala ocena o obsegu Soškega ledenika razdeliti vsaj na dva dela. Za čas zadnjih dveh alpskih poledenitev ocenjujejo, da je segel ledenik kvečjemu do Bovca oziroma, da so se kraki njegovih pritokov najverjetneje stalili celo, preden so dosegli Bovško kotlino.

V Trenti na več krajih najdemo glacialne in fluvio-glacialne sedimente; starejši sedimenti so že vezani (sprijeti). Na karbonatnih (apnenčastih) talnih morenah so se na več mestih s kemičnim raztapljanjem (Cvetek 1971) razvila **grbinasta tla**. Za površino grbinastih tal so značilne po obliki in velikosti podobne vrtačaste oblike, med katerimi so manj kot meter visoke zaokrožene izbokline. Kjer taka tla prekrivajo travniki, jih imenujemo **grbinasti travniki**. Te v zadnjem času skušajo zaščititi pred izravnavanjem. Iz priporočila Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (<http://rkg.gov.si/GERK/documents/2008>): GRB\_08 so grbinasti travniki posebnost kmetijske krajine in naravna dediščina, vendar pa zaradi težke obdelave žal izginjajo. Da bi ohranili te pleistocenske posebnosti, podukrep predvideva vsaj eno ročno košnjo in spravilo letno. Narejen je tudi seznam grbinastih travnikov, ki vključuje tudi območje občine Bovec.

### Ledeniške doline, korita in slapovi

Ledeniki so brusili karbonatno podlago in razširili ter poglobili že obstoječe rečne doline. Tako so nastale značilne ledeniške doline, ki imajo prečni profil v obliki črke U. Ozka dolina Lepena na primer velja, poleg Bavšice in Zapodna, za najlepši primer ledeniške doline. Na območju Trente se v dolinah in grapah na gorskih potokih nahaja veliko privlačnih slapov ter ozkih korit.

Dolina **Lepena** je dolga pet kilometrov, obdajajo jo vrhovi Črni vrh, Kaluder, Lemež, Lipnik, Hudi vrh ter severni rob Golobarja. V zgornjem delu doline, na pobočjih Krna, se nahaja Slap Lepenca, v katerem se voda čez štiri stopnje 55 metrov visokega slapu, prelije v dolino. Od vseh potokov in slapov v Posočju je bila ob velikonočnem potresu 1998 najbolj prizadeta prav Lepenca. Utrgalo se je celo pobočje ob zgornjem desnem bregu ter deloma zasulo strugo pod slapiščem. Struga je v srednjem delu toka, le malo pred sotočjem s Šumnikom, ostala nespremenjena. Na Šumniku je 17 večjih in manjših slapov, od katerih so nekateri dvojni.

Dolina **Zadnjice** se ponaša z največjimi višinskimi razlikami med vrhovi in dolino, z rojem izvirov in najbolj vodnatim pritokom Soče, saj se Zadnjici pridruži tudi precej vodnata Krajcarica.

Soteska **Mlinarice** se ponaša z najglobljimi koriti v Triglavskem narodnem parku; dolga je okrog kilometer in globoka do 100 m. Potok Mlinarica izvira pod malim Razorjem in se po kilometru in tristo metrih v 8 metrov visokem slapu izliva v Sočo. Pomladi leta 2005 je skalni podor porušil novo brv čez potok in od takrat je bil osrednji del Mlinarice zaprt za ogled. Na istem mestu je vodna ujma že leta 1999 odnesla brv, leta 2007 so na istem mestu postavili novo.

**Zadnja Trenta - Zapoden** je dolina, ki se razprostira od izvira Soče proti Bavškemu Grintavcu. Dolina se konča v krnici Zapotok s 180 metrov visoko prepadno steno, čez katero pada več slapov, najvišji je Zapotoški slap s 73 metri. Po dolini teče Suhi potok, ki

pa ob nizkih vodah kmalu ponikne v prod in priteče na površje šele tik pred izlivom v Sočo. V Zadnji Trenti se nahaja tudi lep grbinasti travnik, ki jih najdemo tudi drugje po dolini Soče.

**Korita** vrezana v živoskalno dno so eden najznačilnejših geomorfoloških pojavov Posočja; po oceni jih je okrog 100 (Jarc et al. 2002). Na zgornjem toku Soče so najbolj znana Mala in Velika Korita in Korita pri Kršovcu. **Korita pri Kršovcu** se nahajajo na Soči pri žižnici Golobar v bližini Kala-Koritnice. Dolga so 100 m in na najožjem delu široka le 1,5 m. **Velika korita Soče** se nahajajo na reki Soči pri vходу v dolino Lepene. Korita so dolga 750 metrov, široka ponekod le 2 metra, stene so pa visoke do 15 metrov. Malo višje, ob odcepu proti Vrsniku in Vasi na skali, oblikuje Soča še Mala korita (slika 4). Ta so dolga 100 metrov, globoka do 6 metrov in ponekod ožja od 1 metra. Globoka so tudi Korita Mlinarice (do 100 m), Korita Koritnice (do 70 m), Spodnja korita Ročice (80 - 100 m). Znana so še korita Nemčlje, Limarice in Krajcarice.

V koritih so številni tudi lepi slapovi. Ob visokih vodah poplavni valovi korita velikokrat prelijejo, saj se gladina Soče dvigne za več kot 10 metrov. Korita ne morejo nastati zgolj z erozijo tekoče vode. Za njihov nastanek je potreben tudi material, ki ga reka prenaša s seboj in dodatno mehansko erodira skalno dno. Pri poglabljanju korit igrajo pomembno vlogo tudi draslje. To so manjše zglajene kotanje v rečnem koritu, v katere so ujeti prodniki in pesek, voda jih v drasljah vrtinči in tako dodatno poglablja korita.

### Kraške jame

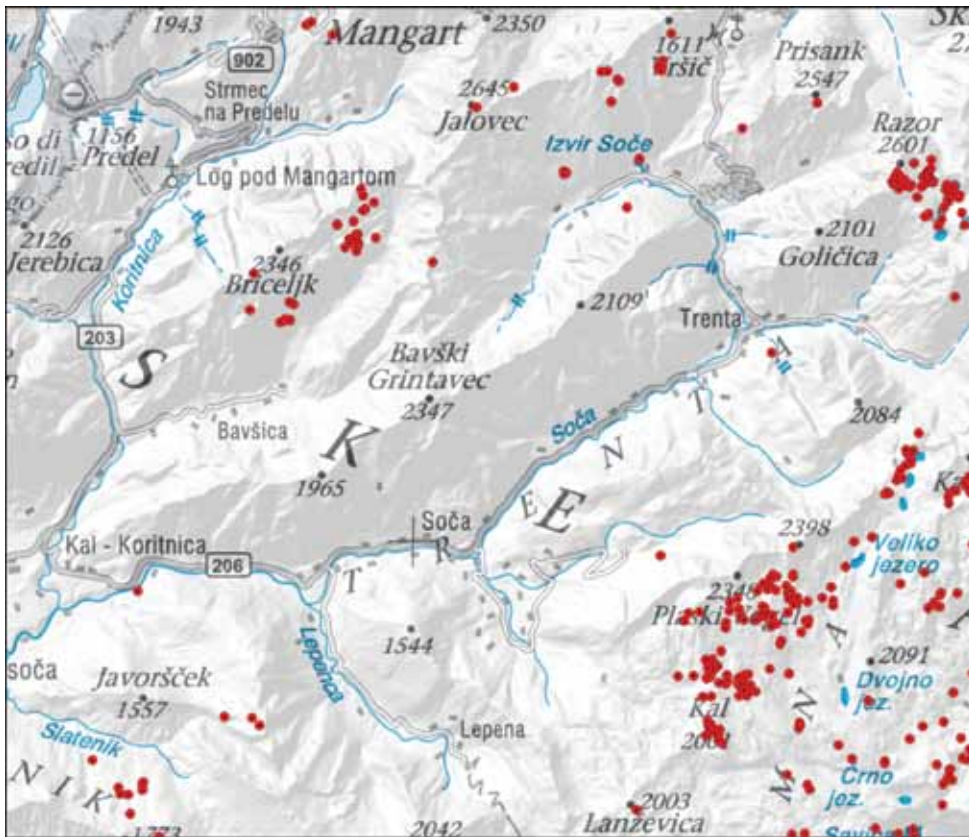
Iz Katastra Jamarske zveze Slovenije in Inštituta za raziskovanje kraska ZRC SAZU (2010) je razvidno, da na področju Trente poznamo v dolini samo eno jamo (slika 5), in to že takoj na njenem začetku v bližini vasi Kal-Koritnica. V neposredni bližini jame so tudi znana Korita Soče pri Kršovcu. **Jama pri Kalu** (sinonima: Golobaršček, Jamček) ima katastrsko številko 3510 (vir podatkov Kataster JZS in IZRK), njena globina je 40 m in dolžina 80 m. Vhod se nahaja pod vznožjem hriba Golobarja, približno 50 m nad Sočo, z nadmorsko višino vhoda 425 m. Jama je občasen močan izvir na levem bregu Soče. Razvita je v dachsteinskem apnencu. Vhod v jamo je v spodmolu na stiku med skalo in pobočnim gruščem. Kmalu za vhomom (odvisno od vodostaja) naletimo na sifonsko jezero, v katerem so se že večkrat potapljali.

Vse druge jame so na pobočjih doline ali na kraških platojih nad dolino (slika 5). Na pobočjih Ozebnika nad Zadnjico je na nadmorski višini 750 m markantna odprtina v **Jamo v Ozebniku**. Jama ima katastrsko številko 3065 (vir podatkov Kataster JZS in IZRK), njena globina je 50 m, dolžina pa 110 m. Jama se strmo dviguje, v njej se nahaja stara preperela siga, zanjo je značilno intenzivno podiranje sten. V Zgornji Trenti je znana **Jama Izvir Soče**, ki ima katastrsko številko 834 (vir podatkov Kataster JZS in IZRK), njena globina je 28 m, dolžina 31 m, in vhod na 1050 m. V Zgornji Trenti na pobočjih Špička so poznane tri jame, ki tvorijo splet naravnih in rudniških rogov pri opuščeni planini Trenta nad Zapodnom. Najdaljša je **Jama v rudniku Pri Štolnu** (Jama z rudniškimi rovi nad planino Trenta), ki ima katastrsko številko 836 (vir podatkov Kataster JZS in IZRK), njena globina je 29 m, dolžina 805 m, vhod je na 1235 m. V jami naj bi po Italijanskem katastru VG (št. 1633) kopali mangan.



Slika 4: Korita vrezana v živoskalno dno so eden najznačilnejših geomorfoloških pojavov Posočja (foto N. Zupan Hajna).





Slika 5: Lega znanih jam na področju Trente z okolico (Vir: Kataster jam JZS in IZRK ZRC SAZU).

## VODNI VIRI ALPSKEGA KRASA

Metka Petrič

### Uvod

Alpski kras, ki ga gradijo predvsem apnenci ter deloma dolomiti in dolomitizirani apnenci triasne starosti, pokriva okrog 11 % slovenskega ozemlja (slika 6). Glavna hidrogeološka enota so dobro prepustni kraški vodonosniki, ponekod prevladujejo dolomiti z značilnostmi nekoliko slabše prepustnih razpoklinskih vodonosnikov. Predvsem v rečnih dolinah, v katerih so odloženi klastični sedimenti glacialnega, fluvio-glacialnega in fluvialnega izvora, pa so razviti medzrnski vodonosniki. Hidrogeološko so pomembna tudi območja slabše prepustnih jurskih in krednih laporjev in peščenjakov ali konsolidiranega morenskega materiala, na katerih se voda zadržuje na površju. Tam se pojavljajo vsaj občasni površinski tokovi in visokogorska jezera.

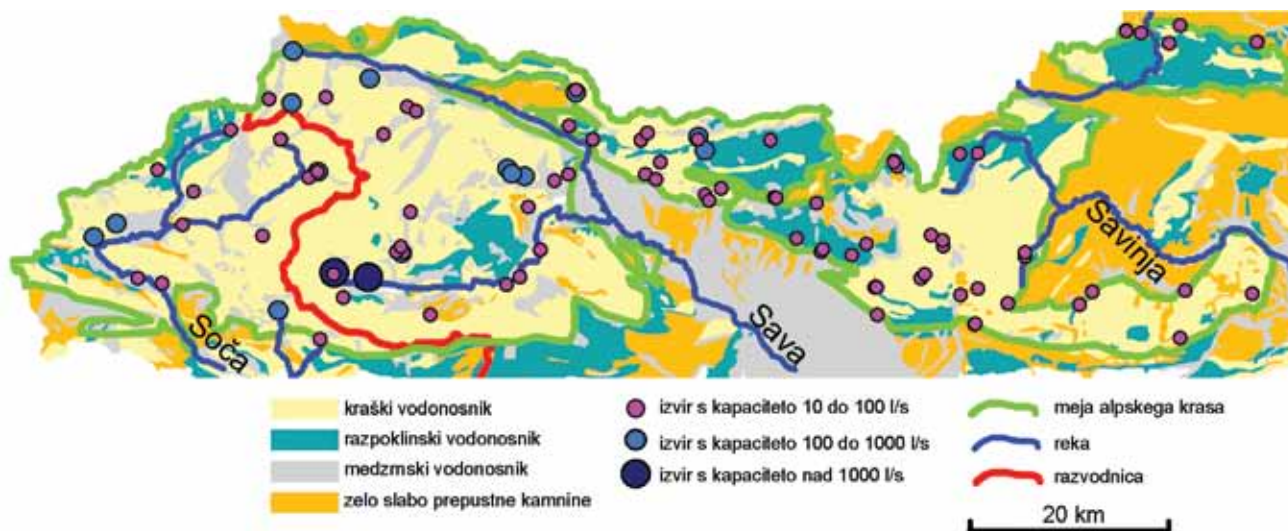
Povprečne letne padavine na območju slovenskega alpskega krasa dosega 3000 mm. Zaradi redke pokritosti z vegetacijo in majhnih debelin prsti je delež učinkovite infiltracije velik. Med visoke kraške planote so vrezane globoke doline in znotraj visokogorskega napajalnega zaledja infiltrirana voda se pretaka podzemno proti izvirov v teh dolinah. Najpomembnejše reke, ki se napajajo iz alpskega krasa, so Soča, Sava in Savinja. Soča odteka proti Jadranskemu morju, Sava in Savinja pa sta del črnomoškega porečja. Zaradi posebnih značilnosti kraških vodonosnikov (neznane poti podzemnega pretakanja, bifurkacija in spreminjanje

velikosti zaledja ob različnih hidroloških pogojih) je praktično nemogoče določiti razvodnico med obema porečjema, njen približni položaj pa je označen na sliki 6.

Na osnovi hidrogeološke karte je bil obseg alpskega krasa v Sloveniji ocenjen na 2200 km<sup>2</sup>, povprečna letna učinkovita infiltracija pa s primerjavo kart povprečnih letnih padavin in evapotranspiracije v obdobju 1961-1990 (Kolbezen & Pristov 1998) na 1620 mm. Ob upoštevanju teh vrednosti smo ocenili, da bi lahko zaloge podzemne vode stalno napajale izvir s povprečnim pretokom 115 m<sup>3</sup>/s.

Zaloge podzemne vode v alpskem krasu so torej velike, velika pa je tudi ranljivost alpskih kraških vodonosnikov (hitra infiltracija in hiter prenos snovi daleč stran od točke vnosa, kratek zadrževalni čas pri pretakanju proti izvirov). Bolj ugodna lastnost je majhna obremenjenost zaradi redke naseljenosti, kljub temu pa človekove dejavnosti že ogrožajo kakovost kraških vodnih virov. V visokogorju je dobro razvit turizem (smučišča s celotno infrastrukturo, planinske kočice, ponekod počitniške hišice). Kmetijstvo je ekstenzivno, vendar predvsem aktivni gorski pašniki predstavljajo določeno nevarnost. Dodatna obremenitev so divja odlagališča odpadkov.

Zaradi nevarnosti onesnaženja je potrebno načrtovati ustrezne ukrepe za varovanje. Znotraj alpskega krasa je registriranih približno 1200 izvirov, od katerih jih je za vodooskrbo približno 240.000 ljudi zajetih okrog 400. Po podatkih iz leta 2004 ima le približno četrtina zajetih alpskih kraških izvirov sprejet odlok o varovanju, še za dodatnih 75 izvirov pa je pripravljen predlog takega odloka (Vir: EIONET 2004).



Slika 6: Hidrogeološka karta alpskega krasa (Vir: EIONET, 2004)

### Izvir Soče

Relativno malo izsledkov hidrogeoloških raziskav v zgornjem Posočju je bilo objavljenih v strokovni periodiki. Jože Janež s sodelavci je izdelal več raziskovalnih projektov, a le v dveh krajših prispevkih (Janež 1995; 2002) povzel nekaj osnovnih značilnosti kraških izvirov na tem območju.

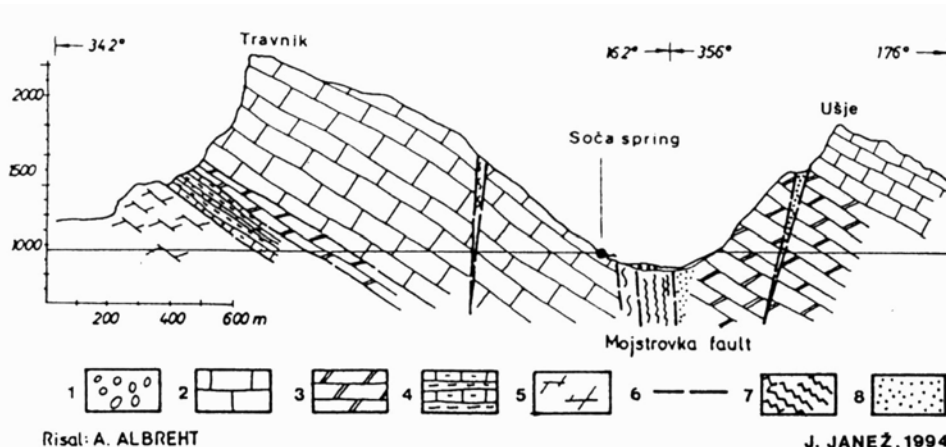
Soča je največja reka v slovenskem delu jadranskega porečja. Njeni stalni izviri so v morenah Suhega potoka v Zadnji Trenti, mesto izviranja vode pa je odvisno od hidroloških pogojev. Ob večjih sušah naj bi iz proda in grušča izviralo le okrog 200 l/s (Habič & Čar, 1989). Ob višjem vodostaju se aktivirajo tudi izviri višje v dolini, pa tudi izvir nad planinsko kočo, ki je najbolj poznan kot izvir Soče. Voda izteka na nadmorski višini 1041 m (Vir: geopedia.si 2010) skozi kraški kanal, ki je razvit ob tektonski razpoki. Ob nižjem vodostaju se nivo vode spusti več kot 30 m pod prelivni rob kanala.

Po dolini Zadnje Trente poteka mojstrovški prelom (slika 7), ki se preko Vršiča nadaljuje v dolino Pišnice. Severno in severozahodno stran doline gradijo dachsteinski apnenci norijsko-retijske starosti. Pod njimi so zgornjetriasi dolomit in tamarska forma-

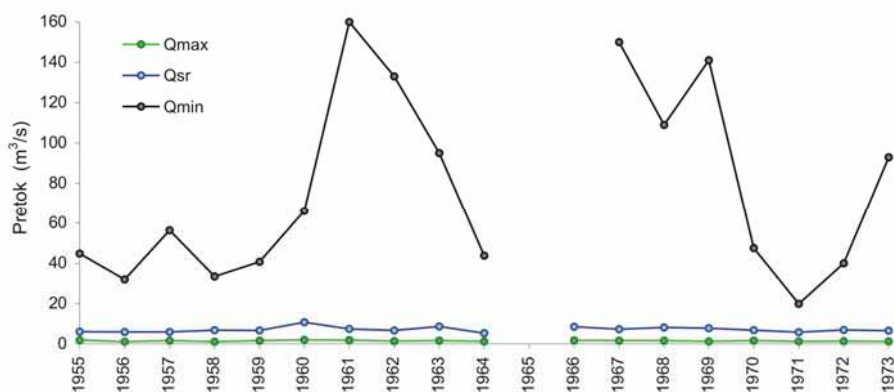
cija, ki jo gradijo apnenci, laporji in dolomiti karnijske starosti. V južnem in jugovzhodnem delu doline izdanja karnijsko-norijski dolomit, ki navzgor prehaja v dachsteinski apnenec. V dolini Zadnje Trente je odložena kvartarna ledeniška morena, ob robu pa pobočni grušč in aluvij.

Na spletni strani Agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO) so zbrani podatki o dnevni pretokih na različnih hidroloških postajah v zgornjem Posočju (Agencija Republike Slovenije za okolje, 2010). Za postajo Zgornja Soča so na razpolago podatki o pretokih do leta 1973 in zaradi primerljivosti z ostalimi izviri na tem območju smo pri nadaljnji analizi upoštevali podatke v obdobju od 1955 do 1973. Izmerjen je bil minimalni pretok 1,1 m<sup>3</sup>/s in srednji pretok 7,1 m<sup>3</sup>/s, maksimalni pretoki pa so presegali sto m<sup>3</sup>/s. Karakteristični pretoki po posameznih letih so prikazani na sliki 8, ocenjujemo pa, da je verjetnost napake pri meritvah pretokov ob visokem vodostaju velika.

Na sliki 9 so prikazani izmerjeni dnevni pretoki za izbrano bolj mokro leto 1960 in bolj suho leto 1961. Visoki pretoki spomladi in poleti so posledica taljenja snega v visokogorskem zaledju, posamezni izraziti vodni valovi pa predstavljajo reakcijo na močnejše padavinske dogodke.



Slika 7: Geološki prerez (Legenda: 1. ledeniška morena, kvartar, 2. dachsteinski apnenec, norij-retij, 3. »glavni« dolomit, karnij-norij, 4. tamarska formacija, zgornji karnij, 5. masiven in skladnat dolomit, karnij-cordevol, 6. prelom, 7. porušena cona v apnencu, 8. milonit) (Janež 1995)



Slika 8: Minimalni, srednji in maksimalni pretoki na hidrološki postaji Zgornja Soča v Trenti pred sotočjem z Zadnjico v letih med 1955 in 1973.

ARSO spremlja tudi kakovost izvirov Soče in Krajcarice, a le nekaj osnovnih parametrov. V letih 2007 in 2008 je bila za oba izvira srednja izmerjena vrednost nitratov  $1,9 \text{ mg NO}_3/\text{l}$ , pesticidi pa niso bili zaznani, zato je bilo kakovostno stanje obeh izvirov ocenjeno kot dobro.

### Krajcarica

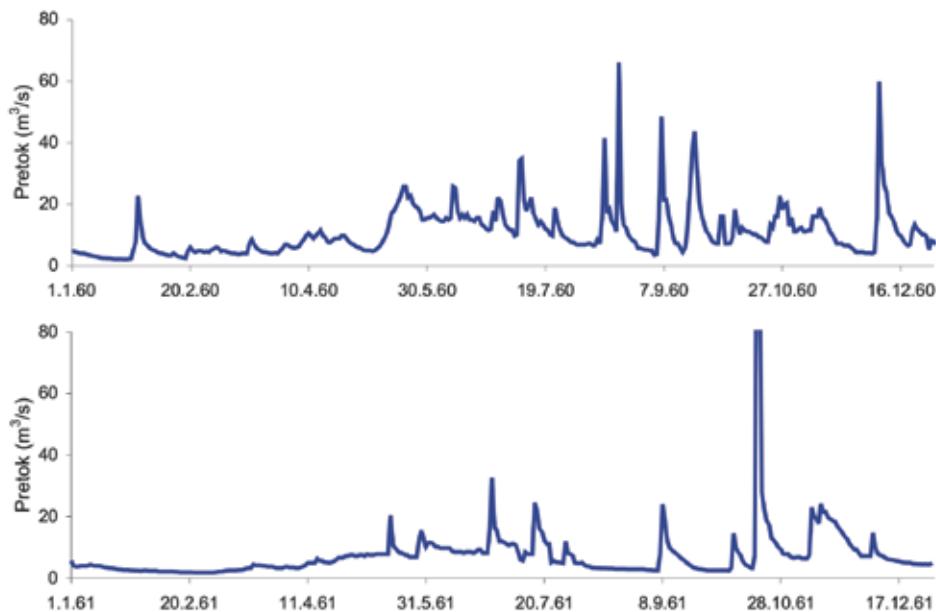
Krajcarica ima številne izvire v dolini Zadnjice v Trenti na nadmorskih višinah med 700 in 720 m. Janež (2002) sklepa, da so izviri v moreni sedaj na sekundarnem mestu, primarni pa se pojavljajo na stiku zgornjetriasnih dachsteinskega apnenca in glavnega dolomita, ki sta prekrita z morenskimi materialom. Zaledje izvira je glede na orografsko razvodnico ocenjeno na  $20 \text{ km}^2$  in verjetno obsega območje Velikega Vršovca, Zadnjiškega Ozebnika, Kota, Korit in Komarja.

Na hidrološki postaji Zadnjica v Trenti so bili v obdobju 1955-1973 izmerjeni minimalni pretok  $150 \text{ l/s}$ , srednji pretok  $2 \text{ m}^3/\text{s}$  in maksimalni pretok  $27,1 \text{ m}^3/\text{s}$  (Agencija Republike Slovenije za okolje, 2010). Karakteristični pretoki po posameznih letih so prikazani na sliki 10, dnevni za izbrani leti 1960 in 1961 pa na sliki 11.

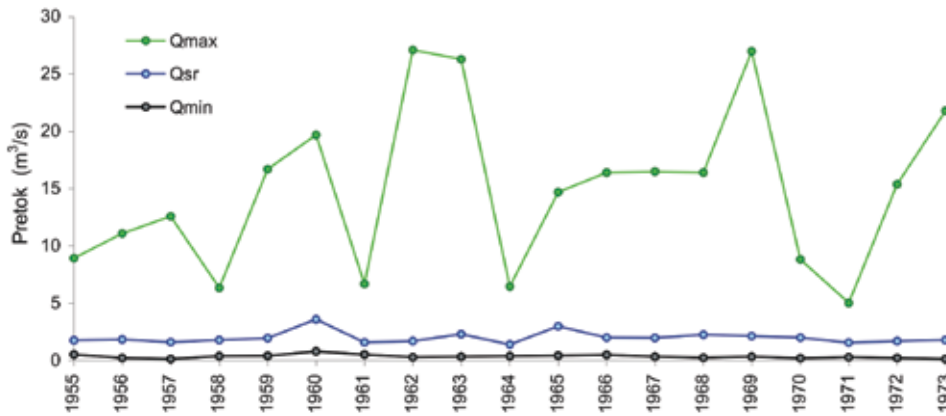
### Lepenica

Glavni izviri Lepenice v ledeniški dolini Lepeni so iz morenskega materiala na nadmorski višini 540 do 520 m na mestu, kjer je morenska podlaga že toliko odnesena, da v strugi pogleda na dan skalna podlaga iz dachsteinskega apnenca (Janež, 2002). Ob različnih vodostajih je aktivnih še več izvirov višje in nižje v dolini.

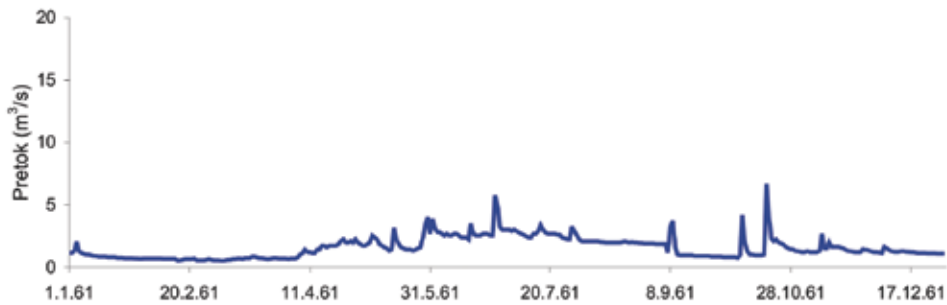
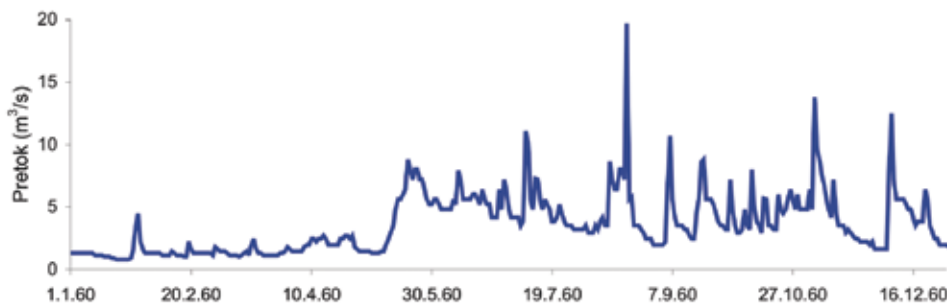
Dnevni pretoki (slika 12) so bili na hidrološki postaji v Lepeni merjeni le v obdobju 1968-1973 (Agencije Republike Slovenije za okolje, 2010). V tem času je bil minimalni pretok  $100 \text{ l/s}$ , srednji pretok  $2,1 \text{ m}^3/\text{s}$  in maksimalni pretok  $45,3 \text{ m}^3/\text{s}$ .



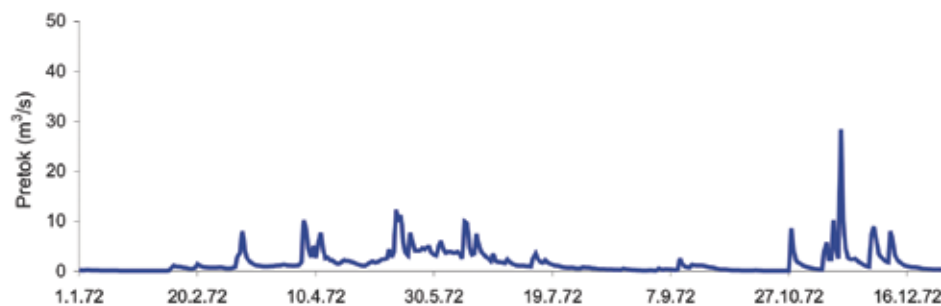
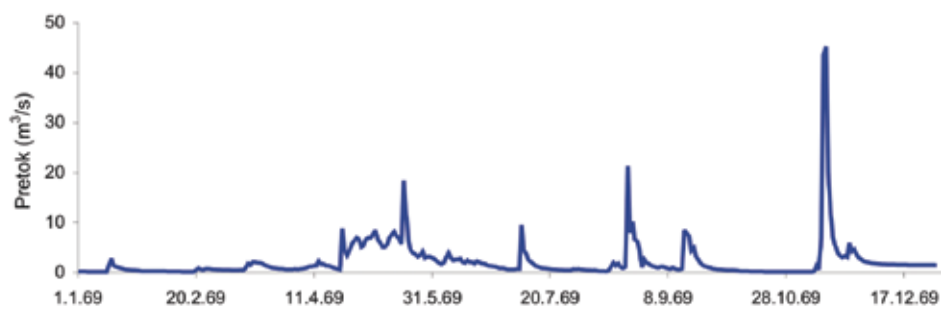
Slika 9: Dnevni pretoki na hidrološki postaji Zgornja Soča v Trenti pred sotočjem Soče z Zadnjico v izbranih letih 1960 in 1961.



Slika 10: Minimalni, srednji in maksimalni pretoki na hidrološki postaji Zadnjica v Trenti v letih med 1955 in 1973.



Slika 11: Dnevni pretoki na hidrološki postaji Zadnjica v Trenti v izbranih letih 1960 in 1961.



Slika 12: Dnevni pretoki na hidrološki postaji Lepena v Lepeni v izbranih letih 1960 in 1961.

## TRIGLAVSKI NARODNI PARK

Aleš Zdešar

### O parku

Največ ozemlja Triglavskega narodnega parka, skoraj tretjina, je na območju občine Bovec. Ta zajema domala celotno Zgornje Posočje (slika 13).

Triglavski narodni park (TNP) je edini narodni park v Sloveniji, upravlja ga Javni zavod Triglavski narodni park. Park se razprostira na severozahodu Slovenije ob meji z Italijo in blizu meje z Avstrijo, na jugovzhodnem delu alpskega masiva. Skoraj popolnoma se prekriva z Vzhodnimi Julijskimi Alpami. Obsega 880 kvadratnih kilometrov, kar je štiri odstotke površine Slovenije. Spada med najstarejše evropske parke; prvo varovanje sega v leto 1924, ko je bil ustanovljen Alpski varstveni park. Osrednje poslanstvo javnega zavoda TNP je varovanje narave, opravlja pa tudi strokovne in raziskovalne naloge. Povprečno letno število obiskovalcev je 1,6 milijona.

Mejniki v zgodovini TNP:

1906 ali 1908 – prvi, a neuresničen predlog prof. Albina Belarja o parku

1924 – nastanek »Alpskega varstvenega parka« v dolini Triglavskih jezer (1600 ha)

1961 – odlok o razglasitvi Doline Triglavskih jezer za »Triglavski narodni park« (2000 ha)

1981 – uzakonitev parka v sedanjem obsegu

2003 – vključitev Julijskih Alp in Triglavskega narodnega parka v mednarodno omrežje biosfernih območij UNESCO MaB (Man and Biosphere – človek in biosfera)

2004 – prejetje evropske diplome Sveta Evrope za zavarovana območja z vzornim upravljanjem

2007 – prejetje diplome Europa nostra v okviru nagrad Evropske unije za kulturno dediščino v kategoriji arhitekturna dediščina za opravljeno delo pri prenovi Pocarjeve domačije v Zgornji Radovni.

Državni zbor je 18. junija 2010 sprejel novi Zakon o Triglavskem narodnem parku (ZTNP), ki določa varstvena območja v narodnem parku, pravila ravnanja in varstvene režime, način upravljanja TNP, sodelovanja javnosti in prebivalcev narodnega parka pri upravljanju, trajnostne razvojne usmeritve ter način njegovega izvajanja, financiranje, nadzor, sankcije in druga ravnanja, povezana s cilji in nameni tega zakona. ZTNP je bil objavljen v Uradnem listu dne 30. 6. 2010 in je stopil v veljavo 15. 7. 2010.

Nameni in naloge Triglavskega narodnega parka:

- Varovanje narave in ohranjanje kulturne krajine
- Skrb za ustrezen razvoj v parku
- Omogočanje doživljanja parka
- Raziskovanje
- Vzgojno in izobraževalno delo
- Upravljanje

Triglavski narodni park obiskovalcem vzpodbuja doživljanje parka v informacijskih središčih in točkah, informativnih tablah, na parkovnih poteh, z vodenimi izleti, z biološkimi delavnicami v

naravi, z ustvarjalnimi delavnicami in z različnimi izobraževalnimi programi. Na območju Trente naravno in kulturno dediščino predstavlja Soška pot.

**Soška pot** (vir: <http://www.tnp.si/doziviljati/C49/>) je parkovna učna pot, ki vodi obiskovalce Triglavskega narodnega parka ob Soči od njenega izvira proti Bovcu. Je najstarejša parkovna pot Triglavskega narodnega parka. Povezuje steze in mirne, manj znane dele doline Trente in Soče, stran od ceste in hrupa. Soča je smaragdna nit poti ter ponuja ogled vseh znanih in manj znanih naravnih vrednot in kulturne dediščine v dolini. Posebna zanimivost so slikovite brvi, po katerih večkrat prečkamo reko. Hoja po Soški poti in obisk Informacijskega središča TNP Doma Trenta ponujata poznavanje in razumevanje Triglavskega narodnega parka. Celotna pot od izvira Soče po dolini Trente in Soče vse do meje parka pri Kršovcu je dolga okrog 20 kilometrov. Na meji parka Soška pot preide v eno od bovških sprehajalnih poti in nas privede v Bovec. Obisk Soške poti lahko prilagodimo svojemu času in namenu ter si ogledamo samo tisti del, ki nas najbolj zanima. Pot je označena z značilnimi informacijskimi stebrički TNP, na informacijskih točkah pa so pojasnjevalne table. S Triglavskim narodnim parkom se lahko dogovorite tudi za strokovno vodenje.

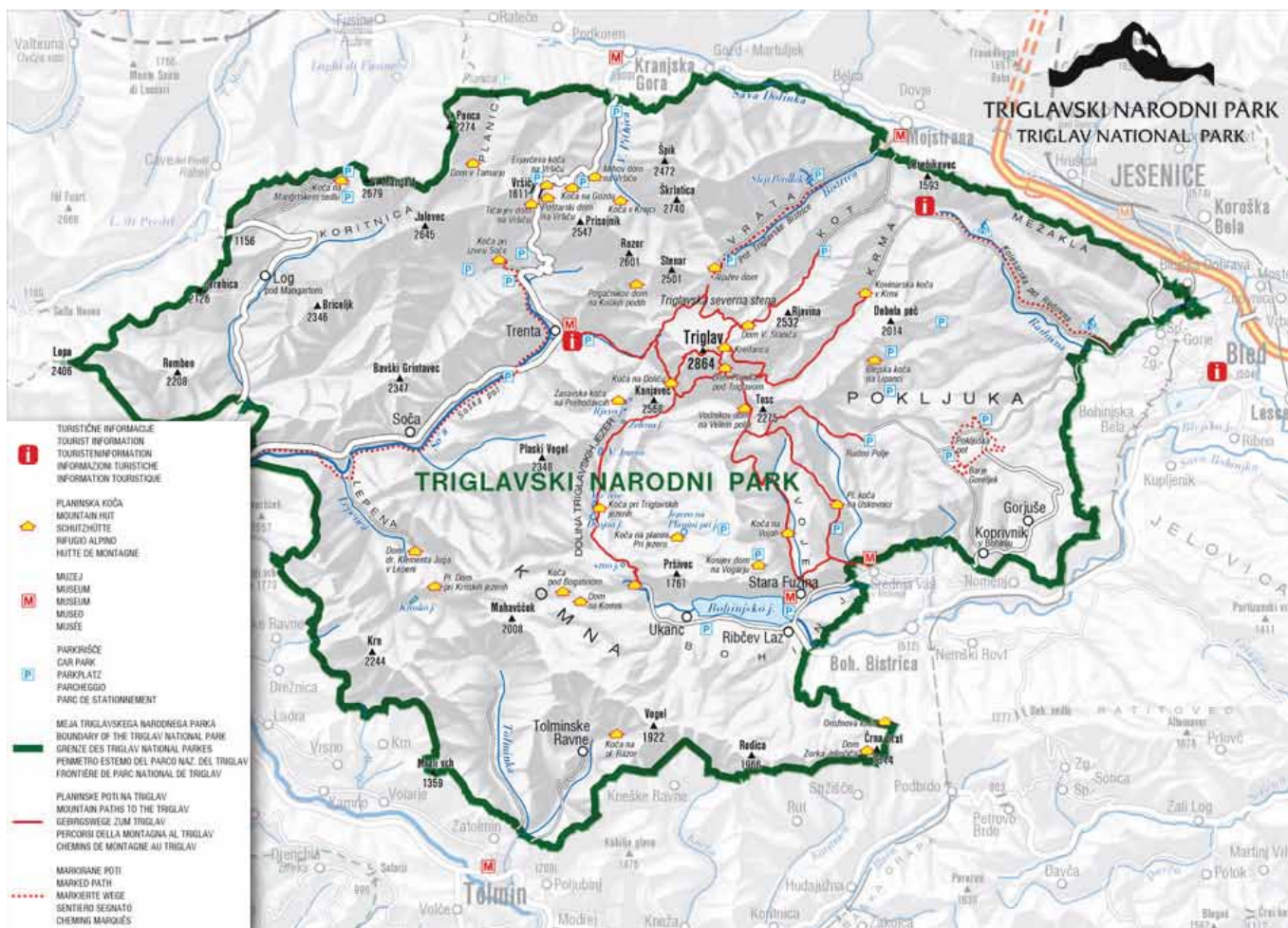
**Alpski botanični vrt Juliana** je bil ustanovljen že leta 1926 in je v zakon o Triglavskem narodnem parku vključen kot naravni spomenik.

### Osnovne geološke značilnosti TNP

Gore Triglavskega narodnega parka so odprta knjiga geološke zgodovine tega ozemlja. Njegov razvoj je trajal več kot 200 milijonov let. V tem času so kamnine območja parka prepotovale več tisoč kilometrov dolgo pot od Zemljinega ekvatorja do današnje lege na severozahodu Slovenije.

Kamnine Triglavskega narodnega parka so nastale v spreminjajočih se morskimi okoljih nekdanjega oceana Tetida, večinoma v geoloških obdobjih triasa, deloma pa tudi jure in krede. Najbolj značilni kamnini sta apnenec in dolomit, v manjši meri peščenjaki, laporovci, lapornati apnenci in fliš. Nekdanje razgibano površje je omogočalo nastanek številnih in raznovrstnih življenjskih okolij, v katerih so živeli organizmi, ki so se v obliki fosilnih ostankov ohranili v kamninah. Najpogostejši fosili, ki jih lahko opazujemo s prostim očesom so ostanki polžev, školjk, ramenonožcev, koral, alg, glavonožcev, redkeje pa tudi rib in drugih vretenčarjev. Fosili so neme priče nekdanjih življenjskih razmer, pogosto nam pomagajo določiti tudi starost kamnine.

Površje Triglavskega narodnega parka prepoznamo po strmih, priostrenih vrhovih, visokogorskih grebenih, značilnih položnejših pobočjih, ki se prevesijo v strme, prepadne stene, visokih kraških planotah, po širokih ledeniško preoblikovanih dolinah, soteskah, redkih rečnih in ledeniških terasah in obsežnih meliščih. Podoba današnjega površja Triglavskega narodnega parka je odraz prepletanja kamninske podlage, tektonskih procesov in vplivov zunanjih Zemljinih sil. Skozi dolgotrajen proces pritiskanja Afriške tektonske plošče na Evroazijsko, so se kamnine, nastale na dnu morja, dvignile in ustvarile obsežno Alpsko gorovje. Pri tem so se gubale, narivale in prelamljale. Gorski svet parka je izpostavljen erozijskim procesom, površje je močno preoblikovano zaradi delovanja ledenikov in tekočih voda. Površinske vode je zaradi apnenčeve podlage razmeroma malo, večina vode se pretaka po obsežnih podzemnih sistemih in v obliki podtalnice v dnu dolin.



Slika 13: Območje Triglavskega narodnega parka (Vir: <http://www.tnp.si/>).

Posledica topnosti apnenca v stiku s padavinsko vodo in snegom je nastanek visokogorskega krasa. Odsotnost rastlinskega pokrova je pospešila nastanek kraških oblik, omogoča pa tudi nemoteno opazovanje in raziskovanje raznolikih kraških fenomenov, ki se kažejo predvsem v obliki žlebičev, škrapelj, kotličev, lašt, kont, kraških planot in drugih pojavov. Raztapljanje apnenca ni le površinsko, območje Triglavskega narodnega parka je svetovno znano tudi po globokih podzemnih brezni in jamah. Na območju parka je znanih približno 600 kraških jam, najgloblje brezno (Čehi 2) je globoko 1502 m.

### Slovenska geološka pot v TNP

Pred desetletji je prof. dr. Stanko Buser razvil idejo o Slovenski geološki poti, ki bi povezovala vse pomembnejše geološke posebnosti od severovzhodne Slovenije preko Karavank, Julijskih Alp, skozi osrednjo Slovenijo proti Hrvaški.

Čeprav so Julijske Alpe odete v na videz monotone sive barve, pa ozemlje, ki ga pokriva Triglavski narodni park, skriva mnoge geološke zanimivosti. Znotraj meja parka lahko naštejemo kar 45 točk Slovenske geološke poti. V park vstopi geološka pot skozi eno od najbolj obiskanih naravnih in hkrati geoloških znamenitosti, torej skozi sotesko Vintgar. Po suhi Pokljuški soteski se vzpne na Pokljuko in mimo Blejske kočice na Lipanci doseže gorski greben.

Na Studorskem prevalu lahko v lapornatem apnencu opazujemo fosilne ostanke triasnih polžev, školjk in amonitov, pot pa nadaljujemo pod Toscem na Velo polje. Po Velski dolini se pot vzpne do Doliča, nadaljuje na Prehodavce in nas popelje v zagotovo najljepši del vsega popotovanja. Dolina Triglavskih jezer je biser, s katerim se podobni po svetu ne morejo primerjati. Sprehod po pokopališču fosilnih amonitov je zagotovo prvovrstno doživetje, ki ga dopolnjuje kraško preoblikovano površje. Nadaljevanje poti poteka čez kraško planoto Komno, mimo Krnskega jezera na Krn. Sledi del poti proti Jezeru v Lužnici pod mogočnim masivom Peskov, kjer se geološka zgodovina srečuje z mnogo mlajšo, vendar nesrečno zgodovino prve svetovne vojne. Pogled na nenavadno oblikovani in obarvani Rdeči rob, ki ga gradijo kredne kamnine, nakazuje del poti, kjer so kamnine mnogo pestrejšje kot na precejšnjem delu Julijskih Alp. Mimo Zatolminskih planin se pot spusti do Tolminskih korit in se nato dvigne vse do Tolminskih Raven in naprej do planine Razor. Ta del poti zaznamujejo čudoviti profili v globokem morju nastalih kamnin, ki so bile zaradi močnih tektonskih sil stisnjene na ozek pas, ne širši od nekaj kilometrov. S planine Razor se pot nadaljuje po dobro ohranjeni mulatjeri pod grebenom Peči (Spodnjebohinjski greben) do Podbrda, ki leži izven parka. Geološka pot ne pozabi zaobiti tudi Vršiča, izvira Soče, Trente ter Kriških podov.

Marsikdo izmed vas je že večkrat hodil po omenjenih poteh, pa vendar bi bila lahko prehojena pot še v marsičem mnogo bolj zanimiva, če bi zanjo obstajal vodnik o geoloških posebnostih. Lansko leto je Javni zavod Triglavski narodni park v okviru programa Unesco MAB – Človek in biosfera začel z obnovo tablic Slovenske geološke poti v parku in območju MAB – Človek in biosfera. Vsega skupaj bomo zamenjali 57 tablic. Sočasno z namestitvijo novih tablic potekajo usklajevanja z Oddelkom za geologijo Naravoslovnotehniške fakultete v Ljubljani in Geološkim zavodom Slovenije za izdajo vodnika po geološki poti v TNP-ju.

Slovenska geološka pot v Triglavskem narodnem parku je predvsem namenjena seznanjanju širše množice ljudi z geološkimi značilnostmi narodnega parka, hkrati pa zavezuje stroko k nadaljnjim raziskovanjem in interpretaciji pestre geološke zgodovine Julijskih Alp. Doživljanje Julijskih Alp z razlago o njihovem nastanku, sestavi kamnin, geomorfoloških oblikah, tektonskih premikih, fosilnem življenju in kraških pojavih bistveno pripomore k spoštovanju narave kot celote, s tem pa tudi k ohranjanju narodnega parka in njegove nežive narave.

## POSTANKI NA EKSKURZIJI

Korita Soče pri Kršovcu, Jama pri Kalu (sinonima: Golobaršček, Jamček). Erozija živoskalnega dna, izvorna jama.

Dolina Lepene. Ledeniška dolina, slapovi, podor, fluvioglacialni material.

Podor pri Plajerju. Podori, stare morene, dvigovanje Alp.

Informacijsko središče TNP na Logu. Pomen parka za ohranjanje geološke dediščine.

Krajcarica. Izviri, morene.

Mlinarica. Korita, hidrologija, podori.

Izvir Soče. Izvirna jama, hidrologija.

## LITERATURA

Agencija Republike Slovenije za okolje, 2010: Arhiv površinskih voda. - [Online] Dostopno na: [http://vode.arso.gov.si/hidarhiv/pov\\_arhiv\\_tab.php](http://vode.arso.gov.si/hidarhiv/pov_arhiv_tab.php) [17.6.2010]

Agencija Republike Slovenije za okolje, 2010: Potresi. - [Online] Dostopno na: <http://www.arso.gov.si/potresi/> [8.7.2010]

Bavec, M. 2002: Nove časovne in genetske opredelitve nekaterih mlajšekvartarnih sedimentov in kamnin v Bovški kotlini in njeni bližnji okolici. - *Geologija* 45/2, 291-298, Ljubljana.

Bavec, M., Tulaczyk, S. M., Mahan, S. A. & Stock, G. M. 2004: Late Quaternary glaciation of the Upper Soča River Region (Southern Julian Alps, NW Slovenia). - *Sedimentary geology* 165, 3/4, 265-283, Amsterdam.

Bosak, P., Pruner, P., Zupan Hajna, N. & Mihevc, A., 2010: Palaeomagnetic and biostratigraphic research of cave fill in Snežna jama, Slovenia. Progress Report, IG CAS & IZRK ZRC SAZU, 1-27, Praha-Postojna.

Buser, S. 1987: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Tolmin in Videm. - Zvezni geološki zavod Beograd, Beograd.

Cvetek, J., 1971: Grbinasti travniki s posebnim ozirom na Bohinj. *Geografski vestnik*, 42, 67-78.

EIONET, 2004: EuroWaterNet Slovenia. - [Online] Dostopno na: <http://nfp-si.eionet.eu.int/ewnsi/index.htm> [27.1.2004]

Frisch W., Kuhlemann J., Dunkl I. & Székely B., 2001: The Dachstein paleosurface and the Aogenstein Formation in the Northern Calcareous

Alps – a mosaic stone in the geomorphological evolution of the Eastern Alps. *International Journal of Earth Sciences*, 90, 3, 500-518.

Geopedia, Izviri, lokacije. - [Online] Dostopno na: (<http://www.geopedia.si/sloj/izviri>).

Habič, P. & J. Čar, 1989: Strokovne podlage za varovanje vodnih virov in vodnih zalog kot osnova za sprejem odloka za zaščito zaledja izvirov Boke, Bočiča in Glijuna, povirij Koritnice, Tolminke, Zadlaščice. - Tipkano poročilo, Rudnik živega srebra Idrija, št.pr. 84/89.

Jamarska zveza Slovenije in Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, 2010: Kataster jam.

Janež, J., 1995: Izvir Soče in njegovo vodozbirno območje. - *Geološki zbornik*, 10, 35-37, Ljubljana.

Janež, J., 2002: Veliki kraški izviri v zgornjem Posočju. - *Geologija*, 45/2, 393-400, Ljubljana.

Jarc, P., Kladnik, D. & Rojšek, D., 2002: Posočje A-Ž. Založba ZRC, 244 str., Ljubljana.

Jurkovšek, B. 1985: Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Beljak in Ponteča. - Zvezni geološki zavod Beograd, Beograd.

Jurkovšek, B. 1987: Tolmač listov Beljak in Ponteča. Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000. - Zvezni geološki zavod Beograd, 58 pp., Beograd.

Kladnik, B. & Rojšek, D., 1997: Soča. Založba Zaklad, 1- 79, Ljubljana.

Kolbezen M. & J. Pristov, 1998: Površinski vodotoki in vodna bilanca Slovenije. - MOP-Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije, 98 pp, Ljubljana.

Komac, M. & Bavec, M., 2007: Opazovanje vertikalne komponente recentnih premikov v Julijskih Alpah s PSInSAR metodo. *Geologija* 50/1, 97-110, Ljubljana.

Kunaver, J., 1980: Razvoj in sledovi zadnje stadialne poledenitve v Zgornjem Posočju (I). - *Geografski vestnik* 52, 17 - 36, Ljubljana.

Mikoš, M., Petje, U. & Ribičič, M., 2006: Application of a Rockfall Simulation Program in an Alpine Valley in Slovenia. *Disaster Mitigation of Debris Flows, Slopes, Failures and Landslides*, 199-211, Tokyo.

Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano: GERK dokumenti (grbinasti travniki). - [Online] Dostopno na: <http://rkg.gov.si/GERK/documents/2008> [8.7.2010]

Orožen Adamič, M., 1990: Podor v Trenti. *Ujma*, 4, 18.

Petje, U., Mikoš, M. & Ribičič, M., 2005: Ocena nevarnosti padajočega kamenja za odsek regionalne ceste v dolini Trente. *Geologija*, 48/2, 341-354, Ljubljana.

Petrič, M., 2004: Alpine karst waters in Slovenia. - *Acta carsologica*, 33/1, 11-24, Ljubljana.

Placer, L., 2008: Osnove tektonske razčlenitve Slovenije. - *Geologija*, 51/2, 205-217, Ljubljana.

Rižnar, I., Koler, B., Bavec, M. 2007: Recentna aktivnost regionalnih geoloških struktur v zahodni Sloveniji. - *Geologija*, 50/1, 111-120, Ljubljana.

Triglavski narodni park, 2010: TNP. - [Online] Dostopno na: <http://www.tnp.si/> [1.8.2010]

Vidrih, R., 2004. Potres 12. julija 2004 v zgornjem Posočju. Življenje in tehnika LV, september 2004, 20-32, Tehniška založba Slovenije, Ljubljana.

Vidrih, R., 2008: Potresna dejavnost zgornjega Posočja. (Seismic activity of the Upper Posočje Area). Ministrstvo za okolje in prostor, Agencija Republike Slovenije za okolje, Urad za seizmologijo in geologijo, 509 strani, Ljubljana.

Vidrih, R., Ribičič, M., 1999: Posledice potresa v naravi (Effects of the Earthquake on the Natural Environment), *Ujma*, 13, 107-116, Ljubljana.

Wikipedija: Trenta. - [Online] Dostopno na: <http://sl.wikipedia.org/wiki/Trenta> [1.8.2010]

Zorn, M., 2002: Podori v slovenskih Alpah (Rockfalls in Slovene Alps). *Geografski zbornik*, 42, 124-160, Ljubljana.

Zupan Hajna, N., Mihevc, A., Pruner, P. & Bosák, P., 2008b: Paleomagnetism and Magnetostratigraphy of Karst Sediments in Slovenia. - *Carsologica* 8, Založba ZRC, 266 pp., Postojna, Ljubljana.

## E2 Razvoj jure in krede na Mangartu

Andrej Šmuc<sup>1</sup>, Špela Goričan<sup>2</sup> & Alenka Eva Črne<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>Oddelek za geologijo, Naravoslovnotehniška fakulteta, Univerza v Ljubljani

<sup>2</sup>Paleontološki inštitut Ivana Rakovca ZRC SAZU, Ljubljana

<sup>3</sup>Geological Survey of Norway, Trondheim, Norway

### UVOD

Območje Mangartskega sedla se nahaja v severozahodnem delu Julijskih Alp na meji z Italijo. Julijske Alpe strukturno sodijo v Julijski pokrov, ki skupaj s spodaj ležečim Tolminskim pokrovom tvori vzhodni podaljšek geotektonske enote Južnih Alp, oziroma predstavljajo področje, kjer se paleogenske dinarske strukture prekrivajo z neogenskimi strukturami, značilnimi za Južne Alpe (Placer, 1999). Na tem območju je bilo starejše narivanje v dinarski smeri prekrito z mlajšimi miocenskimi narivi v alpski smeri proti jugu. Narivne strukture na celotnem območju Julijskih Alp so bile kasneje dodatno deformirane z miocensko-pliocenskimi zmičnimi prelomi. Zgodovinska in recentna seizmična aktivnost območja pa kaže, da je vsaj del teh prelomov aktiven še danes.

Paleogeografsko je bilo območje Julijskih Alp v mezozoiku del Jadransko-Apulijskega mikro-kontinenta, ki je na sever in zahod mejil z Alpsko Tetido, na vzhodu pa je bil omejen z Vardarskim oceanom (cf. Stampfli et al., 2001, slika 1). Območje Julijskih Alp je tako večji del mezozoika pripadalo južnemu pasivnemu kontinentalnemu robu Tetide, kjer so zaradi riftinga vladale ekstenzijske razmere.

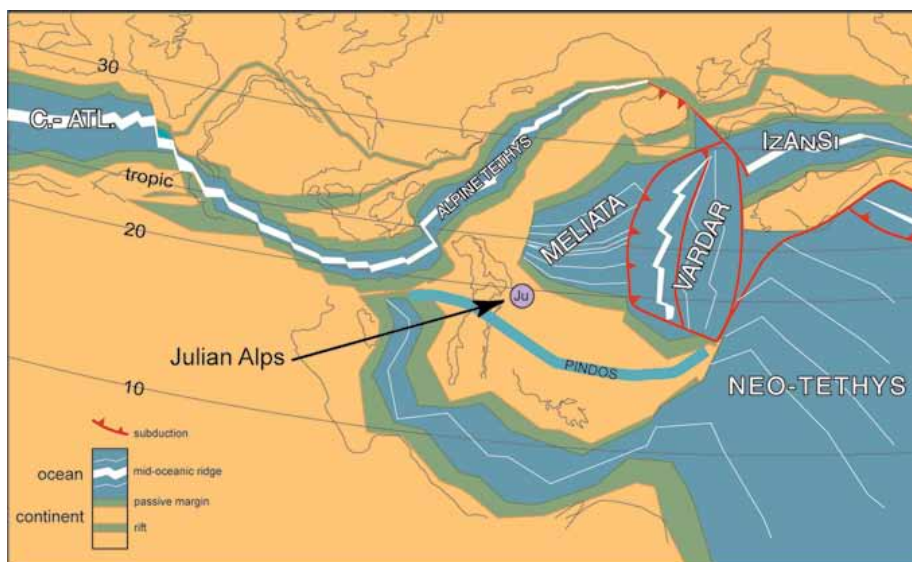
V triasu in juri je kontinentalni rob doživel dve glavni fazi ekstenzijske tektonike, ki sta na območju današnje zahodne Slovenije povzročili nastanek treh različnih paleogeografskih prostorov (Buser, 1989, 1996). Od juga proti severu si sledijo: Dinarska karbonatna platforma, globljevodni sedimentacijski prostor - Slovenski bazen ter Julijska karbonatna platforma (JKP), ki v srednji juri postane izolirana podmorska planota imenovana Julijski prag (JP) (slika 2).

Julijske Alpe naj bi bile v juri in kredi del Julijske karbonatne platforme in Julijskega praga, vendar pa zelo različni globljevodni razvoji predvsem jurskih kamnin kažejo na to, da Julijski prag ni predstavljal enotnega sedimentacijskega prostora, pač pa je bil prav tako razdeljen na manjše bloke z različno hitrostjo pogreznja. Nekateri od teh blokov so postali prave izolirane podmorske planote, medtem ko so drugi bloki postali del globljega Bovškega jarka, v katerega je bil občasno prinešen material s sosednjih plitvovodnih območij.

### STRUKTURA MANGARTSKEGA SEDLA

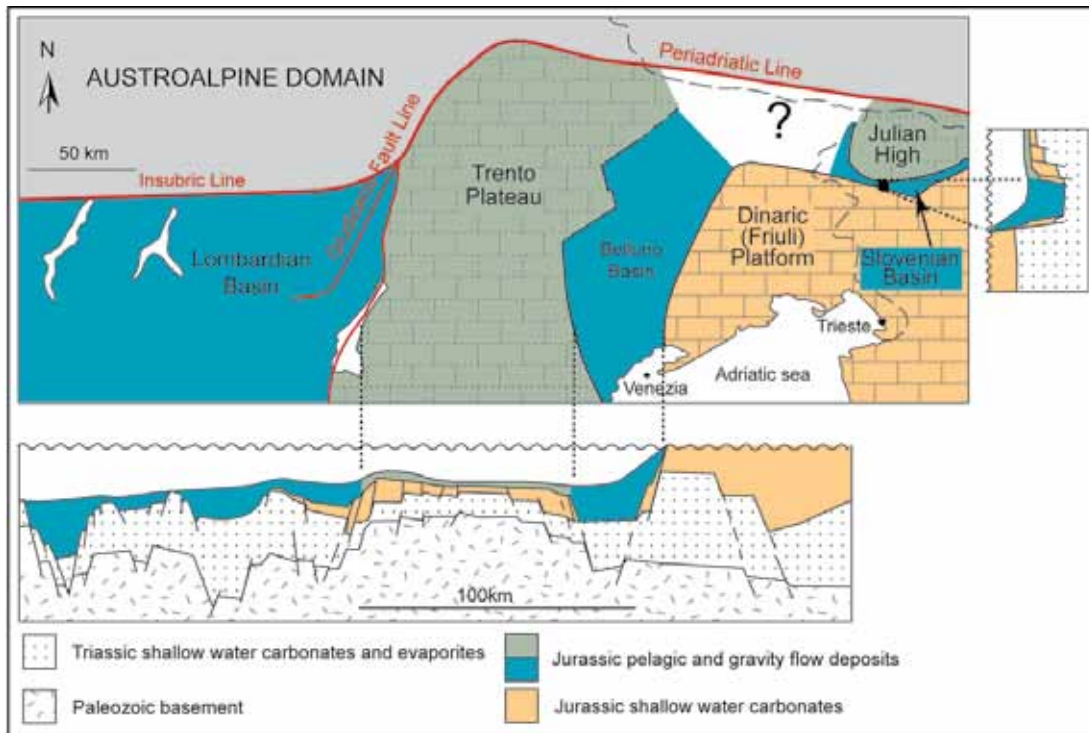
Mangartsko sedlo je strukturno zelo zapleteno (Šmuc, 2004, 2005). V splošnem opazujemo dve večji enoti: Travniško, v kateri izdajajo kamnine JKP in Bovškega jarka, ter Mangartsko strukturno enoto, ki je sestavljena iz kamnin JKP in Julijskega praga (sliki 3 in 4). Mangartska enota je razdeljena na štiri podenote: Mali Vrh, Rdeča skala, Drnska podenota ter podenota Vrh Mangarta.

Najnižje leži podenota Mali Vrh. Gradijo jo zgornjetriasni in spodnjejurski plitvovodni apnenci z neptunskimi dajki, na katere nalebajo zgornjekredni globotrunkanski apnenci (slika 5). Na podenoto Mali Vrh je narinjena Travniška enota. Njena značilnost so v poleglo sinklinalno gubo povite plasti z razvitimi "dupleks" sistemi. Travniško strukturno enoto sestavljajo plitvovodne zgornjetriasne in spodnjejurske kamnine ter spodnjejurske do spodnjekredne globljevodne kamnine Bovškega jarka (slika 6). Ob narivni coni med podenoto Mali Vrh in Travniško enoto je ukleščena še podenota Rdeča skala, ki je sestavljena izključno iz



Slika 1: Paleogeografska rekonstrukcija v oxfordiju (prirejeno po Stampfli et al. 2001)





Slika 2: Današnji položaj paleogeografskih enot in shematski paleogeografski prerez v zgornji juri (italijanski del karte po Bosellini et al. (1981), slovenski del karte prirejen po Buserju (1989) in Placerju (2008).

močno pretrtih globotrunkanskih apnencev. Vzhodni del masiva Mangarta gradi strukturno podenoto Vrh Mangarta. Podenota je bila ob močnem reverznem prelomu dvignjena nad višino Mangartskega sedla. Sestavljajo jo dachsteinski apnenci z neptunskimi dajki. V prelomni coni reverznega preloma so ukleščene še kamnine Drnske strukturne podenote, ki jih gradijo globokovodne aptijsko-albijske kamnine, ki diskordantno nalegajo na zgornjetriasne in spodnjeljurske plitvovodne kamnine z zgornjejurskimi neptunskimi dajki (slika 7).

### STRATIGRAFIJA MANGARTSKE STRUKTURNE ENOTE

Mangartsko strukturno enoto gradijo kamnine Julijske karbonatne platforme (dachsteinski apnenci in zgornjetriasni do spodnjurski masivni apnenci), na katere so diskordantno odloženi ali aptijsko-albijski skrilavi glinavci z roženci (Drnska podenota) ali senonski rdeči globotrunkanski apnenci (strukturni podenoti Mali vrh in Rdeča skala) (sliki 5 in 7). Posebnost Mangarske strukturne enote predstavljajo številni jurski neptunski dajki, ki prepredajo spodnjeljurske plitvovodne apnenice. (Goričan & Šmuc, 2004; Šmuc, 2004, 2005; Črne et al., 2007)

### Zgornjetriasni in spodnjeljurski plitvovodni apnenci

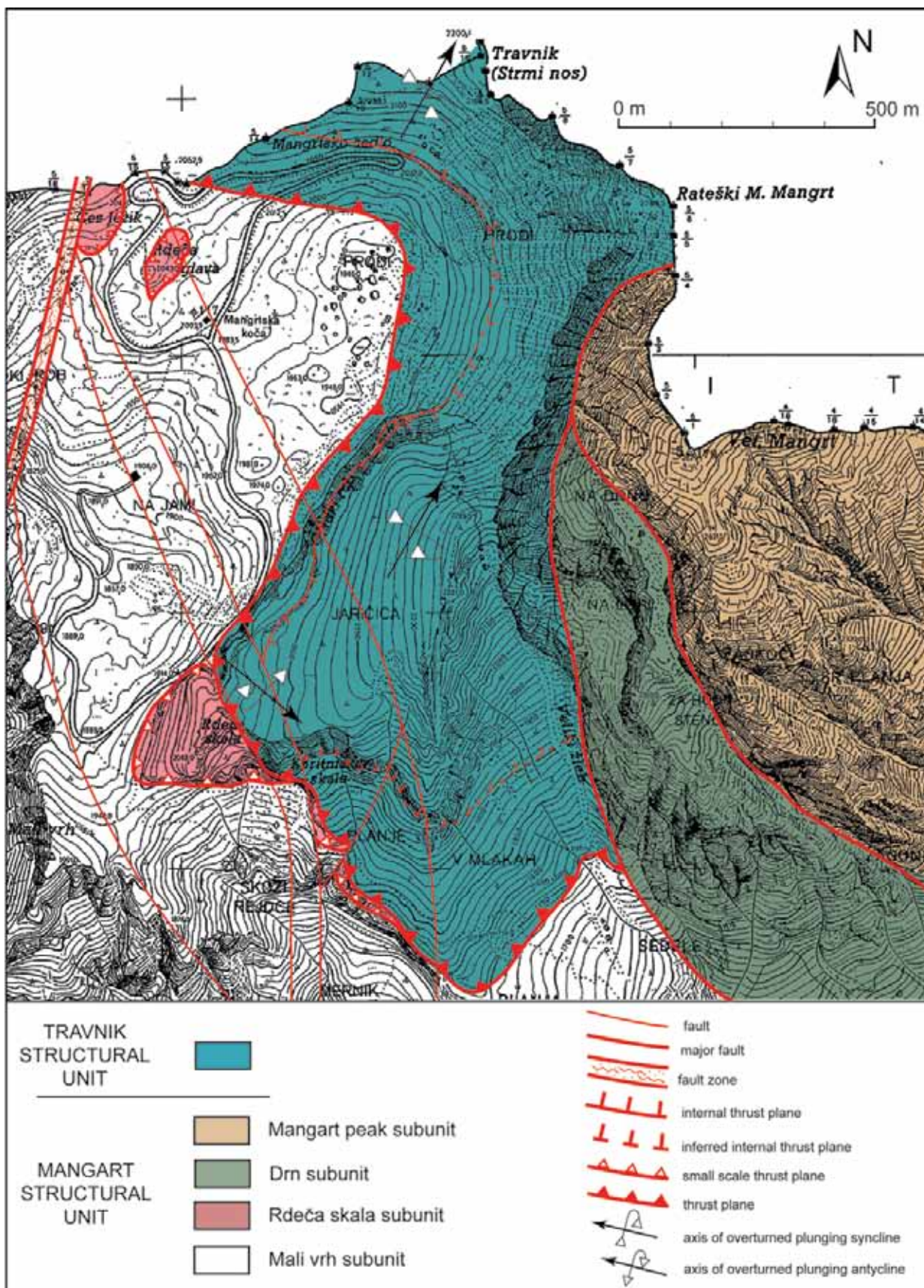
Plitvovodni apnenci zgornjetriasne in spodnjeljurske starosti predstavljajo najstarejše kamnine Mangartskega sedla. Gre za masivne grebenske apnenice, ki predstavljajo del kopastega grebena v robnih delih karbonatne platforme. Greben je bil obdan s peščeniimi plitvinami, v katerih so se sedimentirali peloidni in oolitni apnenci. Masivni apnenci so tipa grainstone in so zgrajeni iz koral, spongij, apnenčevih alg, hidrozojev, stromatoporida, fragmentov školjčnih lupinic, polžev, ehinodermov in brahiopodov. Manj pa je peloidov in bentoških foraminifer ter intraklastov oolitnih

in peloidnih apnencev. Na podlagi foraminifer *Galeanella panti-cae* (Zaninetti & Brönnimann) in *Triasina hantkeni* (Majzon) (v spodnjem delu apnencev) ter foraminifere *Agerina martana* (Farinacci) v zgornjem delu apnencev je starost grebenskih apnencev norij-retij do pliensbachij.

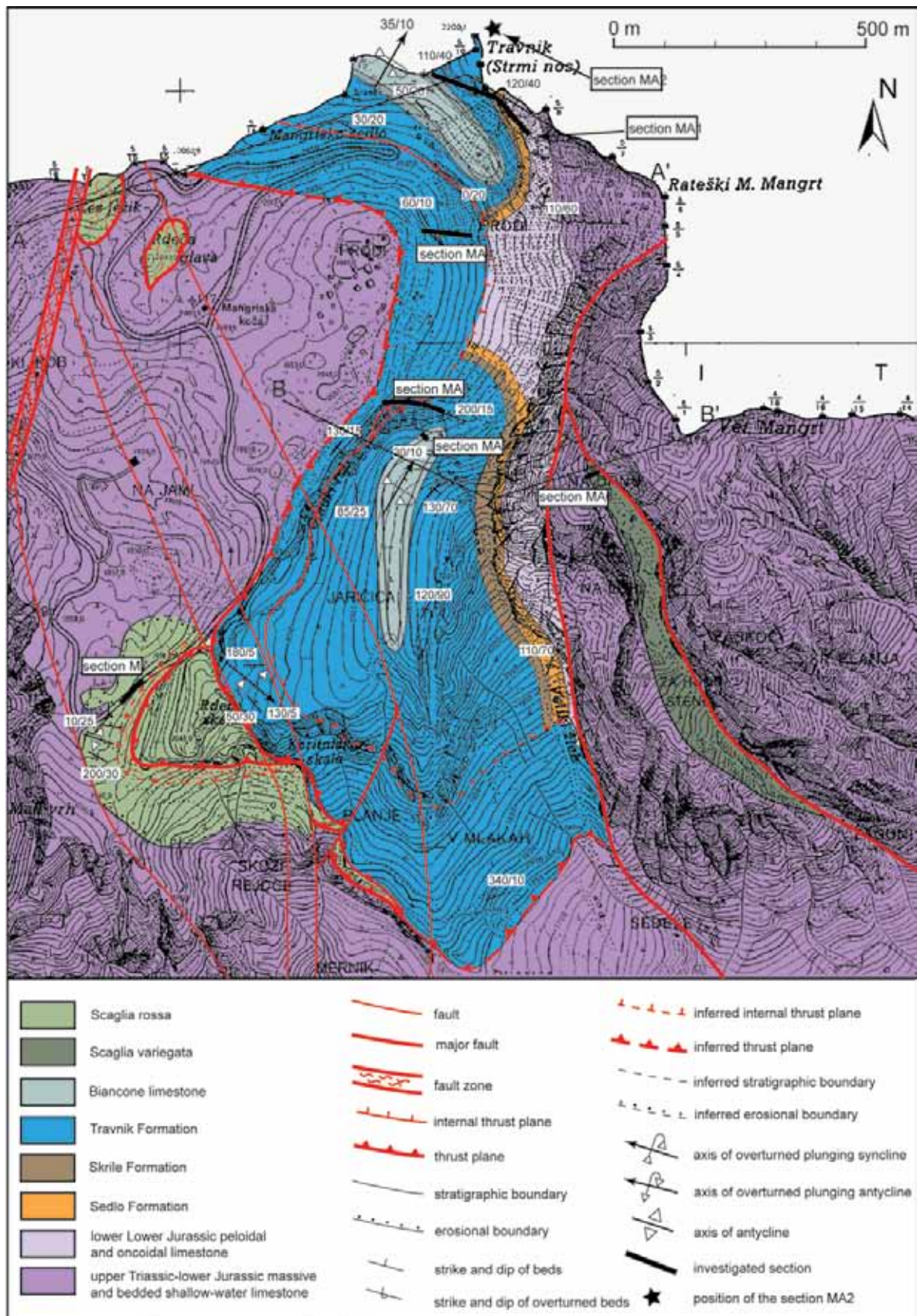
### Jurski neptunski dajki na Mangartskem sedlu

Neptunski dajki so geološka telesa oziroma zapolnitve praznih prostorov v starejših kamninah z mlajšimi morskimi sedimenti. Pogosto se pojavljajo na robovih potopljenih karbonatnih platform, njihov nastanek pa je večinoma posledica natezne tektonike. Na Mangartskem sedlu se neptunski dajki pojavljajo v plitvovodnih apnencih zgornjetriasne do spodnjeliasne starosti kot lateralno omejena, do nekaj 10 m velika telesa breč z rdečim vezivom (slika 8). Breče na Mangartskem sedlu je opisal že Cousin (1981), kasneje so jih raziskovali Jurkovšek in sodelavci (1990), prvič pa je breče interpretiral kot neptunske dajke Šmuc (2004). Podrobneje je genezo teh dajkov opisala Črne s sodelavci (2007). Breče enakega nastanka so opisane tudi z drugih nahajališč v Julijskih Alpah, pojavljajo se na primer na več mestih v 3 km dolgem pasu med Krnom in Jezerom v Lužnici (Babić, 1981; Buser, 1986, 1987).

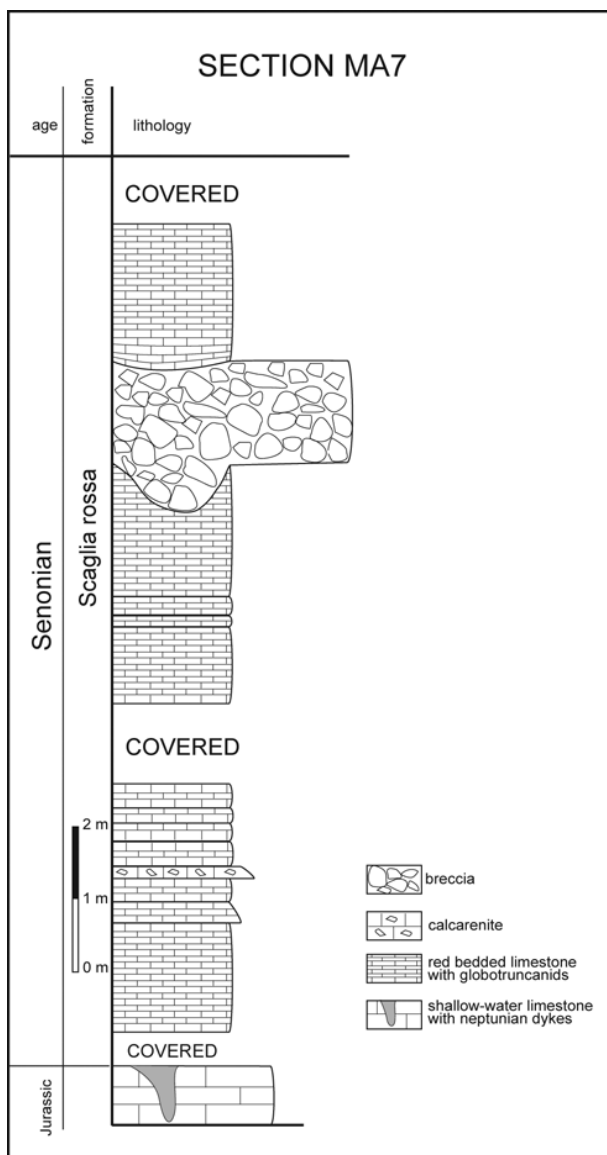
Neptunski dajki najlepše izdajajo ob 150 m dolgem useku ceste, ki vodi na Mangartsko sedlo. Matično kamnino neptunskih dajkov predstavljajo zgornjetriasni do pliensbachijski masivni plitvovodni apnenci. Pliensbachijska starost zgornjega dela plitvovodnih apnencev potrjuje prisotnost korale *Rhabdophyllia phaceloidea* (Beauvais), ki je bila najdena v klastih matične kamnine znotraj breče. Nad spodnjeliasnimi masivnimi plitvovodni apnenci diskordantno leži senonska Scaglia rossa, ki sta jo Radoičić & Buser (2004) poimenovala kot bovške plasti.



Slika 3: Strukturna karta Mangartskega sedla z označenimi glavnimi strukturnimi elementi.



Slika 4: Geološka karta Mangarskega sedla.



Slika 5: Stratigrafski stolpec strukturne podenote Mali Vrh.

Znotraj kompleksnega sistema neptunskih dajkov je bilo prepoznanih sedem različnih faciesov, ki zapolnjujejo votline različnih oblik in različnega nastanka. Na podlagi kontaktov in raznolikosti faciesov sta bili prepoznani dve glavni generaciji nastanka neptunskih dajkov.

Prva generacija neptunskih dajkov je nastala z zapolnjevanjem s sedimentom in precipitacijo cementov v treh različnih oblikah zapolnitev, ki jih makroskopsko ločimo na: a) nepravilno oblikovane votline velike od nekaj cm do 1 m imajo z matično kamnino neravne kontakte, ki nakazujejo, da je njihov nastanek ali le preoblikovanje povzročilo raztapljanje matične kamnine; b) breče manjših dimenzij; c) različno usmerjene le nekaj cm široke razpoke, ki prepredajo matično kamnino in posledično tvorijo mozaično teksturo - oglati klasti se med seboj dobro prilagajajo. Sedimenti prve generacije so heterogeni, prepoznanih je bilo pet različnih mikrofaciesov: 1) rožnat wackestone do packstone z odlomki

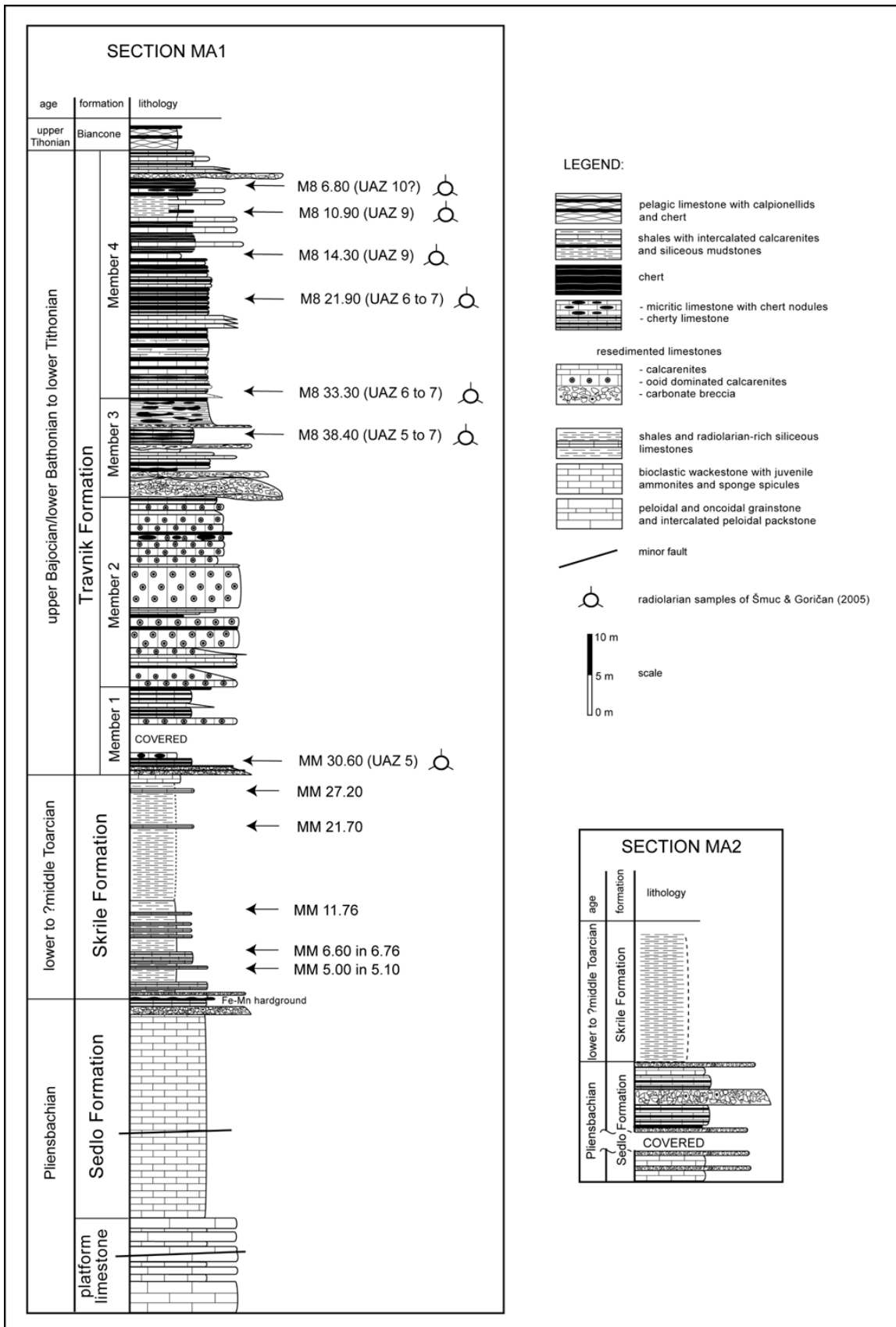
ostrakodov in bentoškimi foraminiferami, med njimi je vrsta *Agerina martana* (Farinacci) (slika 9a); 2) ostrakodna lumakela; 3) rdeč packstone s fragmenti apnenca (?matična kamnina) in foraminiferami vrste *Involutina liassica* (Jones); 4) siv packstone do wackestone s spikulami spongij in radiolariji; 5) rdeč mikrit. Poleg omenjenih mikrofaciesov zapolnjujejo neptunske dajke tudi precipitati in sicer Fe-Mn skorje in obrobni stebričasti, ponekod vlaknati, sparitni cementi. Pliensbachijska starost nepunskih dajkov prve generacije je določena na podlagi foraminifer *Agerina martana* in *Involutina liassica*.

Neptunski dajki druge generacije so veliko bolj pogosti kot neptunski dajki prve generacije. Prepoznani sta bili naslednji geometriji: a) lateralno omejene breče globoke nekaj metrov in široke do 20 m, ki najverjetneje predstavljajo vertikalne razpoke, zapolnjene s kaotičnimi brečami (slika 8); b) različno orientirane do 20 cm široke in 1 m globoke jasno izražene razpoke. Prisotna sta dva različna tipa zapolnitev: 1) breča, ki vsebuje do 1,2 m velike oglate klaste matične kamnine, nekateri izmed njih vsebujejo sedimente prve generacije neptunskih dajkov; ostali, do nekaj centimetrov veliki klasti, so: klasti mikrosparitnega apnenca, črni klasti z nepresevnimi minerali; klasti s tankolupinastimi školjkami in glavkonitom ter klasti prve generacije neptunskih dajkov (slika 9b); vezivo breče je večinoma rdeč, ponekod siv laporast apnenec z odlomki ehinodermov; 2) breča, ki vsebuje izključno klaste matične kamnine v rdečem/sivem vezivu z odlomki ehinodermov. Starosti sedimentov druge generacije neptunskih dajkov zaradi pomanjkanja vodilnih fosilov ne moremo natančno določiti.

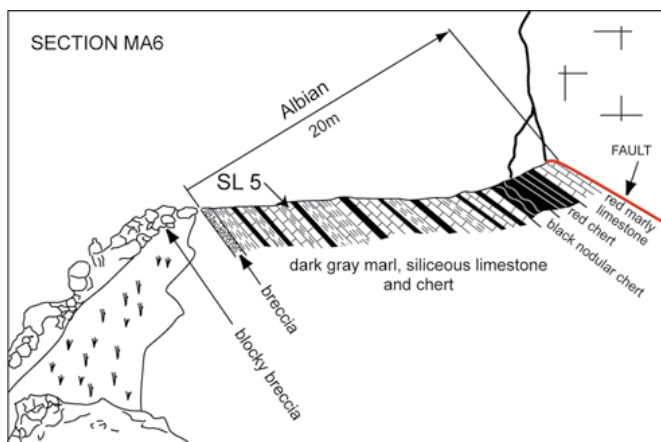
Nastanek neptunskih dajkov na Mangartu je vezan na mehanske deformacije matične kamnine. Izjema so neptunski dajki prve generacije, zapolnitve nepravilno oblikovanih votlin, ki so nastali ali bili le preoblikovani z raztapljanjem matične kamnine. Pliensbachijska starost tako matične kamnine kot prve generacije neptunskih dajkov nakazuje, da so votline v matični kamnini nastale in bile zapolnjene neposredno po odlaganju plitvovodnega plienschbachijskega apnenca. Nastanek neptunskih dajkov prve generacije je posledica razpada Julijske karbonatne platforme v plienschbachiju, kar sovpada z regionalno prepoznanim spodnjemurskim riftingom Tetrice. Neptunski dajki druge generacije so bolj pogosti, možen časovni razpon njihovega nastanka pa je vse od plienschbachija do zgornje krede. Najbolj verjetno je, da je glavna deformacija matične kamnine in nastanek breč kimmeridgijske do spodnje tithonijske starosti - neptunski dajki te starosti s fragmenti *Saccocoma* sp. so prisotni v Drnski strukturni podenoti, enaka starost pa je bila določena tudi za neptunske dajke v Dolini Triglavskih jezer (Šmuc, 2004, 2005).

Nekateri izmed sedimentov, ki so ohranjeni v neptunskih dajkih na Mangartu, nimajo ekvivalenta v normalnem stratigrafskem zaporedju Julijskih Alp. Razlog je lahko dejstvo, da se sedimentacija v manjših votlinah razlikuje od sedimentacije na morskem dnu. Glede na obsežno stratigrafsko vrzel na Julijskem pragu - od plienschbachija do bajocija - je povsem možno, da so sedimenti zapolnitev neptunskih dajkov edini ohranjeni sedimenti te starosti na Julijskem pragu.

Neptunski dajki se pojavljajo tudi v Drnski strukturni podenoti. Tu neptunske dajke predstavljajo breče z rdečim vezivom. Sestavljajo jo do 10 cm veliki klasti belih grebenskih apnencev. Rdečo mikrosparitno osnovo predstavlja apnenec tipa packstone z aptihi, rodom *Saccocoma* ter odlomki drugih ehinodermov.



Slika 6: Stratigrafski stolpec Travnške strukturne enote



Slika 7: Stratigrafski stolpec Drnske strukturne podenote

Starost breč Drnske strukturne podenote je zgornji kimmeridgij do spodnji tithonij.

#### Spodnjekredni roženci, skrilavi glinavci in apnenci: *Scaglia variegata*

Spodnjekredne kamnine izdajajo izključno v Drnski strukturni podenoti (slika 3), kjer z erozijsko diskordanco nalegajo na dachsteinske apnenice s kimmeridgijskimi neptunskimi dajki (slika 7). Gre za kamnine, ki so nastajale v globljevodnem okolju. V spodnjem delu na drobnozrnatih brečah in kalkarenitih ležijo tankoplastnatni temno sivi do zeleni kremenasti apnenci in skrilavi glinavci, nad katerimi sledijo črni in rdeči gomoljasti roženci. Najmlajše kamnine so rdeči tankoplastnatni apnenci tipa packstone, ki jih gradijo planktonske foraminifere ter redka zrna fosfatov in kremenca, značilna je tudi velika vsebnost Fe-Mn oksidov. Albijška starost zaporedja je bila določena na podlagi radiolarijske združbe iz apnencev v spodnjem delu enote.

#### Globotrunkanski apnenci: *Scaglia rossa*

Globotrunkanski apnenci izdajajo v strukturni podenoti Mali Vrh (sliki 3 in 4), kjer z erozijskim kontaktom nalegajo na spodnjejurske plitvodne apnenice z jurskimi neptunskimi dajki. Globotrunkanske apnenice predstavljajo večinoma pelagični apnenci oziroma drobnozrnati kalciturbiditi (slika 10). Med njimi so tudi sedimenti bolj grobozrnatih gravitacijskih tokov, ki poleg globljevodnih zrn vsebujejo tudi plitvodna zrna ter litoklaste starejših kamin. Pelagični apnenci in drobnozrnati kalciturbiditi so tankoplastnatni apnenci tipa wackestone (redkeje packstone in mudstone), ki so sestavljeni večinoma iz planktonskih foraminifer. Sedimente grobozrnatih gravitacijskih tokov pa predstavljajo kalkareniti in breče, ki poleg planktonskih foraminifer vsebujejo še intraklaste pelagičnih apnencev, starejše litoklaste ter tudi plitvodna zrna (odlomke školjk *Inoceramus* sp., ehinodermov ter bentoških foraminifer).

Na podlagi bogate združbe globotrunkan je Jurkovšek s sodelavci (1990) določil senonsko starost apnencev.



Slika 8: Izdanek neptunskih dajkov na Mangartskem sedlu: kaotična breča z oglatimi klasti matične kamnine in rdečim vezivom.

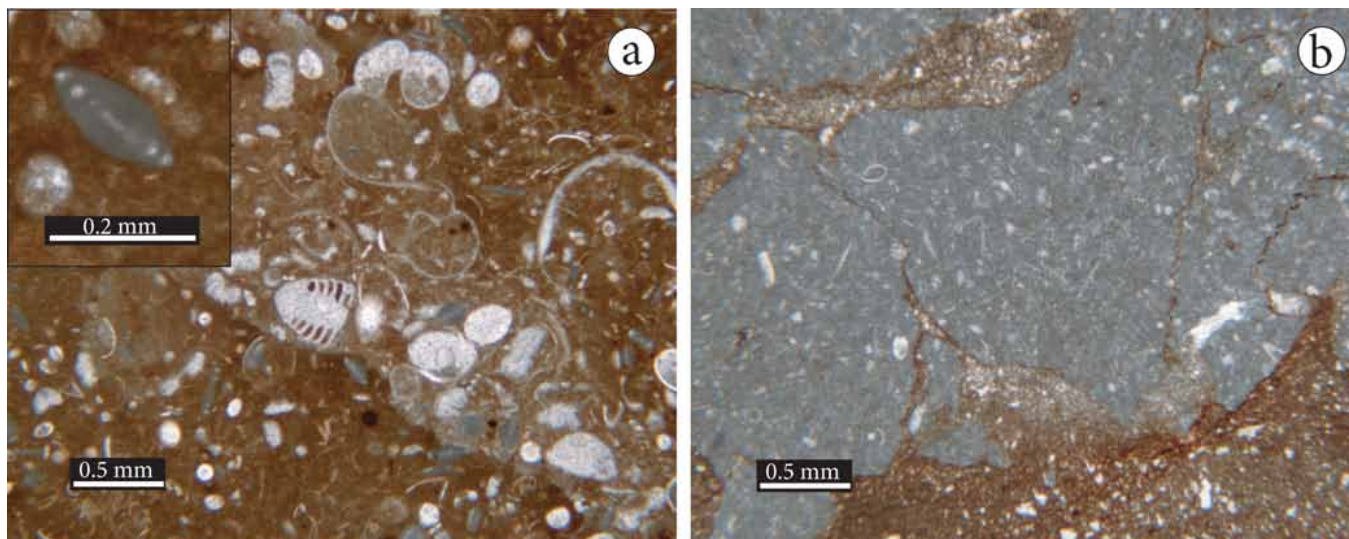
#### SEDIMENTARNA EVOLUCIJA MANGARTSKE STRUKTURNE ENOTE

##### Zgornjetriasna do spodnjejurska plitvodna sedimentacija

Masivni plitvodni apnenci spodnjejurske starosti v okviru strukturne podenote Mali Vrh so nastajali v robnih delih Julijske karbonatne platforme in predstavljajo nadaljevanje plitvodne sedimentacije iz zgornjega triasa. Razviti so v obliki manjšega kopastega grebena, ki je bil obdan s peščenimi plitvinami, v katerih so se sedimentirali peloidni in oolitni apnenci. Po dosedanjih raziskavah (Turnšek & Ramovš, 1987; Turnšek, 1997) so norijsko-retijski grebenski apnenci omejeni izključno na Julijsko karbonatno platformo in jih v Julijskih Alpah opazujemo ali znotraj kompleksa dachsteinskega apnenca ali v njegovih najvišjih delih.

##### Rob podmorske planote z reducirano sedimentacijo

Plitvodni pliensbachijski apnenci vsebujejo v zgornjem delu neptunske dajke z večfaznimi zapolnitvami. Najstarejše zapolnitve v dajkih so pliensbachijske starosti. Dajki označujejo začetek natezne tektonike v spodnjem pliensbachiju, ki je povzročila razpad do takrat relativno enotne platforme na bloke z različnimi hitrostmi pogrezanja ter zaključek plitvodne sedimentacije na celotni Julijski karbonatni platformi (cf. Buser, 1989, 1996; Turnšek, 1997). Starost najmlajših zapolnitev dajkov pa je zgornji kimmeridgij do spodnji tithonij. To pomeni, da je bila natezna tektonika, odgovorna za nastanek dajkov, dejavna od spodnje do zgornje jure, oziroma da je v tem celotnem času potekalo zapolnjevanje dajkov. Diskordantno na apnencih z dajki ležijo kredni globljevodni sedimenti. Na robnem delu podmorske planote od spodnje jure do zgornje krede ni prihajalo do sedimentacije, oziroma se je zaradi dinamike dogajanja lahko odložila le majhna debelina sedimentov, ki so bili nato ob kasnejših erozijskih fazah s podvodnimi tokovi ali le zaradi nestabilnosti sedimentov na pomočju presedimentirani v globlje dele. Edini jurski sedimenti, ki so ohranjeni, tako predstavljajo zapolnitve neptunskih dajkov.



Slika 9: a) Najbolj pogost mikrofacies prve generacije, rožnat packstone z ostrakodi in foraminiferami. V zgornjem levem kotu je povečana foraminifera vrste *Agerina martana* (Farinacci). b) Mikrofacies prve generacije, siv wackestone s spikulami spongij in radiolariji, ki ga sekajo sedimenti druge generacije – rdeč packstone z odlomki ehinodermov.

### Kredna globljevodna sedimentacija

V obdobju aptija-albija so se na robnem področju podmorske planote začeli odlagati globljevodni sedimenti. Aptijsko-albijske kamnine so v Julijskem pokrovu zelo redke. V Bavšici in Vrsniku so to zelenkasti laporovci, glinavci, apnenci, peščenjaki in roženci (Jurkovšek et al., 1990). Najdemo jih še na Rdečem robu in vzhodno od Jezera v Lužnici, kjer jih predstavljajo zelenkasti laporji v menjavi s kalkareniti (Buser, 1986, 1987, 1996; Pavšič, 1994). Večji obseg imajo omenjene kamnine v Slovenskem bazenu, kjer tvorijo spodnji del tako imenovane flišoidne formacije (Caron & Cousin, 1972). Začetek sedimentacije aptijsko-albijskih kamnin je posledica tektonske aktivnosti v spodnji kredi (cf. Buser 1989, 1996; Jurkovšek et al., 1990), ki je povzročila ponovno tektonsko reorganizacijo oziroma poglabljanje sedimentacijskega prostora.

Kredna sedimentacija se je v strukturni podenoti Mali vrh začne šele z senonskimi globotrunkanskimi apnenci. Možno je, da se glinasti aptijsko-albijski sedimenti v strukturni podenoti Mali Vrh sploh niso odložili ali pa so bili kasneje erodirani. V obeh primerih so omenjene razlike v sedimentaciji najverjetneje posledica aktivne tektonike in relativne topografije morskega dna.

Tektonska dogajanja so se odvijala tudi v zgornji kredi in sicer pred senonom. Na območju Julijskega pokrova namreč opazujemo, kako globljevodni senonski globotrunkanski apnenci neposredno nalegajo na zgornjetriasne plitvovodne apnenice (cf. Buser, 1986, 1987, 1989, 1996). Tektonska dogajanja v kredi pa so bila dejavna tudi na robu Dinarske karbonatne platforme, kjer na triasne in jurske plitvovodne apnenice z erozijsko mejo nalegajo globokovodni coniacijski do campanijski Volčanski apnenci (Buser, 1986, 1987, 1989, 1996).

### STRATIGRAFIJA TRAVNIŠKE STRUKTURNE ENOTE

Travniško strukturno enoto sestavljajo spodnjejurski plitvovodni apnenci Julijske karbonatne platforme ter spodnjejurske do

spodnjekredne globokomorske kamnine Bovškega jarka (slika 6) (Goričan et al., 2003; Šmuc, 2004, 2005; Šmuc & Goričan, 2005).

### Spodnjejurski plitvovodni apnenci

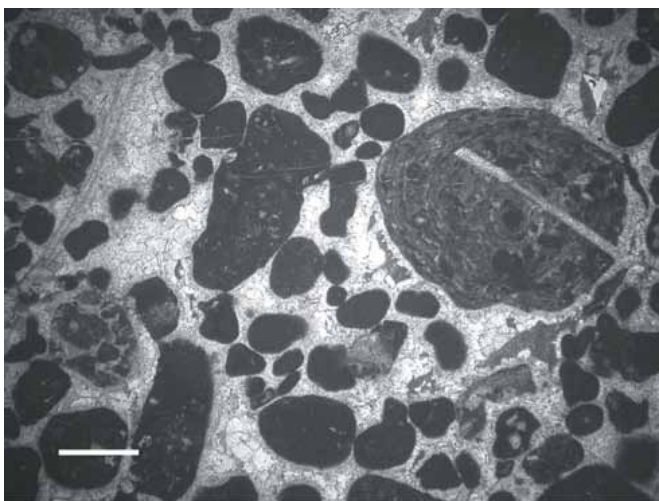
Najstarejše kamnine Travniške enote so spodnjejurski peloidni in onkoidni apnenci, ki so se odlagali v visokoenergijskem podplimskem okolju. Apnenci so masivni do debeloplastnati, so tipa grantstone in sestavljeni večinoma iz peloidov, onkoidov, mikritiziranih ooidov, intraklastov in številnih bioklastov (slika 11). Zrna so bila cementirana z več generacijami cementov. Pliensbachijska starost apnenec je bila določena na podlagi foraminifere *Agerina martana* (Farinacci). V spodnjem delu apnenec *A. martana* ni prisotna, kar kaže na to, da je spodnji masivni del apnenec lahko še sinemurijske starosti.

### Sedlska formacija

Sedlska formacija konformno nalega na spodnjejurske plitvovodne apnenice. Debelina formacije je 27 m. V spodnjem delu jo sestavljajo bioklastični apnenci z juvenilnimi amoniti, spikulami spongij in foraminiferami (slika 12), ki so nastajali v hidrodinamsko relativno mirnem okolju distalnega šelfa ali distalne rampe najverjetneje v območju pod vplivom nevihtnih valov. V vrhnjem delu formacije se pojavijo kremenasti apnenci z radiolariji ter zelenkaste in rdeče litoklastično-intraklastične breče in kalkareniti, ki so nastali z gravitacijskimi tokovi visoke gostote. Prisotnost litoklastov starejših kamnin pa kaže tudi na mehansko erozijo podlage zrnkega turbiditnega toka. Najvišji del Sedlske formacije sestavljajo rdeči kremenasti apnenci s kalcitiziranimi spikulami spongij in radiolariji ter številnimi tudi do 3 cm velikimi Fe-Mn gomolji. Formacija se zaključuje s 25 cm debelim železovo-manganovim horizontom, ki ga gradijo do 3 cm veliki Fe-Mn gomolji. Gomolji so večinoma sestavljeni iz kremenca in piroluzita, v manjši meri pa so zastopani še cryptomelan, thodorokit in goethit. Vsebnost MnO v gomoljih dosega do 55% (Jurkovšek et al., 1990).



Slika 10: Globotrunkanski apnenci s plastjo debeložrnate breče.



Slika 11: Pliensbachijski plitvovodni apnenec tipa grainstone, sestavljen iz peloidov, intraklastov apnenec tipa mudstone in onkoidov. Merilo je dolgo 1mm.



Slika 12: Sedlska formacija: bioklastični apnenec z juvenilnimi amoniti, spikulami spongij in odlomki ehinodermov. Merilo je dolgo 1 mm.

Fe-Mn gomolji in skorja kažeta na sedimentacijo v okolju z močno reducirano sedimentacijo, za kar so najverjetneje krivi močni podmorski tokovi, ki preprečujejo odlaganje sedimenta.

Pliensbachijska starost bioklastičnih apnencev je bila določena na podlagi pogostne foraminifere *Agerina martana* (Farinacci). Višje ležeča Skrilska formacija je spodnjetoarcijske starosti (glej spodaj), tako da horizont z Fe-Mn gomolji starostno pripada približno meji pliensbachij-toarcij.

### Skrilska formacija

Skrilska formacija je debela 27,5 m in leži diskordantno na Sedlski formaciji. Sestavljajo jo večinoma spodnjetoarcijski temnorjavi in črni laminirani, skrilaški organogeni glinavci, med katerimi so tankoplastnati kremenasti apneneci. Glinavce sestavljajo kremen, smektit, ilit ter manganovi oksidi (Jenkyns, 1988; Jurkovšek et al., 1990). Vrednosti TOC so med 0,3% in 1,89% (Sabatino et al., 2009). Vsebnost Mn je visoka, v spodnjem delu enote dosega ponekod tudi do 9,27%, v zgornjem pa se zmanjša le na 1,12% in manj (Jenkyns, 1988). Z organsko snovjo obogateni glinavci so se odložili v anoksičnem okolju in predstavljajo značilen sediment globalnega oceanskega anoksičnega dogodka v spodnjem toarciju. Med glinavci se pojavljajo do 15 cm debele plasti kremenastih apnencev, ki so pogostejše v spodnjem delu enote. Predstavljajo sedimente turbiditnih tokov nizke gostote in so sestavljeni večinoma le iz radiolarijev (slika 13), kar kaže na presedimentiranje znotraj sedimentacijskega bazena. Formacija se zaključuje s hemipelagičnim tankoplastnatim laminiranim svetlo zelenim apnenecem s sledovi vrtnanja.

Starost glinavcev in kremenastih apnencev je spodnji toarcij in je bila določena na podlagi izvrstno ohranjenih radiolarijev v kremenastih apnencih (Goričan et al., 2003) ter na podlagi novejših izotopskih analiz (Sabatino et al. 2009).

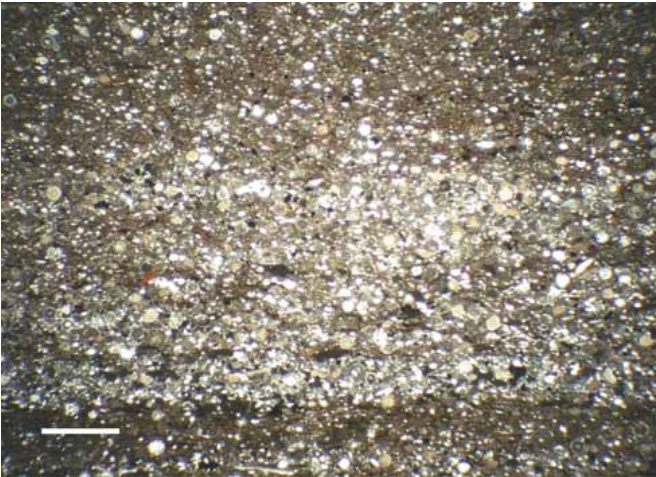
Opisanim kamninam Skrilske formacije sledi dolga stratigrafska prekinitve, ki je trajala vsaj od zgornjega toarcija do vključno spodnjega bajocija.

### Travniška formacija

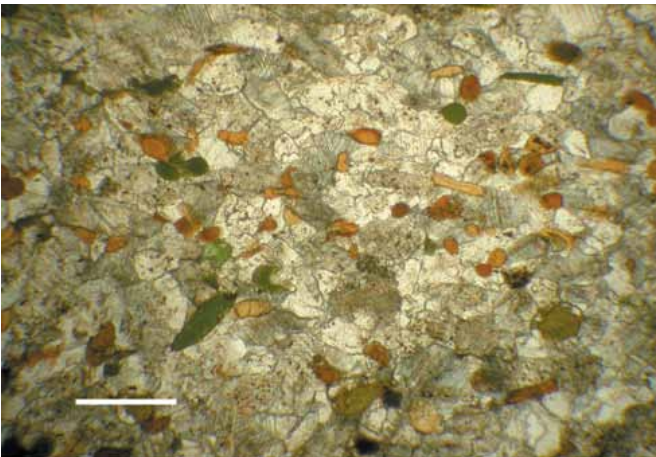
Travniška formacija je spodnjejajocijske do spodnjethonijske starosti in dosega debeline od 77 do 120 m. Z diahrono erozijsko diskordanco nalega na Skrilsko formacijo. Formacija se je namreč začela odlagati v obdobju od spodnjega bajocija do spodnjega bathonija. Travniška formacija je zelo heterogena in sestavljena iz rožencev, kremenastih apnencev ter sedimentov karbonatnih gravitacijskih tokov. Razdeljena je na 4 člene (slika 6).

Člen 1 je najstarejši in je različno razvit. V profilih M2 in M3 ga v bazi gradijo plastnati homogeni svetlo rjavi apneneci tipa wackestone/mudstone z roženci, ki predstavljajo sedimente "periplatform ooze" in se menjavajo z laminirani kremenasti apneneci, ki so nastajali s turbiditnimi tokovi majhne gostote. Kremenaste apnenice sestavljajo kalcitizirani radiolariji, filamenti in subhedralna zrna pirita ter kristali avtigenega kremena. Redkeje se pojavljajo tudi bolj grobe plasti turbiditov, ki jih predstavljajo srednjezrnati kalkareniti s filamenti, zrna ehinodermov, intraklasti ter glavkonitom. V srednjem delu se začnejo pojavljati bolj številni ooidni in ehinodermski kalciturbiditi, ki ponekod vsebujejo tudi številna zrna glavkonita (slika 14). Ostala zrna so filamenti, bentoške foraminifere in fragmenti fosfatnih zrn. V vrhnjem delu se menjavajo srednje zrnati kalkareniti z ooidi ter kremenasti apneneci z radiolariji.

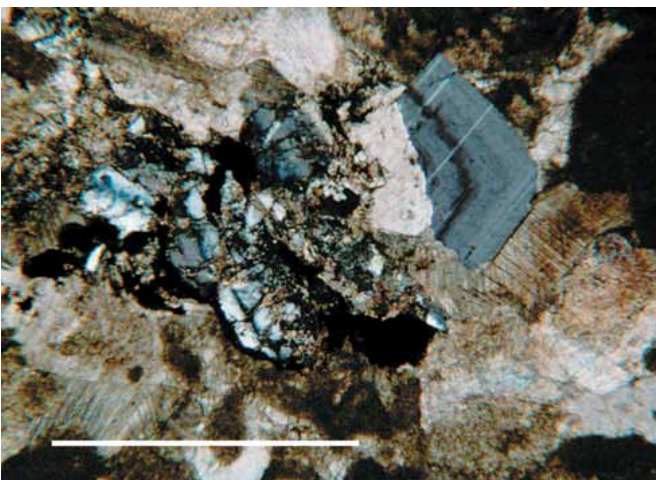




Slika 13: Skrilska formacija. Laminirani in normalno gradirani kremenasti apnenci z radiolariji. Merilo je dolgo 1 mm.



Slika 14: Travniška formacija, člen 1. Kalkareniti, zgrajeni iz odlomkov ehinodermov, glavkonitnih in fosfatnih zrn. Merilo je dolgo 1 mm.



Slika 15: Travniška formacija, člen 4. Na fotografiji zrna plagioklaza v breči. Merilo je dolgo 1 mm.

V profilu Travnik se člen 1 začne z debelim nivojem bazalnih turbiditnih breč in kalkarenitov zgornjebajocijske-spodnjebathonijske starosti. Brečo gradijo predvsem litoklasti starejših litologij, glavkonit in filamenti, odlomki ehinodermov, foraminifere, radiolariji in spikule spongij. Nekateri deli breč so popolnoma okremenjeni. Nad njimi sledijo sedimenti drobnozrnatih turbiditov majhne gostote, to so kremenasti apnenci in laminirani roženci, ki se menjavajo s homogenimi apnenci ("periplatform ooze"). V zgornjem delu člena 1 se začnejo pojavljati tudi plasti srednjezrnatih kalciturbiditov, sestavljenih predvsem iz ooidov.

Člen 2 je podobno razvit v vseh profilih. Je bathonijske starosti in ga gradijo predvsem različno debele plasti srednjezrnatih kalciturbiditov, ki jih skorajda izključno gradijo ooidi.

Člen 3 je najverjetnje zgornjebathonijske starosti. V bazi ga sestavljajo presedimentirani apnenci, značilni za proksimalne dele turbiditnih tokov. Gre za menjavanje breč in kalkarenitov, ki jih gradijo litoklasti starejših kamnin in različni bioklasti. Višje sledijo debelo do drobnozrnati kalciturbiditi, ki imajo podobno sestavo kot tisti iz člena 2, le da vsebujejo manj ooidov. Člen 3 se konča s heterogeno sestavljeno plastjo breče, ki navzgor prehaja v masivni drobnozrnati vzporedno laminirani kalkarenit z gomolji roženca. Celoten člen 3 najverjetnje predstavlja popolno zapolnitveno sekvenco erozijskega kanala.

Člen 4 je najmlajši člen Travniške formacije, starostno je uvrščen v obdobje od najvišjega bathonija do vključno spodnjega tithonija. V spodnjem delu člen 4 gradijo predvsem laminirani kremenasti apnenci in črni roženci, ki predstavljajo normalne pelagične sedimente. Ti se menjavajo z drobno do debelozrnatimi kalciturbiditi, ki jih gradijo predvsem bioklasti in peloidi. Za srednji del člena 4 so značilne plasti oranžnih "replacement" rožencev in drobnozrnati kalciturbiditi. Zgornji del člena 4 predstavljajo rdeči radiolarijski roženci in debelozrnati kalciturbiditi. V vrhnjem delu člena pa se nahaja 2,5 m debel horizont glinavcev, ki mu sledijo rdeči laporovci z radiolariji. V njih najdemo plasti debelozrnatih kalkarenitov, ki so zgrajeni izključno iz ehinodermov, in plast breče. Breča je sestavljena večinoma iz litoklastov spodaj ležečih kamnin Travniške formacije ter bioklastov. V breči se pojavljajo tudi euhedralna zrna detritičnih plagioklazov (slika 15). Plagioklazi so conarni in pripadajo bytownitu do anortitu.

### Biancone apnenci

Spodnji del biancone apnencev predstavljajo zgornjetithonijski do srednjeriasijski rdeči gomoljasti apnenci tipa mudstone do wackestone, med katerimi se pojavljajo tudi nekaj centimetrov debele plasti rožencev. Apnenci so sestavljeni iz kalpionelid, aptihov, kalcitiziranih radiolarijev in spikul spongij. V spodnjem delu člena so prisotne *Crasicollaria* sp. in *Calpionella alpina* (Lorenz), v zgornjem delu člena pa se pojavi tudi *Calpionella elliptica* (Cadisch). Rdeči gomoljasti apnenci predstavljajo normalno pelagično sedimentacijo v globljemorskem okolju pod mejo raztapljanja aragonita (ACD) in nad mejo raztapljanja kalcita (CCD).

Zgornji del biancone apnencev sestavljajo zgornjevalanginijski/ spodnjehauterivijski svetlo sivi apnenci z gomolji roženca. Plastnatost v apnencih zaradi pretrtosti ni ohranjena. Apnenci so tipa wackestone do mudstone in so sestavljeni izključno iz kalcitiziranih radiolarijev.

## SEDIMENTARNA EVOLUCIJA TRAVNIŠKE STRUKTURNE ENOTE

V kamninah Travniške strukturne enote lahko opazujemo sedimentarni razvoj ozemlja iz zgornjetriasne do spodnjegurske karbonatne platforme v spodnjegurski do spodnjekredni bazen.

### Spodnjegurska plitvodna sedimentacija in potopitev karbonatne platforme

Spodnjegurski peloidni in onkoidni apnenci predstavljajo nadaljevanje plitvodne sedimentacije iz zgornjega triasa v spodnjo juro, vsaj do konca sinemurija ali do spodnjega pliensbachija. Odlagali so se v visoko energijskem podplimskem okolju Julijske karbonatne platforme in predstavljajo peščene plitvine v robnih delih karbonatne platforme. Raznovrstnost bioklastov kaže na visoko produkcijo karbonata. V zgornjem delu se med plitvodnimi apnenci pojavljajo plasti bolj drobno zrnatih peloidnih apnencev, ki so nastajali v hidrodinamsko mirnejšem okolju. Vsebujejo bioklaste, značilne za bolj odprto okolje, kar kaže na poglobitev sedimentacijskega okolja. Poglobitev je nastala zaradi tektonske subsidence v spodnjem pliensbachiju, ki je posledica riftinga južnega kontinentalnega roba Tetide. V pliensbachiju je namreč karbonatna platforma razpadla na bloke z različnimi hitrostmi pogrezanja. Interstratificirane tanjše plasti apnencev v zgornjem delu plitvodnih apnencev označijo začetno fazo potapljanja platforme, v kateri produkcija karbonata še lahko sledi pospešenemu pogrezanju. Hitrost subsidence se je nato povečevala in zaradi večje globine je bila plitvodna produkcija karbonata prekinjena. Začeli so se odlagati apnenci Sedlske formacije, ki vsebujejo juvenilne amonite in spikule spongij, in so značilni za okolja distalnega šelfa ali šelfnega pobočja.

V zgornjem delu Sedlske formacije se znotraj apnencev pojavi horizont breč in kalkarenitov, ki so sestavljeni večinoma iz ehinodermov ter litoklastov spodaj ležečih kamnin. Med in nad brečami se nahajajo apnenci, v katerih se prvič pojavijo radiolariji, ki kažejo na dodatno poglobitev sedimentacijskega okolja. Temu je razlog nova faza tektonskega pogrezanja v zgornjem pliensbachiju, ki je potekala sočasno z evstatičnim dvigom morske gladine. Hemipelagični apnenci z radiolariji in spikulami spongij ter Fe-Mn gomolji nad brečami in kalkareniti v Sedlski formaciji kažejo, da je iz plitvodnih območij v globlje dele prihajala le najdrobnejša karbonatna frakcija. Sedimentacija je bila zelo počasna in je dosegla minimum v času nastajanja horizonta z Fe-Mn gomolji. Upočasnitev sedimentacije je posledica regionalnega znižanja morske gladine v zgornjem pliensbachiju. Prekinjen je bil donos karbonata iz plitvih delov, sočasno pa so bili podmorski tokovi močnejši. Ti so "pomotali" morsko dno, preprečevali sedimentacijo in omogočili nastanek Fe-Mn skorij (cf. Schlager, 1981; Martire, 1992, 1996; Tucker, 2001).

### Toarcijski anoksični bazen

Apnenci spodnjega dela Skrilске formacije predstavljajo ponovno vzpostavitev sedimentacije v odprtem morskem okolju. Spremembe so najverjetneje nastale zaradi slabjenja podmorskih tokov in vnosa terigenega materiala zaradi spodnjetoarcijske transgresije.

Glinavci, obogateni z organsko snovjo, predstavljajo značilen sediment globalnega oceanskega anoksičnega dogodka v spodnjem toarciju. Območje Travniške strukturne enote je v spo-

dnjem toarciju ležalo znotraj anoksičnega bazena, v katerem so se sedimentirali drobnozrnati sedimenti. Značaj sedimentov kaže, da se je sedimentacija odvijala znotraj cone minimalne vsebnosti kisika (cf. Jenkyns et al., 1991; Sabatino et al., 2009). Kremenasti apnenci med skrilavimi glinavci so se odložili s turbiditnimi tokovi nizke gostote. Apnence gradijo skorajda izključno pelagična zrna, kar kaže na presedimentacijo s pobočij znotraj bazena. Hemipelagični apnenci v vrhnjem delu Skrilске formacije kažejo na ponovno vzpostavitev oksidacijskih pogojev naorskem dnu. Vendar pa je bila hitrost sedimentacije počasna, saj apnenci vsebujejo številne bioturbacijske sledove.

### Bajocijska faza pospešenega pogrezanja in nastanek globokega bazena

V bajociju se je območje Travniške strukturne enote dodatno spustilo in postalo del globljega bazena: Bovškega jarka. Poglobitev območja je nastala zaradi pospešenega pogrezanja v bajociju, ki je bilo posledica odpiranja zahodne Tetide (termalno pogrezanje). Pogrezanje območja je povzročilo nastanek zapletene podmorske morfologije v bajociju. Dolga stratigrafska vrzel, kjer manjkajo srednjetoarcijske do bajocijske kamnine med Skrilsko in Travniško formacijo, je namreč diahrona, prav tako pa so različno razviti bazalni deli Travniške formacije (člen 1). Nadaljnji sedimentarni razvoj pa kaže, da se je podmorski relief postopoma izravnal in v bathoniju opazujemo na vseh profilih enake debeline plasti oolitnih resedimentov člena 2. Vrzel predstavlja srednje-kimerijsko diskordanco, ki je bila ugotovljena v večini evropskih bazenskih obrobij in na podmorskih platojih (Jacquin & Graciansky, 1998; Jacquin et al., 1998).

Travniško strukturno enoto v splošnem gradijo srednje in zgornjegurski sedimenti dveh različnih genetskih tipov. Roženci, kremenasti apnenci in glinavci predstavljajo normalno pelagično bazensko sedimentacijo. Apnenci, ki so nastali z različnimi gravitacijskimi tokovi, pa predstavljajo presedimentiran material s plitvodnih območij (najverjetneje Dinarske karbonatne platforme) v bazen. Pelagični sedimenti poleg planktonskih organizmov in bentosnih organizmov odprtega morja vsebujejo tudi različne količine karbonatne mikritne osnove. Planktonski organizmi, ki so gradili svoje skelete iz kalcita, so bili v srednji juri še zelo redki, tako da je bila večina karbonatnega mulja transportirana iz plitvodnih območij (Mattioli & Pittet, 2002; Pittet & Mattioli, 2002).

Sestava, pogostnost ter raznovrstnost karbonatnih gravitacijskih tokov v srednji in zgornji juri kažejo na spremembe v produkciji karbonata na Dinarski karbonatni platformi ter na nihanje morske gladine. Splošen trend, ki ga opazujemo v karbonatnih resedimentih v srednji in zgornji juri, kaže na relativno večanje oddaljenosti sedimentacijskega bazena od izvornega področja ("distalizacija") od zgornjega bathonija do callovija/oxfordija. Na to kažejo tanjšanje plasti in manjšanje velikosti zrn v karbonatnih resedimentih. V oxfordiju opazujemo relativno manjšanje oddaljenosti sedimentacijskega bazena od izvornega področja ("proksimalizacija"), ki jo označijo večje debeline plasti in večanje velikosti zrn v resedimentih. Spremembe odgovarjajo transgresivno-regresivnemu ciklu drugega reda v srednji in zgornji juri. V Travniški formaciji pa lahko opazujemo tudi cikle višjega, to je tretjega reda. Apnenci tipa wackestone v členu 1 predstavljajo "periplatform ooze" sedimente. Njihov nastanek je povezan s transgresijo v bajociju, ki povzroči povečan vnos karbonatnega mulja iz lagunskih delov karbonatne

platforme. Zelo debele plasti oolitnih apnencev člena 2 odgovarjajo obdobju največje oolitne produkcije na platformi v bathoniju. V stratigrafsko mlajših presedimentiranih apnencih pa že opazujemo postopno povečevanje vsebnosti ehinodermov ter postopno zmanjševanje količine ooidov. Člen 3 se začne z sekvencami debelozrnatih breč, na katere erozijsko nalegajo drobnozrnati apnenci. Ostra sprememba velikosti zrn kaže na to, da je večji del gravitacijskega toka zdrvel v globlje dele bazena. Ohranjeni sedimenti tako predstavljajo le njegovo glavo in rep. Sekvence predstavljajo najbolj proksimalne faciese v Travnški formaciji in sovpadajo z zgornjebathonijsko regesijo. Posebno pozornost zaslužijo breče v zgornjem delu člena 4, saj so sestavljene iz erodiranih klastov starejših kamnin, vsebujejo pa tudi conarne plagioklaze bytownita in anortita. Izvor plagioklazov zaenkrat še ni znan. Mogoče je, da prihajajo zrna conarnih plagioklazov iz notranjih con Dinaridov ali iz Severnih Apneniških Alp, ki pa v Sloveniji danes niso ohranjene.

### Karbonatna pelagična sedimentacija

V okviru Travnške strukturne enote opazujemo na meji spodnji/zgornji tithonij spremembo v sedimentaciji. Značilne kremenaste pelagične kamnine prehajajo v pelagične apnence (rdeči gomoljasti apnenci biancone facies). Relativno ostra faciesna sprememba iz rdečih rožencev v apnence tipa biancone je prav tako ugotovljena v Slovenskem bazenu (Cousin, 1981; Buser, 1986, 1987) in v drugih bazenih v Južnih Alpah, Apeninih in Dinaridih.

### DATACIJE Z RADIOLARIJI

V Skrilski in Travnški formaciji ter v formaciji Scaglia variegata smo našli razmeroma lepo ohranjene radiolarije, s katerimi smo določili starost plasti. Položaj radiolarijskih vzorcev na profilih je označen na slikah 6 in 7. Značilni radiolariji so prikazani na slikah 16 do 19. Popoln seznam vrst je objavljen v naslednjih člankih: Goričan et al. (2003), Goričan & Šmuc (2004) in Šmuc & Goričan (2005).

### Travnška strukturna enota, Skrilska formacija - spodnja jura (toarcij) (slika 16)

V temno sivih kremenastih apnencih na sedlu med Rateškim Malim Mangartom in Travnikom smo določljive radiolarije izolirali iz sedmih vzorcev (slika 6). Združba je v vseh vzorcih podobna, vendar v spodnjem delu profila vsebuje več različnih vrst kot v višje ležečih plasteh. Skupno je bilo določenih 52 vrst, ki pripadajo 20 rodovom spumelarijev in 17 rodovom naselarijev. Na podlagi prej objavljenih radiolarijskih conacij smo pred leti (Goričan et al., 2003) določili spodnji toarcij v prvih 10 metrih profila, za višji del profila pa smo domnevali, da morda sega v srednji toarcij. Drugih stratigrafsko pomembnih fosilov v profilu nismo našli. Novejši podatki izotopskih analiz ogljika so pokazali, da se je celotna Skrilska formacija na tem profilu odložila v času spodnjega toarcija (Sabatino et al., 2009). Ta datacija je bila potrjena tudi z najnovejšo radiolarijsko conacijo (Carter et al., v tisku), po kateri je vseh sedem vzorcev uvrščenih v spodnjetoarcijsko cono *Napora relicha* - *Eucyrtidiellum disparile*. V vzorcih Skrilске formacije sta bili najdeni obe nominalni vrsti (slika 16 - 14, 15, 17) in več drugih vrst, značilnih za to cono.

Lokalitete z lepo ohranjenimi spodnjetoarcijskimi radiolariji so v svetu redke. Podobno raznovrstne združbe kot na Mangartu so bile

najprej znane samo v Oregonu (Yeh, 1987) in na Japonskem (Yao, 1997). Pozneje so primerljive radiolarijske združbe odkrili tudi v Omanu (Blechs Schmidt et al., 2004).

Da bi ugotovili primarno sestavo združb, smo izvedli še kvantitativne analize. Spumelariji v vseh analiziranih vzorcih po pogostnosti prevladujejo nad naselariji, kar je značilno za radiolarijske združbe srednjih globin. Še posebej izstopajo spumelariji s spužvasto lupino (35% do 54% vseh primerkov v združbi) in med njimi predvsem primerki rodu *Orbiculiformella* (do 28%). Podobna taksonomska struktura je bila ugotovljena v zgornjebathonijskih združbah na Antarktiki v sedimentih bazenov, osiromašenih s kisikom (Kießling, 1999). Sklepamo lahko, da so spužvasti spumelariji živeli v zgornjem delu vodnega stolpca (nad cono z minimalno vsebnostjo kisika), po drugi strani pa so bili relativno neodvisni od temperature (geografske širine). Zanimivo je tudi, da se pogostnost primerkov družine Pantaneliidae v preiskanem profilu na Mangartu izrazito spreminja (od 0,2 % do 12 %). O vzrokih za relativno pogostnost pantanelid so mnenja zaenkrat deljena, njihov delež naj bi bil večji v nizkih geografskih širinah ali na območjih s povišano produktivnostjo. Glede na rezultate raziskav na Mangartu je druga interpretacija bolj verjetna, pantanelide so bile najbrž skupina, ki je dobro uspevala na območjih s povečano koncentracijo hranljivih snovi. V dveh vzorcih na bazi profila (MM 5.00 in MM 5.10) so poleg radiolarijev pogoste spongijske spikule (do 30% favne), med njimi tudi večje tetraksone spikule in dezme, medtem ko smo v višje ležečih vzorcih našli samo zelo redke monaksone spikule. V teh dveh vzorcih med radiolariji prevladujejo velike sferične oblike. V sestavi vzorcev na bazi profila se torej jasno odraža turbiditen značaj sedimenta. Večja vsebnost velikih sferičnih oblik je v največji meri posledica sortiranja zaradi tokov in se verjetno ne ujema z deležem v prvotni tanatocenozi.

### Travnška strukturna enota, Travnška formacija - srednja in zgornja jura (sliki 17, 18)

V tej formaciji smo določljive radiolarije našli v tankih plasteh mikrita z roženci in v radiolarijskih rožencih med karbonatnimi turbiditi. Pozitivni vzorci so razmeroma redki, v celotni formaciji smo datirali sedem vzorcev (slika 6). V vseh vzorcih je naselarijev precej več kot spumelarijev. Za datacije smo uporabili conacijo Baumgartnerja in sodelavcev (1995), ki so z metodo unitarnih asociacij (UA) interval od aalenija do aptija razdelili na 22 con (UAZ).

Srednji juri pripadajo vzorci v prvem, drugem, tretjem in v spodnjem delu četrtega člena Travnške formacije. Vzorec MM 30.60 na bazi formacije je temno siv laminiran roženec. V vzorcu so pogoste tudi velike spongijske spikule. Stratigrafsko pomembne vrste so *Eucyrtidiellum semifactum* Nagai & Mizutani, *Unuma latusicostatus* (Aita) in *Unuma darnoensis* Kozur. Radiolarijska združba ustreza coni UAZ 5 (najvišji bajocij do spodnji bathonij). Z radiolariji smo na referenčnem profilu Travnške strukturne enote torej ugotovili, da je med Skrilsko in Travnško formacijo precejšnja stratigrafska vrzel, ki obsega srednji in zgornji toarcij, aalenij in skoraj ves bajocij.

Vzorec M8 38.40 je črn apnec z rožencem, vsebuje slabo ohranjene radiolarije in redke tetraksone in monaksone spongijske spikule. Z vrstami *Semihsuum amabile* (Aita), *Ristola altissima major* Baumgartner & De Wever in *Praewilliriedellum robustum* (Matsuo-

ka) smo vzorec uvrstili v relativno dolg interval treh con, od UAZ 5 do UAZ 7 (najvišji bajocij do callovij). Vzorec M8 33.30 je laminiran siv apnenec s črnim rožencem, vsebuje slabo ohranjene radiolarije in redke spongijske spikule. Uvrščen je v UAZ 6 do UAZ 7 (srednji bathonij do callovij) na podlagi vrst *Plicaforacapsa catenarium* (Matsuoka), *Kilinora? oblongula* (Kocher) in več drugih vrst, ki se zadnjič pojavijo v coni UAZ 7. Vzorec M8 21.90 je siv apnenec z majhnimi gomolji črnega roženca. Radiolariji so srednje dobro ohranjeni in bolj raznovrstni kot v drugih srednejurskih vzorcih. Monaksone in tetraksone spikule so dokaj številne. Stratigrafsko najpomembnejša radiolarijska vrsta je *Kilinora spiralis* (Matsuoka), ki ima razpon omejen na coni UAZ 6 in UAZ 7. Vzorec vsebuje še več drugih vrst, ki ne segajo višje od cone UAZ 7. Ker sta ta in prejšnji vzorec uvrščena v isti interval od UAZ 6 do UAZ 7, je verjetno, da višje ležeči vzorec M8 21.90 pripada vrhnjemu delu tega intervala, gotovo pa ni mlajši od callovija.

V zgornjo juro je uvrščen zgornji del četrtega člena Travnjske formacije. Vzorec M8 14.30 je vijolično rdeč plastovit roženec. Radiolariji so srednje dobro ohranjeni, spongijske spikule so pogoste in precej velike. Starost je določena z vrstama *Archaeodictyomitra minoensis* (Mizutani) in *Palinandromeda podbielensis* (Ožvoldova), ki se skupaj pojavljata v coni UAZ 9 (srednji - zgornji oxfordij). Vzorec M8 10.90 je rdeč laminiran roženec, ki vsebuje nekaj karbonata in gline. Radiolariji so številni, dobro ohranjeni in raznovrstni. Spongijske spikule so redke. Radiolarijska združba je podobna kot v prejšnjem vzorcu. Vzorec M8 6.80 je rdeč lapor. Spongijske spikule so relativno velike in jih je več kot radiolarijev. Radiolarijska združba je dobro ohranjena, vendar je diverziteteta zelo nizka. Prevladujejo naselariji z ugreznjenim cefalisom ali toraksom. Taka sestava radiolarijskih združb in povečana abundanca večjih spongijskih spikul sta značilni za relativno proksimalne pelagične faciese. Starosti zaradi nizke diverzitetete nismo mogli natančno določiti. Po stratigrafski razširjenosti vrste *Dicerosaturnalis angustus* (Baumgartner) sklepamo, da vzorec M8 6.80 ni mlajši od cone UAZ 10 (najvišji oxfordij - kimmeridij).

### Mangartska strukturna enota, formacija Scaglia variegata - spodnja kreda (albij) (slika 19)

Formacija Scaglia variegata je lepo odkrita ob markirani Slovenski poti blizu vrha Mangarta. Vzorec mikritnega apnenca 4 m nad bazo profila (slika 7) je vseboval raznoliko radiolarijsko združbo, v kateri smo določili 11 spumelarijskih in 19 naselarijskih vrst. Za določitev starosti smo uporabili conacijo, ki jo je izdelal O'Dogherty (1994), ker ima med objavljenimi radiolarijskimi conacijami za to obdobje najboljšo ločljivost in upošteva največje število vrst. Po podatkih o razširjenosti posameznih vrst lahko ugotovimo, da združba z Mangarta vsebuje vrste, ki naj bi izumrle na koncu aptija (npr. *Dicroa periosa* Foreman in *Dicerosaturnalis trizonalis* (Rüst)), in hkrati vrste, ki naj bi se prvič pojavile v zgornjem delu srednjega albija (npr. *Xitus spineus* Pessagno, *Napora durhami* (Pessagno), *Vitorfus campbelli* Pessagno in *Vitorfus brustolensis* (Squinabol)). Ker vmesni interval v O'Doghertyjevi conaciji ni registriran, je najbolj verjetno, da »mešana« združba ustreza prav manjkajočemu intervalu, to je spodnjemu albiju ali spodnjemu delu srednjega albija. V lapornem apnencu približno 15 m nad radiolarijskim vzorcem smo našli globotruncanide z enojnim grebenom, ki se prvič pojavijo v coni *Rotalipora subticinensis*, to je v zgornjem delu srednjega albija (Caron, 1985). Preučeni profil torej obsega spodnji in srednji albij.

## ZAKLJUČKI

Območje Julijskih Alp je v juri pripadalo južnemu kontinentalnemu robu Tetide. Zaradi riftinga so tu vladale ekstenzijske razmere. Naše raziskave so pokazale, da območje Julijskih Alp v spodnji do zgornji juri ni predstavljalo enotnega sedimentacijskega prostora izolirane podmorske planote, pač pa je bilo razrezano na manjše bloke, ki so se pogrezali z različno hitrostjo. Nekateri od teh blokov so postali prave izolirane podmorske planote, medtem ko so drugi postali del globljih bazenov, v katerih je v glavnem potekala globokovodna sedimentacija, občasno pa je bil v bazene prinešen material tudi iz sosednjih plitvovodnih območij.

Jursko-kredna zaporedja v Julijskih Alpah tako odražajo vpliv natezne tektonike zaradi riftinga v zahodni Tetidi, evstatična nihanja morske gladine in regionalne paleoceanografske spremembe. Glavne faze v jurskem in krednem razvoju Julijskih Alp so naslednje:

1. Na območju Julijskih Alp se je plitvovodna sedimentacija nadaljevala iz zgornjega triasa še v spodnjo juro. Plitvovodne kamnine so nastajale na karbonatni platformi z razgibanimi hidrodinamskimi pogoji. Sestavljale so jo plimske ravnice, zaprte lagune, visokoenergijske peščene plitvine in redkeje tudi manjši kopasti grebeni.

2. V spodnjem pliensbachiju je bila plitvovodna sedimentacija zaradi pospešene faze tektonskega pogrezanja prekinjena. Platforma v tem času razpade na manjše bloke z različno hitrostjo pogrezanja. Na globlje pogreznjenih blokih (Travnjska strukturna enota) je potekala globljevodna sedimentacija na distalnem šelfu. Na relativno manj pogreznjenih območjih (Mangartska strukturna enota) pa ni prihajalo do sedimentacije, ker so bila območja dvignjena na kopno ali pod vplivom močnih morskih tokov, ki so preprečevali usedanje. Pliensbachijska tektonska faza je regionalna in ugotovljena na celotnem pasivnem robu Tetide.

3. Regresija na meji pliensbachij/toarcij je v globlje spuščenihih blokih ustvarila pogoje za nastanek horizonta z Fe-Mn gomolji.

4. V toarciju postanejo globlje spuščeni bloki del anoksičnega bazena, v katerem nastajajo črni glinavci, ki so značilen sediment anoksičnega okolja in sovpadajo z globalnim anoksičnim dogodkom v tem času.

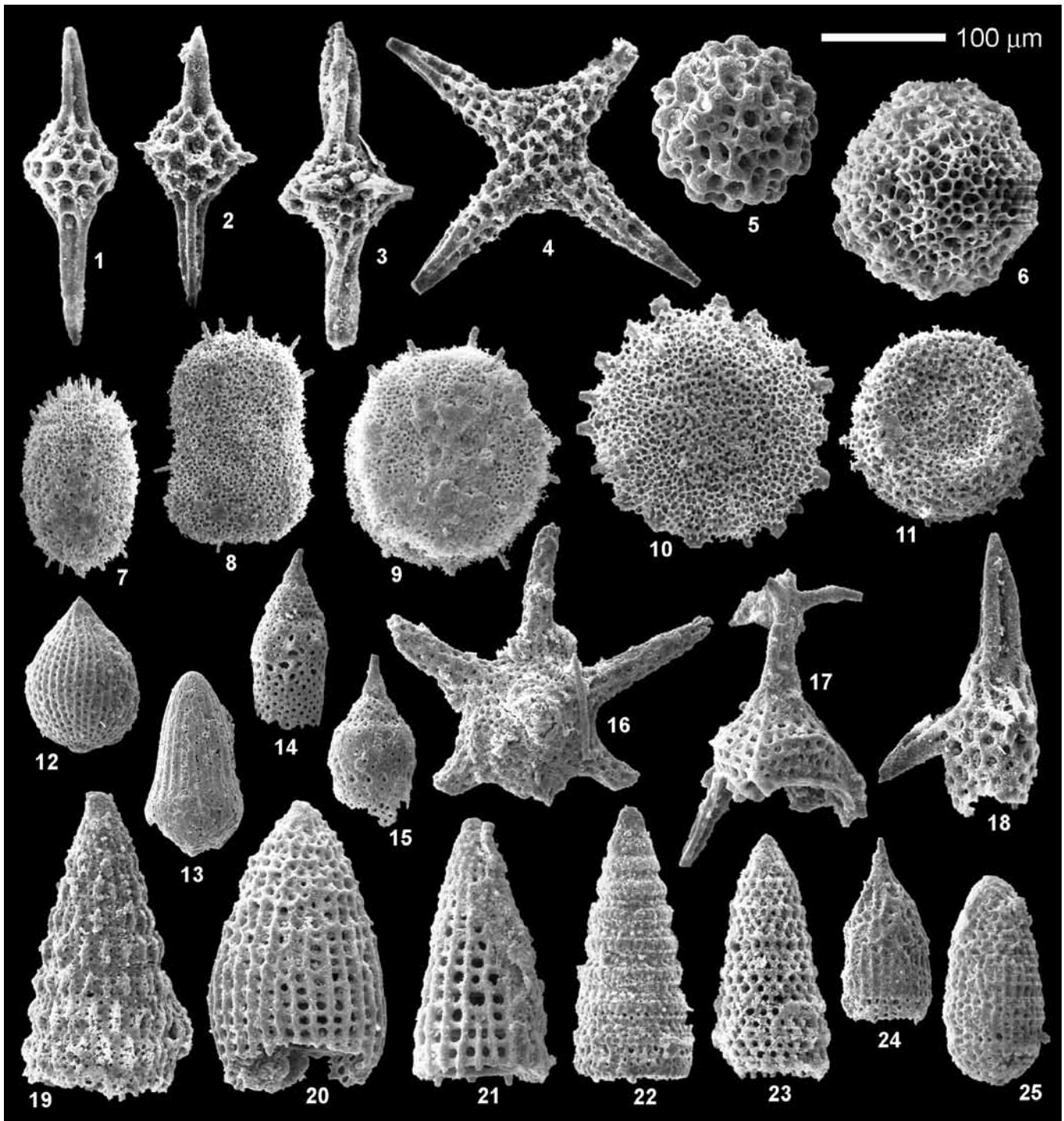
5. Pospešena faza subsidence v bajociju povzroči dodatno pogrezanje ozemlja Julijskih Alp. Območje Travnjske strukturne enote postane del Bovškega jarka, ki je neposredno povezan z Dinarsko karbonatno platformo, s katere prihajajo karbonatni turbiditi. Območje Mangartske strukturne enote pa postane del izolirane podmorske planote.

6. Regresija v zgornjem bathoniju v bazenu povzroči nastanek breč, ki predstavljajo najbolj proksimalen bazenski facies.

7. Nova tektonska faza v kimmeridiju povzroči nastanek breč, ki vsebujejo detritična zrna plagioklazov. Tektonska faza sovпада z začetkom kompresivnega režima v notranjih conah Dinaridov ter z zgornjejurskim narivanjem v Severnih Apneniških Alpah.

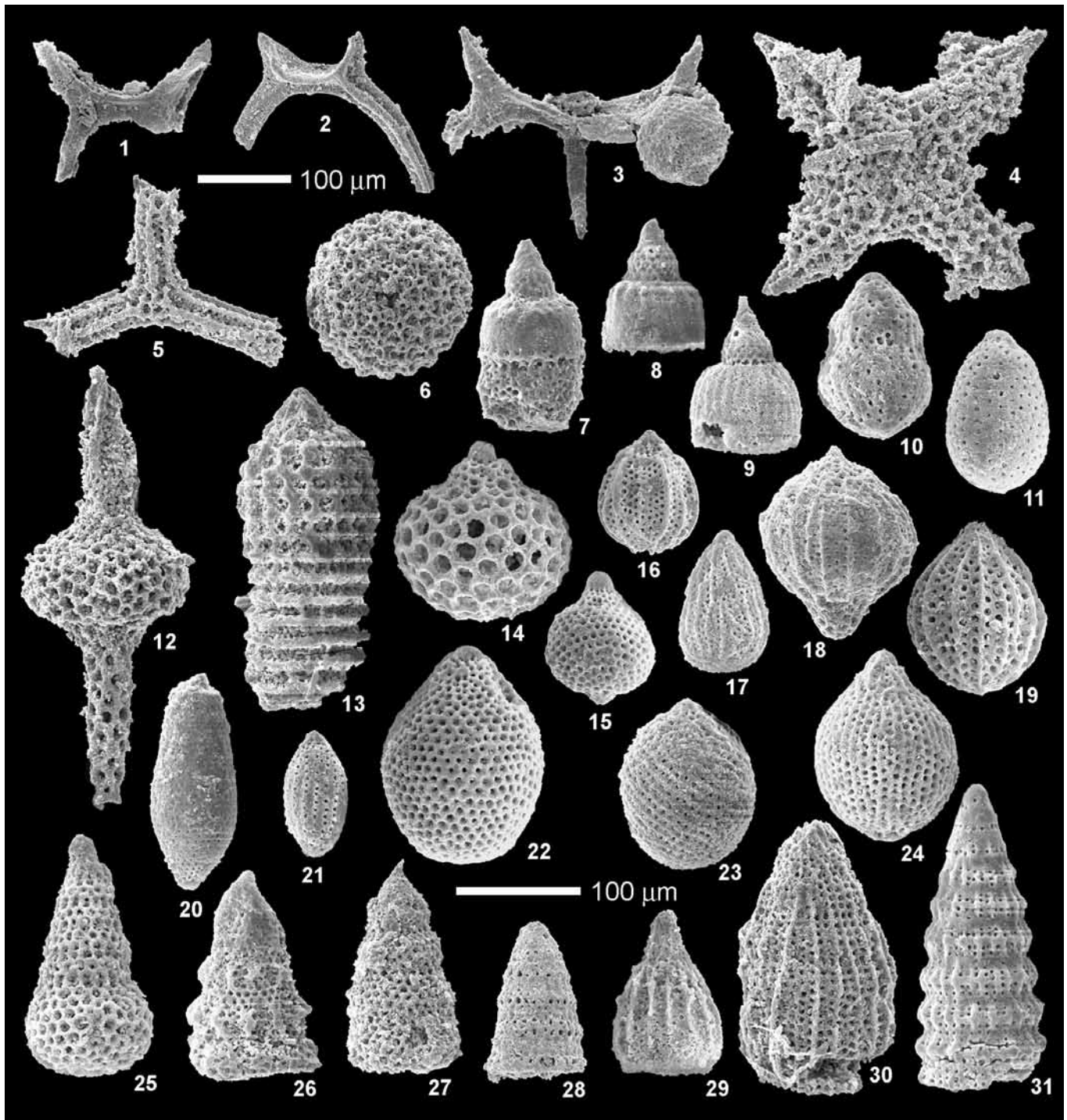
8. Na meji spodnji/zgornji tithonij se tako v globljih bazenih kakor tudi na podmorski planoti začnejo sedimentirati apnenci tipa biancone. Ta faciesna sprememba je regionalna in prisotna v vseh bazenih zahodne Tetide.

9. Tektonska faza v spodnji kredi je povzročila ponovno tektonsko reorganizacijo sedimentacijskega prostora in začetek sedimentacije globljevodnih kamnin na celotnem območju Julijskih Alp.



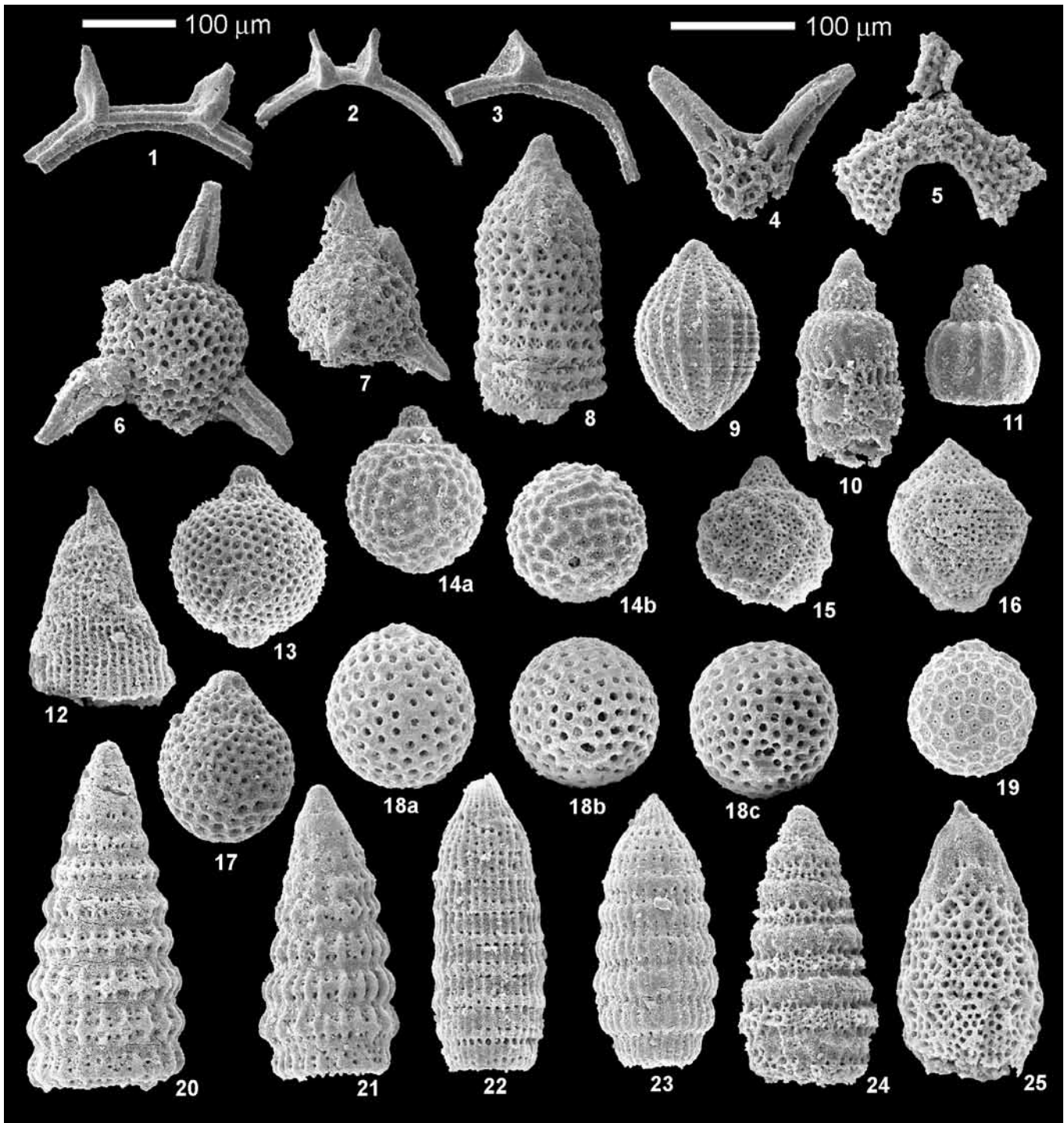
Slika 16: Toarcijski radiolariji Skriljske formacije. Pri vsakem primerku je navedena številka vzorca. Vse povečave 200x.

- 1: *Trillus elkhornensis* Pessagno & Blome, MM 6.76. 2: *Zartus mostleri* Pessagno & Blome, MM 6.76. 3: *Zartus stellatus* Goričan & Matsuoka, MM 6.76. 4: *Pseudocrucella* sp. C sensu Carter, MM 6.76. 5: *Praeconocaryomma decora* Yeh gr., MM 6.76. 6: *Praeconocaryomma bajaensis* Whalen, MM 5.00. 7: *Bistarkum mangartense* Goričan, Šmuc & Baumgartner, MM 21.70. 8: *Bistarkum phantomense* (Carter), MM 21.70. 9: *Orbiculiformella incognita* (Blome), MM 21.70. 10: *Orbiculiformella teres* (Hull), MM 11.76. 11: *Orbiculiformella callosa* (Yeh), MM 21.70. 12: *Helvetocapsa plicata* (Matsuoka), MM 6.76. 13: *Plicaforacapsa elegans* (Matsuoka), MM 6.76. 14, 15: *Eucyrtidium disparile* Nagai & Mizutani, MM 6.76. 16: *Citriduma hexaptera* (Conti & Marcucci), MM 6.76. 17: *Napora relicca* Yeh, MM 6.76. 18: *Anaticapitula anatifomis* (De Wever), MM 5.00. 19: *Hsuuum lucidum* Yeh, MM 27.20. 20: *Parahsuuum izeense* (Pessagno & Whalen), MM 5.00. 21: *Parahsuuum mostleri* (Yeh), MM 21.70. 22: *Canoptum rugosum* Pessagno & Poisson, MM 6.76. 23: *Praeparvicingula tlellensis* Carter, MM 27.20. 24: *Parahsuuum longiconicum* Sashida, MM 6.76. 25: *Bagotum modestum* Pessagno & Whalen, MM 6.76.



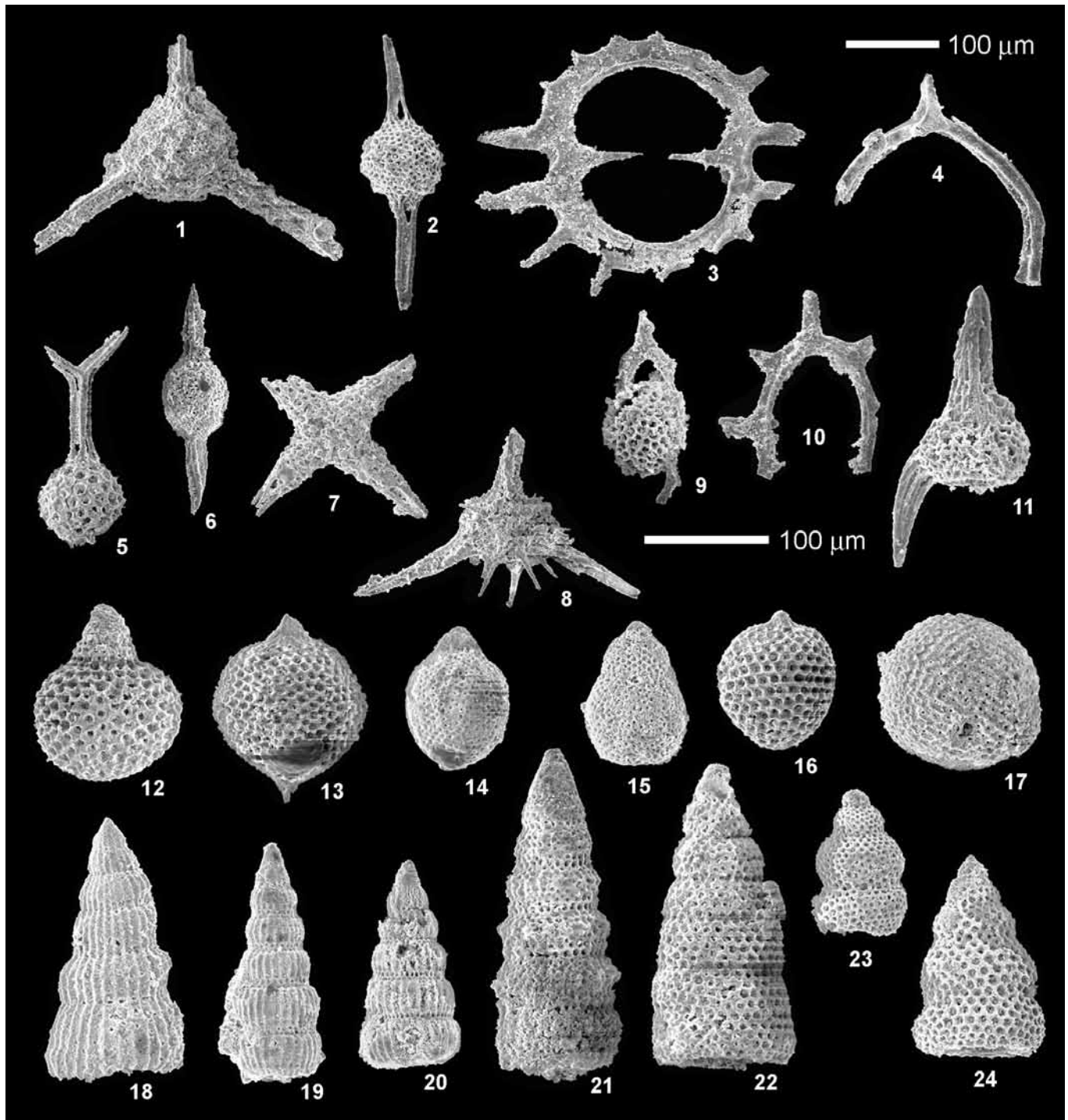
Slika 17. Srednjejurski radiolariji Travniške formacije. Pri vsakem primerku je navedena številka vzorca. Povečave: 1 – 6, 12, 13 = 150x (zgornje merilo); 7 – 11, 14 – 31 = 200x (spodnje merilo).

1: *Hexasaturnalis suboblongus* (Yao), MM 30.60. 2: *Hexasaturnalis nakasekoi* Dumitrica & Dumitrica-Jud, M8 21.90. 3: *Hexasaturnalis* cf. *tetraspinus* (Yao), MM 30.60. 4: *Higumastra imbricata* (Ožvoldova), M8 21.90. 5: *Tritrabs casmaliaensis* (Pessagno), M8 21.90. 6: *Levilleugeo ordinarius* Yang & Wang, M8 21.90. 7: *Eucyrtidiellum pustulatum* Baumgartner, M8 33.30. 8: *Eucyrtidiellum semifactum* Nagai & Mizutani, M8 33.30. 9: *Eucyrtidiellum ptyctum* (Riedel & Sanfilippo), M8 21.90. 10: *Theocapsommella medvednicensis* (Goričan), M8 33.30. 11: *Gongylothorax ponticus* Bragin & Tekin, M8 21.90. 12: *Spinoscapsa rosea* (Hull), M8 21.90. 13: *Ristola altissima major* Baumgartner & De Wever, M8 38.40. 14: *Zhamoidellum ventricosum* Dumitrica, M8 21.90. 15: *Williriedellum marcucciae* Cortese, M8 33.30. 16: *Unuma gordus* Hull, M8 33.30. 17: *Protunuma?* aff. *lanosus* Ožvoldova, M8 21.90. 18: *Unuma darnoensis* Kozur, MM 30.60. 19: *Protunuma?* *ochiensis* Matsuoka, M8 33.30. 20: *Guexella nudata* (Kocher), M8 33.30. 21: *Plicaforacapsa catenarum* (Matsuoka), M8 33.30. 22: *Praewilliriedellum robustum* (Matsuoka), M8 21.90. 23: *Kilinora spiralis* (Matsuoka), M8 21.90. 24: *Striatojaponocapsa conexa* (Matsuoka), M8 33.30. 25: *Pseudoristola tsunoensis* (Aita), M8 21.90. 26: *Xitus skenderbegi* (Chiari, Marcucci & Prela), M8 38.40. 27: *Stichomitra?* *tairai* Aita, M8 21.90. 28: *Dictyomitrella?* *kamoensis* Mizutani & Kido, MM 30.60. 29: *Semihsuum amabile* Aita, M8 33.30. 30: *Hsuum rutogense* Yang & Wang, M8 21.90. 31: *Transhsuum brevicostatum* (Ožvoldova) gr., M8 33.30.



Slika 18. Zgornjejurski radiolariji Travnške formacije. Pri vsakem primerku je navedena številka vzorca. Povečave: 1 – 3, 6 – 8 = 150x (levo merilo); 4 – 5, 9 – 25 = 200x (desno merilo).

1, 2: *Hexasaturnalis minor* (Baumgartner), 1: M8 10.90, 2: M8 6.80. 3: *Dicerosaturnalis angustus* (Baumgartner), M8 6.80. 4: *Bernoullius dicera* (Baumgartner), M8 10.90. 5: *Deviatus diamphidius* (Foreman) s.l., M8 10.90. 6: *Triactoma blakei* (Pessagno), M8 10.90. 7: *Fultacapsa sphaerica* (Ožvoldova), M8 6.80. 8: *Ristola altissima altissima* (Rüst), M8 10.90. 9: *Protunuma japonicus* Matsuoka & Yao, M8 14.30. 10: *Eucyrtidiellum pustulatum* Baumgartner, M8 14.30. 11: *Eucyrtidiellum ptyctum* (Riedel & Sanfilippo), M8 10.90. 12: *Parahsuum carpathicum* Widz & De Wever, M8 10.90. 13: *Williriedellum carpathicum* Dumitrica, M8 14.30. 14a, b: *Williriedellum yaoi* (Kozur), M8 14.30. 15: *Williriedellum yahazuense* (Aita), M8 14.30. 16: *Williriedellum crystallinum* Dumitrica, M8 14.30. 17: *Zhamoidellum ovum* Dumitrica, M8 10.90. 18a, b, c: *Gongylothorax* sp. A, M8 6.80. 19: *Gongylothorax favosus* Dumitrica, M8 10.90. 20, 21: *Transhsuum brevicostatum* (Ožvoldova) gr., M8 10.90. 22: *Archaeodictyomitra apiarium* (Rüst), M8 14.30. 23: *Archaeodictyomitra minoensis* (Mizutani), M8 10.90. 24: *Cinguloturris carpatica* Dumitrica, M8 14.30. 25: *Xitus* sp., M8 14.30.



Slika 19. Albijski radiolariji formacije Scaglia variegata. Vsi primerki so iz vzorca SL 5 s profila pod vrhom Mangarta. Povečave: 1 – 8 = 150x (zgornje merilo); 9 – 24 = 200x (spodnje merilo).

1: *Acastea* cf. *diaphorogona* (Foreman). 2: *Acaeniotyle* cf. *umbilicata* (Rüst). 3: *Acanthocircus venetus* (Squinabol). 4: *Dicerosaturnalis trizonalis* (Rüst). 5: *Dicroa periosa* Foreman. 6: *Archaeospongoprunum* sp. 7: *Crucella euganea* (Squinabol). 8: *Becus horridus* (Squinabol). 9: *Vitorfus brustolensis* (Squinabol). 10: *Vitorfus campbelli* Pessagno. 11: *Napora durhami* (Pessagno). 12: *Hiscocapsa asseni* (Tan). 13: *Dorypyle?* *communis* (Squinabol). 14: *Turbocapsula costata* (Wu). 15: *Diacanthocapsa* sp. 16: *Cryptamphorella conara* (Foreman). 17: *Holocryptocanium barbui* Dumitrica. 18: *Archaeodictyomitra montisserei* (Squinabol). 19, 20: *Pseudodictyomitra lodogaensis* Pessagno. 21: *Xitus spineus* Pessagno. 22: *Stichomitra?* *communis* Squinabol. 23, 24: *Stichomitra?* *japonica* (Nakaseko & Nishimura).



## POSTANKI NA EKSURZIJI

Ob cesti na Mangartsko sedlo. Neptunski dajki in globotrunkanski apnenci Mangartske strukturne enote.

Vzpon na sedlo med Rateškim Malim Mangartom in Travnikom. Referenčni profil Travnške strukturne enote.

## LITERATURA

- Babić L. (1981) - The origin of »Krn Breccia« and the role of the Krn area in the Upper Triassic and Jurassic history of the Julian Alps. *Vesnik Zavoda za geološka i geofizička istraživanja*, ser. A *Geologija* 38/39:59-87.
- Baumgartner P.O., Bartolini A., Carter E.S., Conti M., Cortese G., Danelian T., De Wever P., Dumitrica P., Dumitrica-Jud R., Goričan Š., Guex J., Hull D.M., Kito N., Marcucci M., Matsuoka A., Murchey B., O'Dogherty L., Savary J., Vishnevskaya V., Widz D. & Yao A. (1995). - Middle Jurassic to Early Cretaceous radiolarian biochronology of Tethys based on Unitary Associations. - In: Baumgartner P.O., O'Dogherty L., Goričan Š., Urquhart E., Pilleuit A., De Wever P. (Eds.), *Middle Jurassic to Lower Cretaceous Radiolaria of Tethys: Occurrences, Systematics, Biochronology*. *Mémoires de Géologie (Lausanne)* 23: 1013-1038.
- Bleischmidt I., Dumitrica P., Matter A., Krystyn L. & Peters T. 2004. Stratigraphic architecture of the northern Oman continental margin - Mesozoic Hamrat Duru Group, Hawasina complex, Oman. *GeoArabia* 9(2): 81-132.
- Buser S. (1986) - Osnovna geološka karta SFRJ 1: 100 000 list Tolmin in Videm. *Zvezni geol. Zavod Beograd*, Beograd.
- Buser S. (1987) - Tolmač k Osnovni geoloski karti SFRJ 1: 100 000 lista Tolmin in Videm. *Zvezni geol. Zavod Beograd*, 103 str. Beograd.
- Buser S. (1989) - Development of the Dinaric and the Julian Carbonate Platforms and of the intermediate Slovenian Basins (NW Yugoslavia). *Mem. Soc. Geol. Ital.*, 40: 313-320.
- Buser S. (1996) - Geology of western Slovenia and its paleogeographic evolution. In: Drobne K., Goričan Š. & Kotnik B. (eds.) - *The role of Impact Processes in the Geological and Biological Evolution of Planet Earth*. International workshop, ZRC SAZU: 111-123.
- Caron M. (1985) - Cretaceous planktonic foraminifera. In: Bolli H.M., Saunders J.B. & Perch-Nielsen K. (Eds.): *Plankton Stratigraphy*. Cambridge University Press (Cambridge): 17-86.
- Caron M. & Cousin M. (1972) - Le sillon slovène: les formations terrigènes crétacées des unités externes au Nord-Est de Tolmin (Slovénie occidentale). *Bull. Soc. Géol. France*, 14 (7): 34-45.
- Carter E.S., Goričan Š., Guex J., O'Dogherty L., De Wever P., Dumitrica P., Hori R.S., Matsuoka A. & Whalen P.A. (v tisku) - Global radiolarian zonation for the Pliensbachian, Toarcian and Aalenian. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*.
- Cousin M. (1981) - Les rapports Alpes-Dinarides. Les confins de l'Italie et de la Yougoslavie. *Société Géologique du Nord*, Publ. No 5, Vol. 1 521 pp., Vol.2 - Annexe 521 pp.
- Črne A. E., Šmuc A. & Skaberne D. (2007) - Jurassic neptunian dikes at Mt Mangart (Julian Alps, NW Slovenia). *Facies*, 53: 249-265.
- Goričan Š., Šmuc A. & Baumgartner P. (2003) - Toarcian Radiolaria from Mt. Mangart (Slovenian-Italian border) and their paleoecological implications. *Marine Micropaleontology*, 49/3: 275-301.
- Goričan Š. & Šmuc A. (2004) - Albian Radiolaria and Cretaceous stratigraphy of Mt. Mangart (western Slovenia). *Razprave 4. razreda SAZU* 45(3): 29-49.
- Jacquin T. & Graciansky P. (1998) - Major transgressive/regressive cycles: the stratigraphic signature of European basin development. In: Graciansky P., Hardenbol J., Jacquin T. & Vail P.R. (eds.) - *Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins*, SEPM Special Publication, 60: 15-29.
- Jacquin T., Dardeau G., Durllet C., Graciansky P. & Hantzpergue P. (1998) - The North Sea Cycle: An Overview of 2nd-order Transgressive/Regressive Facies Cycles in Western Europe. In: Graciansky P., Hardenbol J., Jacquin T. & Vail P.R. (eds.) - *Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins*, SEPM Special Publication, 60: 445-466.
- Jenkyns H.C. (1988) - The Early Toarcian (Jurassic) Anoxic Event: Stratigraphic, Sedimentary and Geochemical Evidence. *American Journal of Science*, 288: 101-151.
- Jenkyns H.C., Gèzy B. & Marshall J.D. (1991) - Jurassic manganese carbonates of Central Europe and the Early Toarcian Anoxic Event. *The Journal of Geology*, 99/2: 137-149.
- Jurkovešek B., Šribar L., Ogorelec B. & Jurkovešek T. (1990) - Pelagične jurske in kredne plasti v zahodnem delu Julijskih Alp. *Geologija*, 31/32 (1988/1989): 285-328.
- Kiessling W. (1999) - Late Jurassic Radiolarians from the Antarctic Peninsula. *Micropaleontology* 45, Supplement 1: 1-96.
- Martire L. (1992) - Sequence stratigraphy and condensed pelagic sediments. An example from the Rosso Ammonitico Veronese, northeastern Italy. *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, 94: 169-191.
- Martire L. (1996) - Stratigraphy, Facies and Synsedimentary Tectonics in the Jurassic Rosso Ammonitico Veronese (Altopiano di Asiago, NE Italy). *Facies*, 35: 209-236.
- Mattioli E. & Pittet B. (2002) - Contribution of calcareous nannoplankton to carbonate deposition: a new approach applied to the Lower Jurassic of central Italy. *Marine Micropaleontology*, 45/2: 175-190.
- O'Dogherty L. (1994) - Biochronology and Paleontology of Mid-Cretaceous Radiolarians from Northern Apennines (Italy) and Betic Cordillera (Spain). *Mémoires de Géologie (Lausanne)* 21: 1-415, 73 pls.
- Pavšič J. (1994) - Biostratigraphy of Cretaceous, Paleocene and Eocene clastics of Slovenia. *Razprave IV. razreda SAZU*, 35: 65-84.
- Pittet B. & Mattioli E. (2002) - The carbonate signal and calcareous nannofossil distribution in an Upper Jurassic section (Balingen-Tieringen, Late Oxfordian, southern Germany). *Palaeogeogr., Palaeoclim., Palaeoecol.*, 179: 71-96.
- Placer, L. (1999) - Contribution to the macrotectonic subdivision of the border region between Southern Alps and External Dinarides. *Geologija* 41 (1998): 223-255.
- Radoičić B. & Buser S. (2004) - Biostratigrafija zgornjekrednih pelagičnih apncev okolice Bovca v Julijskih Alpah. - *Geologija*, 47/2, 151-177.
- Sabatino N., Neri R., Bellanca A., Jenkyns H., Baudin F., Parisi G. & Masetti D. (2009) - Carbon-isotope records of the Early Jurassic (Toarcian) oceanic anoxic event from the Valdorbia (Umbria-Marche Apennines) and Monte Mangart (Julian Alps) sections: paleogeographic and stratigraphic implications. *Sedimentology* 56: 1307-1328.
- Schlager W. (1981) - The paradox of drowned reefs and carbonate platforms. *Geological Society of America Bulletin*, Part 1, 92: 197-211.
- Stampfli G.M., Mosar J., Favre P., Pilleuit A. & Vannay J.-C. (2001) - Permo-Mesozoic evolution of the western Tethys realm: the Neo-Tethys East Mediterranean Basin connection. V Ziegler P.A., Cavazza W., Robertson A.H.F. & Crasquin-Soleau S. (eds) - *Peri Tethys Memoir 6: Peri-Tethyan Rift/Wrench Basins and Passive Margins*. *Mem. Mus. natn. Hist. nat.*, 186: 51-108.
- Šmuc A. (2004) - Sedimentološke in stratigrafske raziskave jurskih in krednih plasti Julijskih Alp. - doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani, 168 pp.
- Šmuc A. (2005) - Jurassic and Cretaceous stratigraphy and sedimentary evolution of the Julian Alps, NW Slovenia. Založba ZRC, ZRC SAZU, Ljubljana, 98 pp.
- Šmuc A. & Goričan Š. (2005). - Jurassic sedimentary evolution of a carbonate platform into a deep-water basin, Mt. Mangart (Slovenian-Italian border). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia* 111(1): 45-70.
- Tucker M.E. (2001) - *Sedimentary petrology*. 262 str., Blackwell Science.
- Turnšek D. (1997) - Mesozoic Corals of Slovenia. Založba ZRC, ZRC SAZU, Ljubljana, 512 pp.
- Turnšek D. & Ramovš A. (1987) - Upper Triassic (Norian-Rhaetian) Reef Buildups in the Northern Julian Alps (NW Yugoslavia). *Razprave IV. razreda SAZU*, 28: 27-67.
- Yao A. (1997) - Faunal change of Early - Middle Jurassic radiolarians. *News of Osaka Micropaleontologists*, Spec. Vol. 10: 155-182.
- Yeh K.-Y. (1987) - Taxonomic Studies of Lower Jurassic Radiolaria from east-central Oregon. *National Museum of Natural Science, Taiwan*, Spec. Publ. 2: 1-169.

## E3 Kras na Kaninskih podih

Franci Gabrovšek & Bojan Otoničar

Inštitut za raziskovanje krasa ZRC SAZU, Postojna

### KANINSKI PODI - UVOD

Kaninski podi so velika glaciokraška uravnava v JZ delu Kaninskega pogorja (Zahodne Julijske Alpe) (slika 1). Širše območje podov omejuje mejni greben med Slovenijo in Italijo, ki se vije od Skutnika, preko Male in Velike Babe, Vrha Žlebi, Vrha Laške Planje, Malega in Visokega Kanina, Prestreljenika, do sedla Prevala. Podi se proti jugovzhodu prevesijo v strmejša pobočja, ki se spuščajo v Bovško kotlino. Proti SV dolina Krnica loči pode od podobne planote Goričica. Tudi na italijanski strani je več visokogorskih kraških planot (Bela Peč – Col delle Erbe, podi pod Lopo).

Površje podov sestavlja niz laštastih pobočij, prekinjenih z jarki, suhimi dolinami in zaprtimi depresijami. Največje med slednjimi je Veliki dol. Kaninskim podom dajejo značilno podobo tudi dolgi grebeni (tip »nunatak«), verjetno ostanki nekdanjih uravnava (Kunaver, 1983), ki jih na Bovškem zaradi oblike imenujejo »škednji».

Dolga zgodovina zakrasevanja in niz pleistocenskih poledenitev je v in na karbonatnem masivu ustvarila izjemno glaciokraško pokrajino, ki odraža edinstven stik ledenikov s kraško podlago.

Posledica ledeniškega delovanja so tudi laštasta pobočja, ki so po umiku ledenikov izpostavljena zakrasevanju pod vplivom deževnice in snežnice. Na laštih tako najdemo številne in genetsko raznolike škraplje, brezna, škavnice in redkeje dežne žlebiče. Med

zaprtimi površinskimi oblikami prevladujejo kotlički, ki naj bi nastali zaradi korozivnega delovanja snežnice.

### SPLOŠNI GEOLOŠKI PREGLED

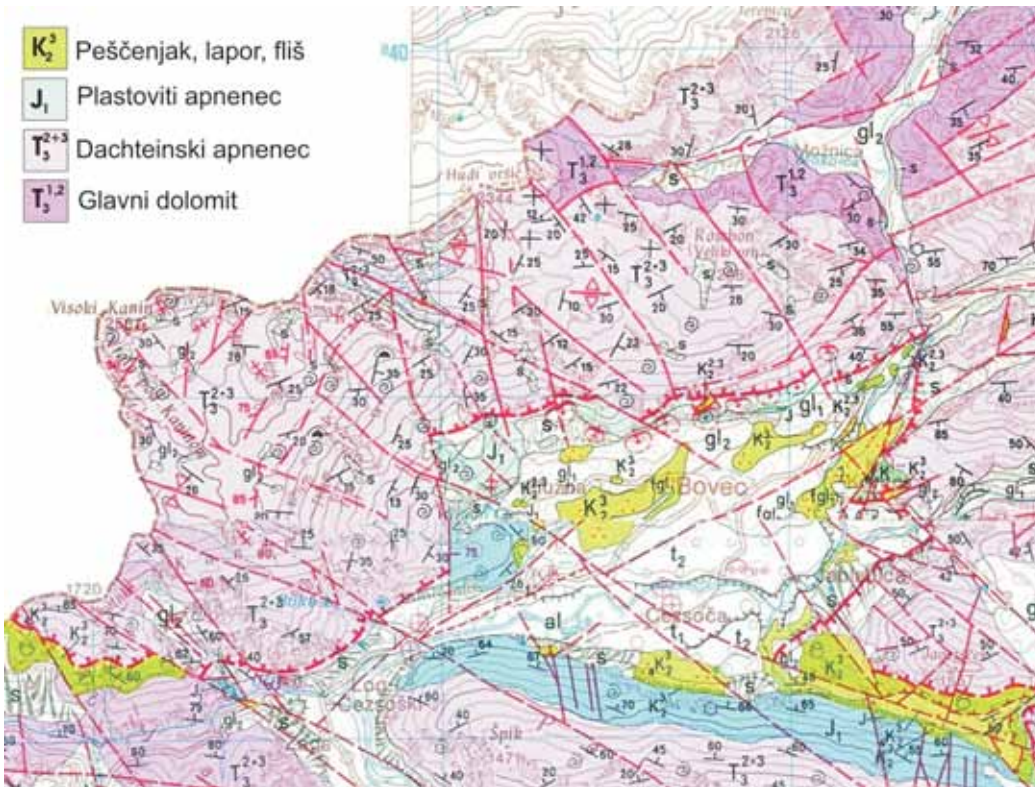
V geotektonskem smislu pripada Kaninsko pogorje Južnim Alpam oziroma narivni grudi Julijskih Alp (Placer, 2008). Kaninski masiv sekajo in obdajajo v glavnem dinarsko (SZ-JV) in prečno dinarsko (SV-JZ) usmerjeni prelomi. V Bovški kotlini je proti jugu vpadajoči dachteinski apnenec Kaninske monoklinale, ki predstavlja del večje razkosane antiklinale (Semeraro, 2000), narijen na jurske in kredne karbonatne in nekarbonatne sedimentne kamnine Bovške sinklinale (Jurkovšek, 1987) (slika 2).

Površje Kaninskih podov gradijo sivi debelo plastoviti zgornje-triasni dachteinski apnenci urejeni v navzgor plitvejši parasekvence oziroma t.i. loferske cikle. Pod apnencem leži prav tako zgornjetriasni »glavni« dolomit, ki izdanja vzdolž severnega obroba Kaninskega masiva in vzdolž globljih visečih ledeniških dolin (npr. Krnica), vrezanih v Kaninsko pogorje (slika 2 in 3). Glavni dolomit leži pod dachsteinskim apnencem tudi globoko pod površjem Kanina, kar je imelo, kot bo pokazano v nadaljevanju, pomemben vpliv na razvoj kraškega vodonosnika in jam (slika 3).

Na južnem pobočju Kanina, nekaj sto metrov nad dnom Bovške kotline in na severnih Kaninskih podih, že na območju sose-



Slika 1: Del Gornjega Posočja s Kaninskim pogorjem. Označene so nekatere jame in izviri. (Prirejeno po Komac, 2001)



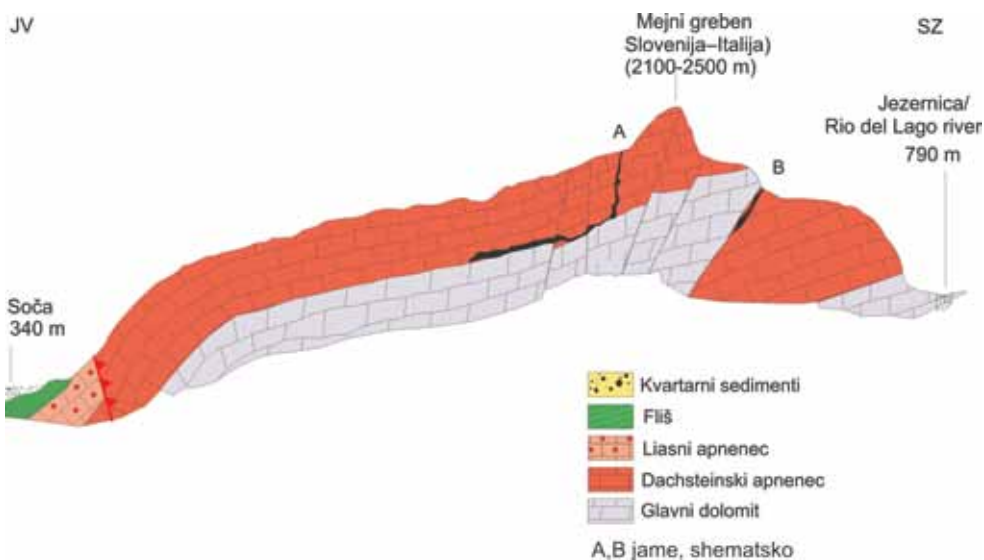
Slika 2: Geološka karta slovenskega dela Kaninskega pogorja

dnje Italije, izdajajo spodnjejurski mikritni, oolitni in laporasti apneneci, podrejeno pa tudi jurske grobo zrnate breče z laporasto osnovo (Jurkovšek, 1987; Semeraro, 2000) (sliki 2 in 3). Nad Bovecem se pojavljajo v rdečih pelagičnih spodnjejurskih laporastih apnenecih Fe-Mn nodule in amoniti. V zgornjih nivojih dachsteinskega apnenca so na širšem območju Julijskih Alp pogosti neptunski dajki in sili (Babić, 1981; Jurkovšek, 1987; Črne et al., 2007). V okolici Bovca gradi dno Soške doline zgornjekredni fliš, podrejeno pa tudi zgornjekredni lapor, t.i. »scaglia«. Te kamnine so v glavnem prekrte z glacialnim, fluvioglacialnim, fluvialnim, aluvialnim in jezerskim materialom pleistocenske in holocenske

starosti (glej ekskurzijo E0 - Geološke katastrofe in razvoj Bovške kotline v kvartarju).

### Dachsteinski apnenec

Podobno kot mnoge druge srednje in zgornjetriasne karbonatne platforme obsežnega zahodnega šelfa Tetide, gradi tudi Julijsko karbonatno platformo več kot 1000 metrov debelo zaporedje dachsteinskih apnenecv urejeno v navzgor plitvejše parasekvence, t.i. loferske cikle (sliki 3 in 4). Popoln cikel gradi tudi do več metrov debel podplimski del pretežno mikritnih apnenecv z značilnimi megalodontidnimi školjkami (slika 5), ki mu sledijo medplimsko-



Slika 3: Geološki profil Kanina (prirejeno po Audra, 2000 in Komac, 2001)



Slika 4: Debelo plastovit dachsteinski apnenec (Prestreljnik, 2499 m)



Slika 5: Okoli 10 cm velike megalodontidne školjke (podplimski del loferskega cikla, dachsteinski apnenec, Kaninski podi)

nadplimski laminiti, stromatoliti in breča z značilnimi izsušitvenimi in raztoplinskimi teksturami. Vrh cikla je lahko zakrasel, kar se odraža v paleokraškem površju centimetrskih, manj pogosto decimetrskih amplitud. Ponekod opazujemo do nekaj centimetrov široke paleokraške kanale, ki penetrirajo do podplimskega dela cikla, redko tudi globlje v predhodni cikel. Nekatere raztoplinske oblike ustrezajo podpovršinskemu, najverjetneje haloklimnemu tipu paleokrasa.

### Neptunski dajki

Blokovna tektonika, povezana z regionalnimi ekstenzijskimi prelomi, nastalimi kot posledica riftinga na širšem območju zahodnega obrobja Tetide, in neenakomerno pogrezanje različnih blokov sta vplivala na paleogeografsko evolucijo Julijske karbonatne platforme v zgornjem triasu in spodnji juri. Posledica teh procesov so tudi neptunski dajki, zaradi delnega dviga nekaterih blokov nad morsko gladino pa tudi paleokraški pojavi. Predvsem na zahodnem delu Kaninskih podov lahko sledimo do več decimetrov širokim neptunskih dajkom, zapolnjenim z rdečim, zelenim in sivim mikritnim in kalkarenitnim apnencem do več sto metrov v dolžino in globino. Črne et al. (2007) menijo, da je šlo na območju sedanjih Julijskih Alp za dve glavni generaciji formiranja in zapolnjevanja neptunskih dajkov, plienschachijsko in najverjetneje kimmeridgijsko-spodnje tithonijsko.

### O HIDROGEOLOGIJI KANINSKEGA POGORJA

Masiv sestavljajo močno zakraseli karbonati. Površje je večinoma golo, kar omogoča hitro infiltracijo padavin ob odsotnosti snežnega pokrova. Od jeseni do pomladi večina padavin pade v obliki snega, ki se topi v pomladanskih in poletnih mesecih (april - avgust), ko so izviri v povprečju tudi najbolj vodnati.

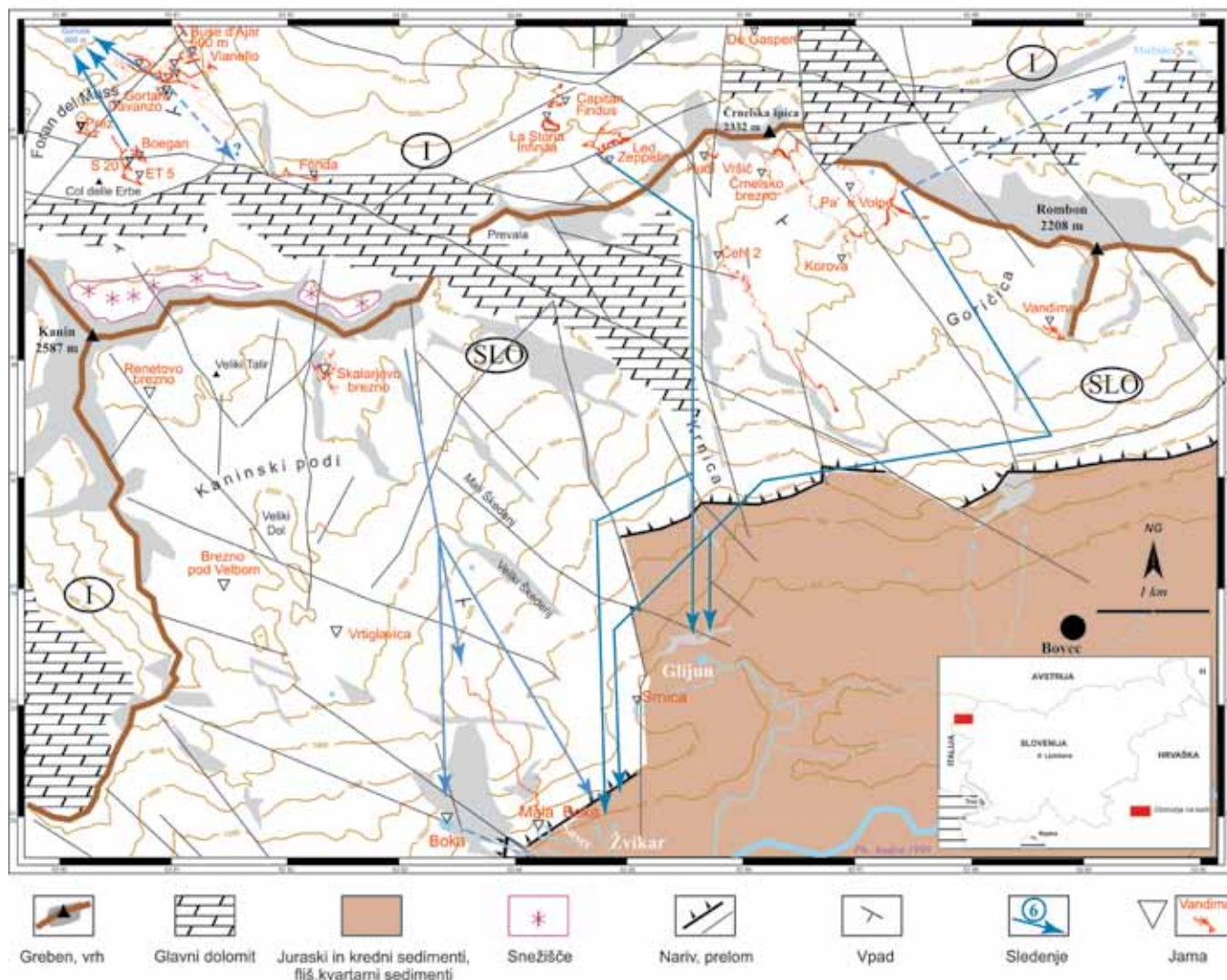
Zaradi velikih topografskih razlik in globokega zakrasevanja debelina nenasičena (vadozne) cone pogosto preseže kilometer. Odtok s površja je vertikalnen.

Voda iz masiva odteka skozi niz kraških izvirov v dolinah. V Sloveniji so to **Glijun** (485 m n.m.v.,  $Q_{\min} = 0.15 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{\max} = 15 \text{ m}^3/\text{s}$ ), **Boka** (730 m n.m.v.,  $Q_{\min} = 0.2 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{\max} = 50 \text{ m}^3/\text{s}$ ), **Sušec** (485 m n.m.v.,  $Q_{\min} = 10-15 \text{ l/s}$ ,  $Q_{\max} > 1 \text{ m}^3/\text{s}$ ), **Žvikar** ( $Q_{\min} = 0.01 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_{\max} = 1 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Skozi izvire **Možnice** (niz sedmih izvirov na višini 670 m and 750m s skupnim iztokom  $Q_{\min} = 250 \text{ l/s}$ ,  $Q_{\max} = \text{več } 10 \text{ m}^3/\text{s}$ ) se s Kaninskega pogorja steka le majhen delež vode.

Največji izvir na Italijanski strani masiva je **Goriuda** v Reklanski dolini (861 m n.m.v.,  $Q_{\min} = 10 \text{ l/s}$ ,  $Q_{\max} = 20 \text{ m}^3/\text{s}$ ), nekaj izvirov je tudi v Jezerski dolini. Povprečni iztok iz celotnega masiva je približno  $6 \text{ m}^3/\text{s}$ , pri čemer se preko 85 % vode steka na slovensko stran, kjer so izviri v povprečju nižje, poleg tega pa tako narekuje tudi strukturna zgradba masiva; plasti in stik med apnencem in dolomitom vpadajo proti jugu (sliki 3 in 6).

Iz dosedanjih hidrogeoloških raziskav in vodnih sledenj (Novak, 1979; Janež & Čar, 1992; Casagrande et al., 1999; Komac, 2001), lahko povzamemo naslednje ugotovitve o pretakanju podzemnih voda v masivu:

- Vode iz območja planote Goričica (Rombonski podi) se večinoma iztekajo v Glijun. Smer odtoka sledi vpadu geoloških struktur v smeri J - JV, na robu Bovške kotline pa se ob stiku s slabo prepustnimi nekarbonati usmeri proti JZ, proti izvirov Glijun, Žvikar in Sušec, kjer je stik topografsko najnižji (slika 6).
- Vode iz velikih sistemov na SZ delu Italijanske strani (Complesso del Foran del Mussin Complesso del Col delle Erbe) tečejo pretežno v izvir Goriuda v Reklanski dolini.
- Največ voda iz Kaninskih podov (JZ del masiva) teče proti izviru Boka.
- Temperatura vode na izvirov je med 4 and 8°C, koncentracija kalcijevih ionov zavzema 0.75 mmol/l - 1.25 mmol/l, magnezijevih pa med 0.04-1 mmol/l. Nizka karbonatna trdota je posledica odsotnosti vegetacije in tal na večjem delu zaledja. Večja koncentracija magnezija je značilna za nizke vode, ko se relativno večji delež vode pretaka skozi glavni dolomit.



Slika 6: Pregledna karta Kaninskega pogorja z glavnimi litološkimi enotami, nekaterimi pomembnejšimi jamami (stanje 2000) in smermi odtoka podzemnih voda, določenimi z sledilnimi poskusi (Prirejeno po Audra, 2000).

## SPELEOLOGIJA IN SPELEOGENEZA

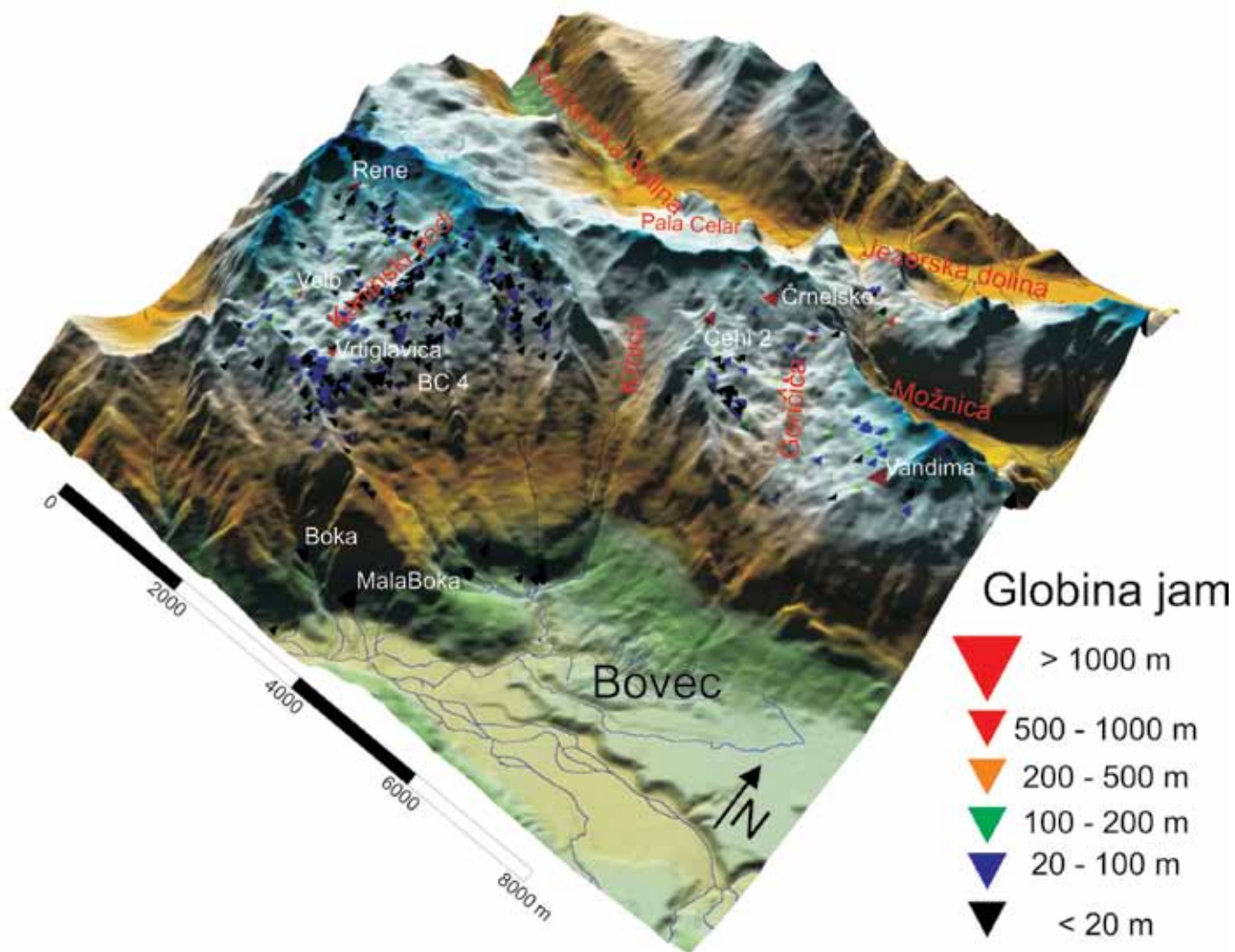
### Kratka zgodovina jamarstva na Kaninu

Številni vhodi v brezna so že v začetku šestdesetih let na Kanin privabili jamarje, ki območje od takrat sistematično raziskujejo (slika 7). Na italijanski strani masiva so v 70-ih letih v breznu Gortani dosegli globino 920 m. Kasneje so na območju Col del Erbe raziskali še več jam, ki skupaj z breznom Gortani tvorijo sistem, dolg preko 38 km (slika 8). Na tem območju je tudi sistem Foran del Muss, prav tako globok preko kilometra in dolg preko 18 km. Na Slovenski strani ni izjemno dolgih sistemov, so pa tu tri najgloblje jame in dve najgloblji enotni vertikali, med njima tudi najgloblja na svetu. Tudi na naši strani raziskave potekajo od 60-ih let, šele konec osemdesetih in v devetdesetih pa so jamarji tu raziskali prve jame globoke preko tisoč metrov (sliki 9 in 10). Trenutno je na slovenski strani pet jam globljih od kilometra in ena na italijanski. Skupaj je na svetu 90 jam globljih od kilometra. Vsako leto na Kaninu registriramo več deset novih jam.

### O razvoju jam v Kaninskem pogorju

V zadnjem desetletju je prišlo do korenitih sprememb v interpretaciji razvoja velikih alpskih jamskih spletov. Če je še do nedavna prevladovala hipoteza o pleistocenskem razvoju, se danes večina raziskovalcev (Plan et al., 2008; Audra et al., 2002) nagiba k temu, da je glavna teh jam starejša. Plan et al. (2008) glavno fazo speleogeneze v Severnih apeniških Alpah (Totes Gebirge) postavi v zgornji miocen. V tem obdobju naj bi se razvijala mreža velikih horizontalnih galerij, ki so značilne za številne alpske jamske sisteme. Podobno Audra et al. (2002) na osnovi analiz sedimentov razlagajo speleogenezo v Tennengebirge. Tam sedimenti kažejo na razvoj jam od spodnjega miocena naprej, pri čemer naj bi glavna razvojna faza potekala v zgornjem miocenu, kjer naj bi se v območje stekale ponornice iz Centralnih Alp.

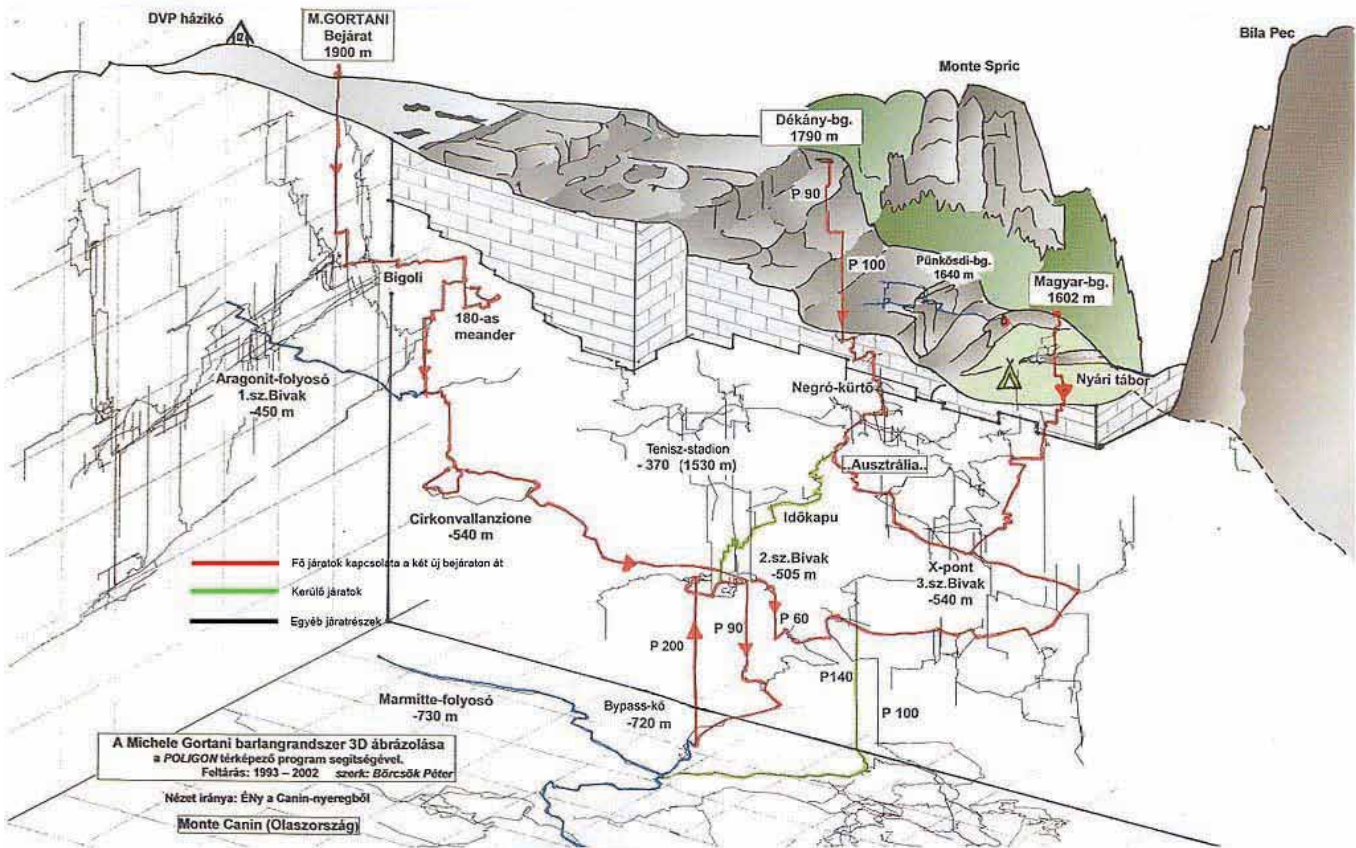
Sistematskih raziskav, ki bi pojasnile speleogenezo na Kaninu, ni. O predkvartarnem razvoju jam na Kaninu pregledno piše Semerarro (2000). Delo je vredno pozornosti, čeprav so nekatere ugotovitve slabo podprte. Tudi Cassagrande et al. (1999) o spe-



Slika 7: Digitalni model reliefa z vrisanimi vhodi v jame in označenimi področji, na katere se sklicujemo v tekstu.

Ime jame	Globina (m)	Dolžina (m)	Položaj
Čehi II	1.502	5.291	Goričica / Krnica
Mala Boka – BC4 Polska jama	1.319	8.168	Kaninski podi / Rob Bovške kotline
Črnelško brezno	1.241	11.450	Goričica / Črnelška špica
Renejevo brezno	1.238	3.548	Kaninski podi /Visoka glava
Vandima	1.182	2.500	Goričica/ Čukla – Rombon
Sistem Foran del Muss	1.140	18.000	Bela peč
Ab. Dei Led Zeppelin	960	2.507	Pala Celar
Sistema Col Del Erbe	935	40.000	Bela peč (SZ)
Skalarjevo Brezno	911	4.765	Kaninski podi (J)
Brezno po Velbom -Češka jama	910	1.565	Kaninski podi, zahodni del (JZ)
Abisso Queen Mama	805		Lopa /Krnica
Abisso Paolo Fonda – Grotta del Laricetto	800	1.863	Zavetišče Gilberti (S)
Net 10 – Abisso del Pero – Capitan Findus	735		Pala Celar (SV)
Vrtiglavica	643	643	Kaninski podi (JZ)

Tabela 1: Nekatere najgloblje in najpomembnejše jame Kaninskega pogorja (tabela ni povsem popolna, Vir: Kataster jam JZS, Kataster jam Commissione Grotte Eugenio Boegan, <http://www.catastogrotte.it>)



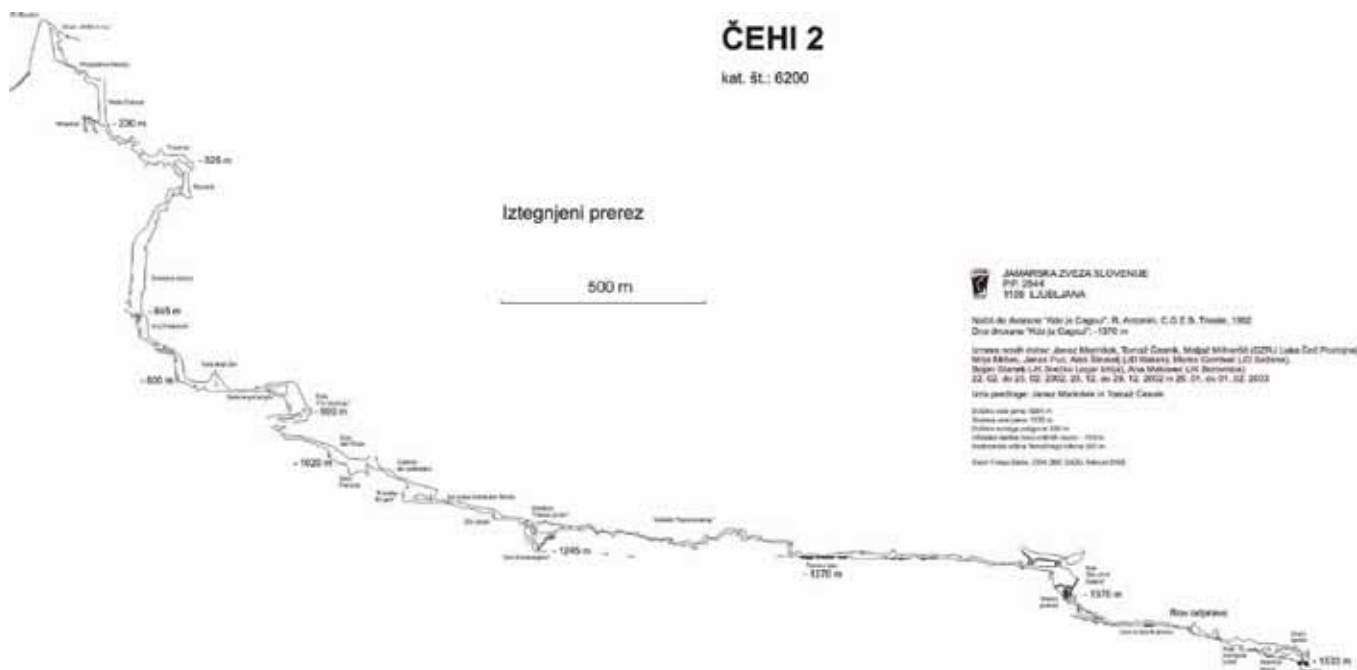
Slika 8: Blok diagram masiva na območju Bele peči z jamskim sistemom Col delle Erbe. (Vir: [www.karszt.hu](http://www.karszt.hu))

leogenezi v Kaninskem pogorju pišejo zelo na splošno. Na osnovi omenjenih del ter lastnih opažanj in razmišljanj lahko o razvoju jam na območju Kanina povzamemo naslednje:

- Območje verjetno okopni nekje med eocenom in oligocenom.
- Predvsem na JZ območju Kaninskega pogorja, v sistemu Foran del Muss in Col Del Erbe, so odkrili dobro razvito mrežo horizontalnih freatičnih kanalov, ki pričajo o povsem drugačnih hidroloških pogojih ob času njihovega razvoja, kot so danes. Tudi v Skalarjevem breznu in Vandimi, na Slovenski strani, najdemo več segmentov velikih freatičnih galerij. Ti so horizontalni oz. rahlo nagnjeni, deloma ali povsem zapolnjeni s sedimenti, v njih najdemo tudi sigo. Redke datacije sige in sedimentov kažejo na starost večjo od 760 ka. Izjemno velike galerije so pred nekaj leti odkrili v jami Queen Mama, ki ima vhod na Italijanski strani Lope, razteza pa se pod Krnico. Semerraro navaja 6-8 horizontov med 2000 m in 1200 m n.m., ob katerih je gostota teh galerij še posebej visoka. Ti horizonti so vezani na položaje nekdanje freatične površine oz. erozijske baze. Žal o sedimentih, ki bi omogočali datiranje, ni veliko podatkov.
- Močno vlogo pri speleogenezi Kanina igra stik dachsteinskega apnenca in glavnega dolomita. Dve najgloblji jami na Slovenski strani (Čehi II (slika 9) in Črnelško brezno) kažeta izrazito vertikalni razvoj skozi celoten stolpec dachsteinskega apnenca do stika z dolomitom, kjer se položita in tvorita niz galerij, ki

ob stiku tonejo proti Bovški kotlini. Stik apnenca in dolomita določa tudi položaj izvirov Boke in Goriude.

- Prisotnost sadre in pirita v sistemu Col del Erbe lahko kažeta tudi na speleogenezo, povezano s sulfidnimi nahajališči na območju Rablja. Možnost zgodnjega razvoja jam zaradi delovanja žveplene kisline, ki nastaja z oksidacijo sulfidov, sicer obstaja, čeprav v masivu Kanina še nihče ni našel oz. opisal značilnih jamskih oblik, ki govorijo o hipogenem razvoju. Možnost, da bi žveplena kislina dotekala z globoko cirkulacijo, je majhna. Najbolj verjetno je, da so bili sulfidi prineseni na območje z alogenimi rekami, torej je žveplena kislina nastajala na mestu. Zaenkrat lahko takemu razvoju pripišemo zgolj možen, a majhen pomen, predvsem v smislu oblikovanja prvih prevodnih poti, ki so bile lahko nosilne za kasnejšo speleogenezo.
- V zadnjih dveh in pol milijona let se je zvrstilo niz poledenitev, ki so na površju pustile značilni glaciokraški pečat. Kaj pa v jamah? Je kvartar obdobje stagnacije v razvoju jam, ali pa je prav v kvartarju prišlo do intenzivnega oblikovanja novih in preoblikovanja starih jamskih sistemov? Kvartarni stagnaciji v prid kažejo nekatere raziskave v Severnih apneniških Alpah in drugje (Audra et. Al, 2002; Plan, 2008), kjer so številni starejši rovi zapolnjeni z ledeniškim tilom. V mineralni sestavi tamkajšnjih »varv« prevladuje kalcit, kar vodi do sklepa, da so bile ledeniške vode močno nasičene s kalcijevim karbonatom, njihov speleogenetski potencial pa posledično majhen. Po drugi



Slika 9: Iztegnjeni profil najgloblje jame v Sloveniji Čehi 2 (Vir: Kataster jam JZS).

strani včasih isti avtorji v istih razpravah poudarjajo pomen kvartarne glaciokraške faze, ko naj bi ledeniške vode izjemno preoblikovale že obstoječe jamske sisteme ter vrezale nove podzemne kanjone in brezna.

- V vsakem primeru je potencialni vpliv ledenikov na speleogenezo in morfogenezo visokogorskega krasa velik. Dolinski ledeniki lahko zajezijo obstoječe izvire, povzročijo dvig piezometričnega nivoja in možen razvoj freatične mreže kraških kanalov. Na Bovškem je bil poznokvartarni obseg ledenikov vezan predvsem na višje ležeče lege, torej niso zapolnjevali Bovške kotline (Bavec et al., 2004). Na visokogorskih planotah so se očitno oblikovali pretežno mirujoči platojski ledeniki. Ledeniki oblikujejo vodonosnik s sezonsko dinamiko razvoja in pretakanja, ki je na karbonatni podlagi verjetno še toliko bolj specifičen. V tem primeru se ledeniška voda lahko steka v vadozno cono krasa in dolbe nove in stare jamske sisteme, predvsem vadozna brezna povezana s kanjoni (jamarji jim pravijo meandri). Ledeniške vode ne potujejo dolgo po bazi ledenika, ampak lokalno poniknejo v kras, kar jim zagotavlja agresivnost na kalcit. Obstoječe in razvijajoče se vodne poti v krasu verjetno narekujejo razvoj mreže prevodnikov v ledeniškem pokrovu in na ta način ustvarjajo povratno zanko (= bolj »učinkovite« vodne poti si vzamejo večji kos ledeniškega območja), ki vodi do relativno hitrega razvoja jamskih sistemov. Taka zanka se ohranja skozi več ledeniških ciklov. Podobno si lahko predstavljamo tudi razvoj glaciokraških zaprtih depresij na površju. Številna brezna (posebej v bližini vhoda) so cilindrične ali lečaste oblike, ki kažejo na someren razvoj preseka, podobno kot pri rovih v zaliti coni. Razvoj takih brezen je možen v pogojih, ko so zapolnjena z ledom in stene raztaplja vodni film med ledom in skalo. Nekatere najgloblje jame v Kaninskem pogorju kažejo razvoj v smeri današnjega odtekanja vode, kar tudi govori v prid temu,

da se pomemben del geneze kaninskega podzemlja dogaja tudi v kvartarju. O razvoju jam pod ledeniki vemo malo, zadnji odstavek je zgolj razmišljanje enega od avtorjev vodnika, ki upa, da bo vzpodbudilo k iskanju empiričnih dejstev, ki bi potrdile teze bodisi obrambe bodisi potrdile.

## OKVIRNI POTEK POTI

S kabinsko žičnico na D postajo. Od tam proti vrhu Osojnic in preko Dolgih prodivov proti Visoki glavi, skozi Zadnji in Veliki dol in proti prehodu med Babanskima škednjema. Od tam po JZ strani proti prehodu med Rušo in Kopo ter preko Gozdeca na B postajo. S B postaje s kabinsko žičnico v Bovec. Pot večinoma vodi po planinskih poteh in razmeroma lahkem brezpotju. V primeru slabega vremena oziroma počasne skupine, bomo pot ustrezno skrajšali. Celoten pohod bo predvidoma trajal 5-7 h.

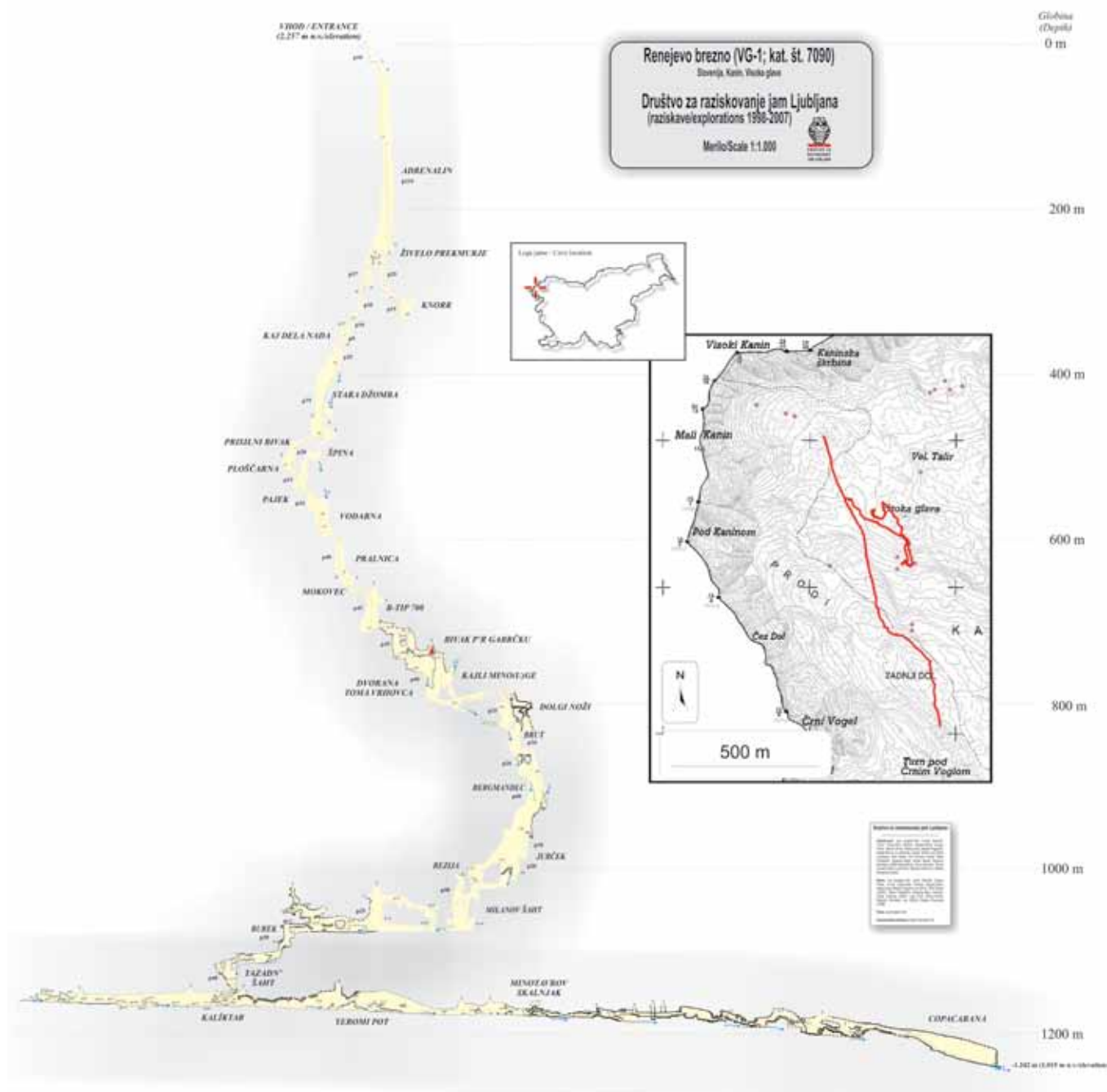
## LITERATURA

- Audra, P., 2000: Le karst haut du Kanin (Alpes Juliennes, Slovénie-Italie).- Karstologia 35, 27-38.
- Audra, P., Quinif, Y. & P. Rochette, 2002: The genesis of Tennengebirge karst and caves (Salzburg, Austria). Journal of cave and karst studies. 64, 3, 153-164.
- Babič, L. 1980: The origin of "Krn breccia" and the role of the Krn area in the Upper Triassic and Jurassic history of the Julian Alps.- Vesnik, 28/24, ser A., 38,39.
- Benedetti, G. & Mosetti, A., 2000: Il Complesso del Foran del Muss (Monte Canin-Friuli-Venezia Giulia).-Speleologia 43, 3-21.
- Cassagrande, G., Cucchi, F., Manca, P. & L. Zini, 1999: Deep hypogean karst phenomena of Mt. Canin (Western Julian Alps): a synthesis of the state of present research. Acta Carsologica 28(1), 57-69.
- Čar, J. & Habič, P., 1989: Strokovne podloge za zavarovanje vodnih virov in vodnih zalog kot osnova za sprejem odloka za zaščito: zaledje izvirov Boke, Bočiča in Glijuna, povirij Koritnice, Tolminka, Zadaščice. Poročilo, Rudnik Živega Srebra Idrija.



- Črne, A.E., Šmuc, A. & D. Skaberne, 2007: Jurassic neptunian dikes at Mt Mangart (Julian Alps, NW Slovenia).- *Facies*, 53, 2, 249-265.
- Janež, J., & J. Čar, 1992: Strukturno geološke in hidrogeološke razmere izvirov Možnice.- *Acta Carsologica*, 21, 77-93.
- Jurkovšek, B., 1987: Tolmač list Beljak in Ponteča, Osnovna geološka karta 1:100 000. Zvezni geol. zavod Beograd, Beograd.
- Komac, B., 2001. The karst springs of the Kanin massif.- *Acta Geographica* 41, 7-45.
- Kunaver, J., 1983: Geomorfološki razvoj Kaninskega pogorja.- *Geografski zbornik*, 22, 197-346. Ljubljana.

- Novak, D., 1979: Nekatere raziskave podzemskih voda alpskega krasa.- *Naše jame*, 20, 31-36. Ljubljana.
- Placer, L., 2008: Principles of the tectonic subdivision of Slovenia = Osnove tektonske razčlenitve Slovenije.- *Geologija*, 51, 2, 205-217.
- Plan, L., Filipponi, M., Behm, M., Seebacher, R. & P. Jeutter, 2009: Constraints on alpine speleogenesis from cave morphology – A case study from the eastern Totes Gebirge (Northern Calcareous Alps, Austria).
- Semeraro, R., 2000. A hypothesis of the paleogeography of the western Julian Alps and its role in the karstic development of Mt. Canin.- *Ipogea*, 3, 117-166.



Slika 10: Profil in tlorisni položaj Renejevega brezna na Kaninskih podih (Vir: Društvo za raziskovanje jam Ljubljana).

## KAZALO AVTORJEV / AUTHOR INDEX

- Alijagić, Jasminka 11  
 Andrič, Maja 51  
 Atanackov, Jure 11  
 Athanasiou, Christos 22  
 Bačić, Željko 54  
 Bartol, Miloš 12  
 Bartolini, Annachiara 20  
 Bašić, Tomislav 54  
 Bavec, Miloš 12, 61  
 Baždarić, Branimir 58  
 Bedjanič, Mojca 13, 17  
 Benischke, Ralf 32  
 Bensi, Sara 13  
 Boev, Blažo 46  
 Borovička, Jiri 11  
 Bosák, Pavel 34, 56  
 Brenčič, Mihael 18, 49  
 Budkovič, Tomaž 14  
 Carter, Elizabeth S. 20  
 Celarc, Bogomir 12, 14, 36  
 Cerar, Sonja 15  
 Cernatič Gregorič, Anica 55  
 Čarman, Magda 15, 16  
 Čermák, Stanislav 34  
 Čermelj, Branko 54  
 Črne, Alenka Eva 16, 19, 81  
 Čuš, Franc 23  
 De Laet, Véronique 35  
 Dedeček, Petr 41  
 Degryse, Patrick 35  
 Dietzel, Martin 32  
 Dolenc, Matej 29, 43, 58  
 Dolenc, Tadej 43, 58  
 Domínguez-Villar, David 33  
 Drobne, Katica 16  
 Dumitrica, Paulian 20  
 Fajić, Marko 43  
 Fajmut Štrucl, Suzana 17  
 Fanucci, Francesco 13  
 Ferjan, Tamara 18  
 Florjančič, Alojzij Pavel 18  
 Frontasyeva, Marina V. 46  
 Gabrovšek, Franci 99  
 Gale, Luka 19  
 Gawlick, Hans-Jürgen 19  
 Godec, Matjaž 31  
 Goričan, Špela 19, 20, 29, 81  
 Gosar, Andrej 20  
 Gosar, Mateja 18, 21, 35  
 Grau, Thomas 11  
 Guex, Jean 20  
 Hartmann, Gerald 17  
 Heinlein, Dieter 11  
 Hercman, Helena 56  
 Herlec, Uroš 17  
 Horaček, Ivan 34  
 Horvat, Alexander 12, 22, 34  
 Horvat, Milena 28  
 Hribernik, Katarina 47  
 Ivekovič, Aljaž 44  
 Jačimović, Radojko 54  
 Jamnikar, Sergej 22  
 Jamšek, Petra 23  
 Janža, Mitja 23  
 Jemec, Mateja 24  
 Jeršek, Miha 13, 32  
 Jež, Jernej 24  
 Jurkovšek, Bogdan 25, 26  
 Kac, Javor 11  
 Kalenda, Pavel 11  
 Karamarko, Vatroslav 58  
 Kastivnik, Jasna 44  
 Kladnik, Gregor 11  
 Kniewald, Goran 58  
 Kolar-Jurkovšek, Tea 26  
 Komac, Marko 24  
 Kopitar, Tomaž 30  
 Korat, Lidija 27  
 Körner, Wilfried 55  
 Košir, Adrijan 27, 29, 39  
 Košir, Mateja 28  
 Kotnik, Jože 28  
 Kramar, Sabina 27, 28, 29, 55  
 Krivic, Jure 12, 33  
 Krivic, Matija 47  
 Kukoč, Duje 29  
 Kumelj, Špela 16, 30  
 Lajmiš, Lea 30, 36  
 Lapanje, Andrej 40  
 Lein, Richard 19  
 Leis, Albrecht 32, 36  
 Lenart, Alenka 31, 32  
 Lepland, Aivo 16  
 Lojen, Sonja 33  
 Lucas, Spencer G. 26  
 Lukežič, Tanja 46  
 Lux, Judita 28, 29, 55  
 Marjanović, Marijan 54  
 Martín Pérez, Andrea 27  
 Martinec, Maja 20  
 Mauko, Alenka 27, 55  
 Medarič, Igor 35  
 Meglič, Petra 33  
 Melezhik, Victor A. 16  
 Mezga, Kim 15  
 Mihevc, Andrej 34, 56  
 Mikuž, Vasja 12, 34  
 Milanič, Blaž 14  
 Miler, Miloš 35, 47  
 Miletič, Snježana 28  
 Mirtič, Breda 27, 29, 31, 32, 55  
 Mišič, Miha 22  
 Missoni, Sigrid 19  
 Mladenović, Ana 27, 29, 55  
 Mori, Matjaž 35  
 Muri, Gregor 54  
 Mušič, Branco 35  
 Novak, Matevž 12, 36  
 O'Dogherty, Luis 20  
 Oblak, Katarina 37  
 Ogorelec, Bojan 16  
 Otoničar, Bojan 24, 27, 38, 99  
 Pančevski, Zlatko 46  
 Pavšič, Jernej 44  
 Perne, Matija 38  
 Petrič, Metka 69  
 Placer, Ladislav 14, 38  
 Podboj, Martin 30  
 Pogačnik, Željko 39  
 Poljak, Marijan 12  
 Poltnig, Walter 32  
 Popit, Tomislav 39

- Požar, Mitja 12  
Prave, Anthony R. 16  
Prelovšek, Mitja 40  
Premru, Uroš 16  
Prestor, Joerg 33  
Pristacz, Helmut 29  
Pruner, Petr 34, 56  
Rajver, Dušan 40, 41  
Režun, Bojan 52  
Rman, Nina 42  
Rogan Šmuc, Nastja 29, 43  
Rojht, Helena 22  
Rokavec, Duška 28, 43, 44, 45, 47  
Rožič, Boštjan 44  
Senegačnik, Andreja 45, 47  
Serafimovski, Todor 43  
Skaberne, Dragomir 12, 50  
Spurny, Pavel 11  
Stafilev, Trajče 46  
Sterle, Oskar 54  
Stopar, Bojan 54  
Strelkova, Lydmila P. 46
- Stupar, Martina 46  
Šafanda, Jan 41  
Šajn, Robert 11, 46  
Šebela, Stanka 47  
Šinigoj, Jasna 12, 44, 47  
Škedelj Petrič, Andreja 48  
Šmuc, Andrej 23, 44, 81  
Šolar, Slavko V. 45, 48  
Šturm, Martina 54  
Šturm, Sašo 31, 32, 54  
Šubic, Tadeja 49  
Tasev, Goran 43  
Tomanović, Željko 22  
Tomljenović, Bruno 54  
Torkar, Anja 49  
Trajanova, Mirka 12, 50  
Trček, Branka 36  
Trdan, Stanislav 22  
Tukič, Marko 30  
Turk, Ivan 50  
Turk, Janez 50  
Urbanc, Janko 15
- Urosevic, Maja 55  
Vanhaverbeke, Hannelore 35  
Vayias, Bill J. 22  
Veber, Igor 51  
Verbič, Tomaž 51  
Verbovšek, Timotej 52  
Vodovnik, Primož 17  
Vrabec, Marko 37, 54  
Vreča, Polona 54  
Vrhovnik, Petra 43  
Vyncke, Kim 35  
Waelkens, Marc 35  
Wagner, Jan 34, 56  
Yuangao, Qu 16  
Zalar, Vesna 55  
Zega, Mojca 55  
Zupan Hajna, Nadja 34, 56, 69  
Zdešar, Aleš 69  
Zupančič, Nina 28, 47  
Žibret, Gorazd 52, 56, 57  
Žvab Rožič, Petra 58

# Geologija in geomehanika

Podrobno načrtovanje terenskih raziskav

Detajlno geološko kartiranje v različnih merilih

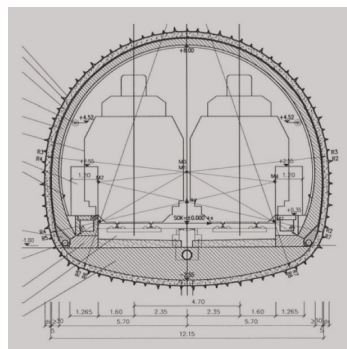
Daljinsko zaznavanje površja (remote sensing)

Podrobne strukturne analize

Geofizikalne storitve

Analize geoloških/geomehanskih podatkov

2D in 3D geološko/geomehansko modeliranje



# ZAG

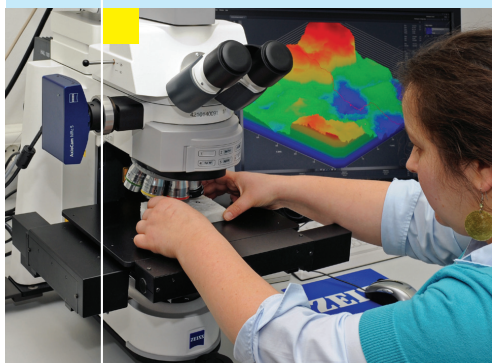
LJUBLJANA

## Zavod za gradbeništvo Slovenije

*Slovenian National Building and Civil Engineering Institute*

Dimičeva 12, 1000 Ljubljana, Slovenija

T: (01) 280 42 50, F: (01) 280 44 84



**ZAG je javni raziskovalni zavod, ki z vrhunsko ekipo strokovnjakov deluje na področju raziskav in preskušanja gradbenih materialov ter potrjevanja skladnosti gradbenih in drugih proizvodov ter sistemov kontrole proizvodnje.**

Zagotavljamo celostne visokokakovostne storitve ter tehnično, tehnološko in raziskovalno-znanstveno podporo v gradbeništvu.

### Izvajamo:

- temeljne in uporabne raziskave ter predkonkurenčni razvoj na področju gradbenih materialov in konstrukcij,
- razvoj novih materialov, metod preskušanja in meritev,
- preskušanje gradbenih materialov in proizvodov ter vseh vrst konstrukcij,
- izdajanje certifikatov o skladnosti (certificiranje) in podeljevanje slovenskih in evropskih tehničnih soglasij skladno z določbami Zakona o gradbenih proizvodih (ZGPro),
- tehnične preskuse in analize, študije, preiskave, meritve, preglede, opazovanja, ekspertno svetovanje in sodelovanje pri revizijah ter analize stanja na področjih gradbenih objektov, transportnih naprav, prometnic ter naravnega in bivalnega okolja,
- kalibriranje in overjanje meril, etalonov in referenčnih materialov.

Raziskovalci ZAG vseskozi aktivno sodelujemo na domačih in mednarodnih raziskovalnih projektih. Soustvarjamo evropski gradbeni prostor ter uspešno prenašamo znanje v domačo industrijo.

Vsi laboratoriji so akreditirani po EN ISO/IEC 17025. ZAG je priglašeni in akreditirani certifikacijski organ za potrjevanje skladnosti gradbenih proizvodov po EN 45011 in kontrolni organ za overjanje meril po EN ISO/IEC 17020. ZAG je lastnik certifikata sistema vodenja kakovosti ISO 9001:2008.

**Za tehnično kulturo v gradbeništvu / [info@zag.si](mailto:info@zag.si) / [www.zag.si](http://www.zag.si)**

# Edinstveno doživetje krasa

SKOZI STOLETJA SMO ŠIRILI IN BOGATILI TURISTIČNO PONUDBO IN DANES UPRAVLJAMO Z VEČ VSEBINSKO ZAKROŽENIMI, MED SEBOJ POVEZANIMI TURISTIČNIMI SREDIŠČI IN ŠTEVILNIMI NARAVNIMI IN KULTURNIMI ZNAMENITOSTMI SLOVENIJE NA ŠIRŠEM OBMOČJU NOTRANJSKE IN KRASA. RAZVIJAMO VRHUNSKE STORITVE NA PODROČJU DOPOLNILNIH TURISTIČNIH PROGRAMOV, KI V OBLIKI ZAKLJUČENIH TEMATSKIH PARKOV DOPOLNJUJEJO OGLEDE NARAVNIH IN KULTURNIH ZNAMENITOSTI.



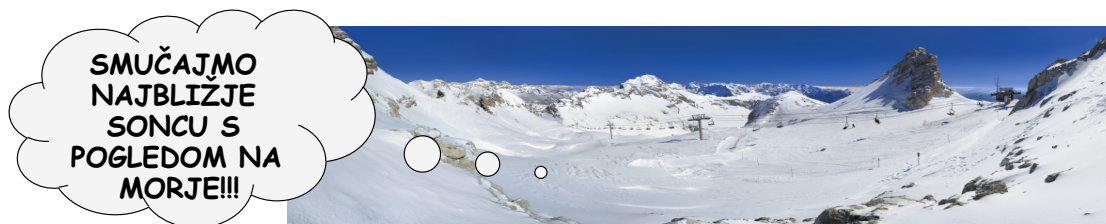
Turizem KRAS,  
destination management d.d.,  
Jamska cesta 30 • SI-6230 Postojna, Slovenija  
Tel.: +386 / 5 / 700 01 00  
Fax: +386 / 5 / 700 01 30  
E-mail: info@turizem-kras.si  
www.turizem-kras.si • www.turizem-kras.tv



## DOŽIVITE KANIN POLETI

- › osvežitev na snegu
- › panoramska vožnja z gondolo
- › učna pot
- › naravne znamenitosti
- › ostanki iz 1.sv.vojne
- › gorsko kolesarski park Kanin
- › jadralno padalstvo

**NOVOST: spust z „GORSKIMI VRAGCI“**



**SMUČAJMO  
NAJBЛИЗЈЕ  
SONCU S  
POGLEDOM NA  
MORJE!!!**



## DODATEK

### Kredne ribe Mrzleka

#### Matija Križnar

Prirodoslovni muzej Slovenije, Prešernova 20, 1000 Ljubljana,  
mkrižnar@pms-lj.si

Kredne plasti so v Sloveniji zelo dobro raziskane in v njih so odkrili mnogo zanimivih fosilov. Enako velja tudi za kredne plasti v okolici Komna in Dutovelj na Krasu, ki so poznane po bogati favni vretenčarjev (ribe kostnice, ribe hrustančnice, morski plazilci).

K dokaj neraziskanim nahajališčem krednih vretenčarjev spada Mrzlek (območje pod Sveto goro), ki leži severozahodno od Nove Gorice. Kot najdišče rib je bil Mrzlek verjetno znan že od sredine 19. stoletja, ko je bil ustanovljen tržaški muzej in so primerke fosilnih rib tam takrat odkrivali delavci v kamnolomih. Prva omemba Mrzleka sega v leto 1863, ko ga v svoji razpravi omenja Rudolph Kner, ki je proučeval primerke krednih rib. Prvi opis rib iz Mrzleka opravi Gorjanović-Kramberger leta 1895 in predstavi osem vrst. Kasneje le nekateri raziskovalci omenjajo Mrzlek kot nahajališče fosilov, med njimi so tudi geologi, ki so kartirali za osnovne geološke karte.

V preteklem desetletju smo ponovno večkrat obiskali nahajališče Mrzlek in ob nekaterih obiskih odkrili kar nekaj zanimivih in novih ostankov rib. Med najbolj ohranjenimi so predstavniki rodu *Notagogus* (družina Macrosemiidae) in *Armigatus* (Clupeomorpha). Ostanke ribe iz rodu *Notagogus* so dobro ohranjeni in po morfoloških znakih spada k vrsti *Notagogus pentlandi* (spodnja kreda, Italija) oziroma *Notagogus parvus* (spodnja kreda, Belgija). Rodu *Armigatus* pripada zelo dobro ohranjen primerki, ki verjetno spada k vrsti *Armigatus brevissimus*, katere zelo podobne ostanke so našli tudi v okolici Komna. Med primerki piknodontnih rib (družina Pycnodontidae) smo odkrili ostanke čeljustnic z zobmi in nekaj kosti. Slaba ohranjenost ostankov piknodontnih rib ne dovoljuje natančnejše določitve, razen pri enem, ki verjetno pripada rodu *Ocloedus* ali *Pycnodus*. Največji najdeni ostanek, ki smo ga odkrili pripada družini Polymixiidae in ima značilnosti rodu *Berycopsis*. Zelo dobro ohranjen zadnjih del telesa ne omogoča natančnejše določitve.

Večji del ribje favne kaže na zgornji del spodnje krede, kar se ujema tudi z dosedanjimi geološki raziskavami (albij), a bi bilo potrebno izvesti revizijo tudi starejših določitev rib. Nekoliko bolj odstopa najdba ribe rodu *Berycopsis*, ki so jo do sedaj odkrili le v zgornjekrednih plasteh. Nadaljne geološke in paleontološke (mikropaleontološke) raziskave bodo pojasnile še katero od neznank.

### Paleogenski ostanki sesalcev iz Motnika

#### Matija Križnar

Prirodoslovni muzej Slovenije, Prešernova 20, 1000 Ljubljana,  
mkrižnar@pms-lj.si

Leta 1910 je paleontolog Othenius Abel v svoji razpravi o paleogenskih nosorogih opisal novo vrsto, ki so jo odkrili pri kopanju premoga pri Motniku v Tuhinjski dolini. Rod je poimenoval po bližnji planini Menini, vrsto pa je posvetil takratnemu geologu Friedrichu Tellerju, ki je veliko raziskoval na območju današnje Slovenije. Tako je novo opisana vrsta *Meninatherium telleri* dobila svoje mesto v paleontologiji. Ostanke meninaterija je na podlagi primerkov shranjenih (del spodnje in zgornje čeljustnice) v graškem muzeju opisal še Teppner leta 1914.

Šele veliko kasneje je nemški paleontolog Kurt Heissig (1989) ponovno proučil ostanke meninaterija. Raziskovalec je prišel do zaključka, da primerki motniškega meninaterija pripadajo rodu *Prohyracodon*, ki je poznan predvsem iz eocenskih plasti Romunije in nekaterih azijskih držav (Kitajska, Mongolija). Danes pripisujejo ostanke vrsti *Prohyracodon telleri* (družina Hyracodontidae), čeprav nekateri omenjajo tudi pripadnost vrsti *Prohyracodon orientale*. Problematična je predvsem starost motniških premogovih plasti, ki bi lahko bila zgornjeeocenska ali spodnjeoligocenska.

O vprašljivosti starosti plasti nakazuje tudi druga najdba sesalca, ki ga je prav tako opisal Heissig (1990) kot *Anthracohyus slavonicus*. Omenjeni ostanek je dokaj skromen in gre za fragment zgornje čeljustnice z nekaj zobmi. Heissig (1990) je proučil tudi družinsko pripadnost *Anthracohyus slavonicus* in ga pripisal evrazijski družini Achaenodontidae. Slovenski paleontolog Vasja Mikuš (2005) je popravil vrstno ime na *Anthracohyus slovenicus*, kar je hotel storiti že Heissig, a je napačno interpretiral Slovenijo. Isti ostanek sta omenila tudi Fabrice Lihoreau in Stephane Ducrocq (2007), ki menita da primerki pripada skupini ceboheridov (družina Cebochoeridae) in ne družini Anthracotheriidae.

Motniški sesalci spadajo med najstarejše najdbe sesalcev v Sloveniji in so zavoljo tega izrednega paleontološkega pomena. Raziskave motniških fosilnih ostankov kažejo burno zgodovino in nakazujejo še zanimivo prihodnost.