



GODIŠNJE IZVJEŠĆE | ANNUAL REPORT

<b>NAKLADNIK   PUBLISHER</b>	Hrvatski geološki institut – <i>Croatian Geological Survey</i> Sachova 2, HR-10000 Zagreb, Hrvatska ( <i>Croatia</i> )
<b>ZA NAKLADNIKA   FOR THE PUBLISHER</b>	Ravnatelj ( <i>Director</i> ) Slobodan MIKO
<b>UREDNICICA   EDITOR</b>	Staša BOROVIĆ
<b>TEHNIČKO UREĐIVANJE   TECHNICAL EDITING</b>	za LASERplus d.o.o. Igor VRESK
<b>UREDNIČKI ODBOR   EDITORIAL BOARD</b>	Koraljka BAKRAČ Staša BOROVIĆ Nikolina ILIJANIĆ Slobodan MIKO Josip TERZIĆ
<b>NASLOVNA STRANICA   COVER</b>	Klizište u Hrvatskoj Kostajnici snimljeno bespilotnom letjelicom / <i>Landslide in Hrvatska Kostajnica registered by an UAV</i> (Tihomir FRANGEN)
<b>PRIJEVOD NA ENGLESKI JEZIK   ENGLISH TRANSLATION</b>	Zoran PEH
<b>LEKTURA ENGLEŠKOGA JEZIKA   ENGLISH LANGUAGE EDITING</b>	Online: Elsevier Language Editing
<b>REALIZACIJA   REALIZATION</b>	LASERplus d.o.o.
<b>NAKLADA   EDITION</b>	100 primjeraka ( <i>copies</i> )

ISSN 1846-629X

HRVATSKI GEOLOŠKI INSTITUT  
CROATIAN GEOLOGICAL SURVEY

# GODIŠNJE IZVJEŠĆE 2021. ANNUAL REPORT 2021

Zagreb, 2022.

# Sadržaj / Content

Uvodnik ravnatelja / Introduction by the Director Autor / Author: dr. sc. Slobodan MIKO	4
<b>1.</b> ■ HGI: organizacija, brojke i činjenice / CGS: Organisation, Numbers and Facts Organizacijska struktura, zaposlenici i proračun / Organizational Scheme, Employees and Budget Zavod za geologiju / Department of Geology Autor / Author: dr. sc. Koraljka BAKRAČ Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju / Department of Hydrogeology and Engineering Geology Autor / Author: dr. sc. Josip TERZIĆ Zavod za mineralne sirovine / Department of Mineral Resources Autor / Author: dr. sc. Nikolina ILIJANIĆ Geološka služba / Geological Survey Autor / Author: dr. sc. Slobodan MIKO Infrastruktura / Infrastructure Autor / Author: dr. sc. Iris BOSTJANČIĆ et al.	8 8 10 13 16 20 22
<b>2.</b> ■ Program geoloških karata / Geological mapping programme Program geoloških karata / Geological Mapping Programme Autor / Author: dr. sc. Slobodan MIKO	26 27
<b>3.</b> ■ Projekti / Projects Projekti programa Obzor 2020 / Projects from Horizon 2020 programme Projekti Hrvatske zaklade za znanost / Projects funded by the Croatian science foundation Projekti fondova Europske unije / Projects funded by the European union Strukturni fondovi / Structural Funds Projekti u suradnji s privredom / Commercial projects	32 34 34 35 35 35
<b>4.</b> ■ Odabrani projekti programa Obzor 2020 / Selected projects from Horizon 2020 programme GeoTwinn: Jačanje istraživanja u Hrvatskom geološkom institutu: geoznanstveni twinning za razvoj sposobnosti suvremenog modeliranja podzemlja i znanstvenog odjeka Strengthening research in the Croatian Geological Survey: Geoscience-Twinning to develop state-of-the-art subsurface modelling capability and scientific impact Autor / Author: dr. sc. Davor POLLAK GeoERA: Uspostava istraživačkog prostora europskih geoloških službi i stvaranje geološke službe za Europu Establishing the European Geological Surveys Research Area to deliver a Geological Service for Europe Autorica teksta / Author of the text: dr. sc. Staša BOROVIĆ RESEERVE: Mineralni potencijal regije istočne i jugoistočne Europe Mineral potential of the eastern and south-eastern Europe region Autorica teksta / Author of the text: dr. sc. Nikolina ILIJANIĆ	38 39 41 44
<b>5.</b> ■ Odabrani projekti Hrvatske zaklade za znanost / Selected projects funded by the Croatian science foundation ACCENT: Nagle klimatske promjene – Dokazi iz kvartarnih sedimentoloških zapisa u Hrvatskoj Abrupt climate changes – Evidence from Quaternary sedimentological sequences in Croatia Autorica teksta / Author of the text: dr. sc. Lidija GALOVIĆ TRANITAL: Podrijetlo, ponašanje i modeliranje transporta nitrata u varaždinskom aluvijalnom vodonosniku Origin, fate and transport modelling of nitrate in the Varaždin alluvial aquifer Autor teksta / Author of the text: Igor KARLOVIĆ	47 48 50

GEOSEKVA: Geološki i seizmološki aspekti geodinamike Kvarnera – razotkrivanje kvarnerskog rasjeda Geological and seismological aspects of geodynamics in Kvarner area – unveiling of the kvarner fault Autor / Author: dr. sc. Tvrto KORBAR	52
<b>6.</b> Odabrani projekti fondova Europske unije / Selected projects funded by the European union GEOLAB: Obnova infrastrukture i nabava instrumenata u hrvatskom geološkom institutu – geoznanstveni laboratoriji Infrastructure reconstruction and procurement of instruments at the Croatian geological survey – geoscience laboratories Autorica teksta / Author of the text: dr. sc. Marija HORVAT	55
RESPONSA: Sustav ranog upozoravanja kao odgovor na rizik od pojave klizišta i bujičnih tokova Response to landslide and flash flood risk with Early Warning System design Autori teksta / Authors of the text: dr. sc. Iris BOSTJANČIĆ, dr. sc. Vlatko GULAM	58
SIMONA: Informacije o kvaliteti sedimenta, njegov monitoring i sustav procjene Sediment-quality Information, MONitoring and Assessment System Autor / Author: dr. sc. Ajka ŠORŠA	60
<b>7.</b> Odabrani projekti u suradnji s privredom / Selected commercial projects Geološka karta i inventarizacija geološke baštine Parka prirode Biokovo Geological map and inventory of the geological heritage of the Biokovo Nature Park Autor / Author: Nikola BELIĆ	62
Izgradnja piezometarskih polja na aktivnim vodocrpilištima zagrebačkog područja Construction of piezometric fields in active water supply pumping sites in the Zagreb area Autor / Author: dr. sc. Kosta URUMOVIĆ	66
Analize sedimenata Velog i Malog blata te Kolanjskog blata na otoku Pagu Analyses of sediments from Velo, Malo and Kolanjsko blato on the island of Pag Autorica teksta / Author of the text: dr. sc. Nikolina ILIJANIĆ	68
<b>8.</b> Događanja / Events Geoznanstveni sat / Geoscience hour Autori teksta / Authors of the text: dr. sc. Mihovil BRLEK, dr. sc. Nikolina ILIJANIĆ, dr. sc. Tamara MARKOVIĆ	70
In memoriam akademik Branko Sokač / In memoriam academician Branko Sokač Autor teksta / Author of the text: dr. sc. Tonči GRGASOVIC	71
Dodjela nagrada i priznanja / Annual awards Autor teksta / Author of the text: dr. sc. Slobodan MIKO	72
<b>9.</b> Publikacije / Publications Znanstveni časopis Geologia Croatica / Scientific journal Geologia Croatica Bibliografija / Bibliography Stručne publikacije i tehnička izvješća / Professional publications and technical reports	74
<b>10.</b> Doktorske disertacije / Doctoral theses	75
<b>11.</b> Kontakti / Contacts	76
	77
	82
	84
	89

# Uvodnik

## Introduction

**Dr. sc. Slobodan MIKO**

Ravnatelj / Director

tel: (+385 1) 6160 749

fax: (+385 1) 6144 718

e-mail: slobodan.miko@hgi-cgs.hr



Dragi čitatelji,

2021. godina bila je izuzetna i izazovna, što nas je potaklo da se još jače usredotočimo na svoju viziju: dostupnost geoloških podataka i istraživanja koja su od opće važnosti za zajednicu. Događaji vezani uz razorni potres u Petrinji na samom kraju 2020. godine pokazali su vitalnu ulogu koju geološki podatci i istraživanja mogu imati u donošenju odluka i pronaalaženje rješenja. Zaposlenici Hrvatskoga geološkog instituta (HGI-CGS-a) aktivno su sudjelovali u bilježenju i kartiranju posljedica razornog potresa te u obavlještanju šire javnosti o geološkoj uvjetovanosti nastanaka potresa duž rasjednih zona. Također, zaposlenici HGI-CGS-a su na temelju postojećih karata potencijala na klizanje sudjelovali u izradi procjene štete vezane uz obnavljanje prirodnih područja od neposrednih učinaka erozije tla. Predloženu procjenu štete u iznosu od 304 milijuna eura Europska komisija je prihvatile.

Budući da je temelj financiranja HGI-CGS-a programsko ugovaranje koje se temelji na financiranju izvrsnosti u istraživanju, tj. broju i kvaliteti projekata i objavljenih radova, HGI-CGS je udvostručio broj objavljenih znanstvenih radova otkad je model uveden 2019. godine. Znanstvenici HGI-CGS-a objavili su tijekom 2021. godine ukupno 50 radova indeksiranih u bazi Web of Science (WoS), od kojih 30 % u časopisima prvog kvartila (Q1) u odgovarajućim područjima istraživanja.

Sljedeća 2022. godina bit će obilježena radom na više od 15 velikih te nizu manjih projekata, kao i završetkom pripreme dokumentacije za projekt GEOLAB čiji je cilj infrastrukturna obnova i unaprijeđenje HGI-CGS-a u nadolazećem desetogodišnjem razdoblju. Također, pripremit će se dokumentacija za energetsku obnovu zgrade HGI-CGS-a, budući da većih zahvata na noj nije bilo otkad je izgrađena prije 50 godina. Tijekom

Dear readers,

The year of 2021 was remarkable and challenging, and it prompted us to focus even more intensely on our vision: the availability of geological data and research of general importance to the community. The events related to the devastating earthquake in Petrinja at the very end of 2020 have shown the vital role of geological data and investigations in decision-making and problem-solving. Employees of the Croatian Geological Survey (HGI-CGS) actively participated in recording and mapping the outcomes of the devastating earthquake and in informing the general public about the geological controls of earthquakes along the fault zones. In addition, using the existing maps of landslide potential, HGI-CGS employees participated in the process of assessing the damage in association with the restoration of natural areas from immediate effects of soil erosion. The European Commission has accepted the proposed damage assessment of 304 million euros.

The basic funding of HGI-CGS comes from programme contract, which is based on excellence in research, i.e. the number and quality of projects and published papers. HGI-CGS has doubled the number of published scientific papers since the model was introduced in 2019. In 2021, HGI-CGS scientists published a total of 50 papers indexed in the Web of Science (WoS) database, of which 30% belong to first quartile journals (Q1) in the respective research topics.

The year 2022 will be marked by works on more than 15 large projects, several smaller projects and the completion of documentation for the EU project GEOLAB, which aims to remodel existing research infrastructure and improve HGI-CGS in the next ten years. In addition, documentation for the energy renovation of the HGI-CGS building will be prepared, as there have been no major repairs to its structure since it was built 50 years ago. Moreover, the

2022. započet će i izrada nove Strategije HGI-CGS-a koja će odrediti smjernice razvoja u narednih deset godina i ojačati važnu ulogu instituta u provođenju geoloških istraživanja na dobrobit cijele zajednice te osigurati nesmetano financiranje.

Snagu HGI-CGS-a čini 120 zaposlenika prosječne starosti od 40 godina, od kojih je 50 doktora znanosti i 20 doktoranada, čijim radom i istraživanjima HGI-CGS postaje prepoznatljiv ne samo u Hrvatskoj, već i diljem Europe, što dokazuju brojne znanstvene i stručne kolaboracije s pojedincima i ustanovama iz drugih država.

Radujem se nadograđivanju na dosadašnjim postignućima tijekom 2022. godine. Angažirat ćemo se putem modernizacije Geološke službe kako bismo još više bili na usluzi javnom i privatnom sektoru, te pojedincima i skupinama, kako na nacionalnoj, tako i na međunarodnoj razini.

Slobodan Miko



formulation of a new HGI-CGS strategy will begin in 2022, which will set the guidelines for its development in the next ten years and reinforce the essential role of the HGI-CGS in conducting geological research for the benefit of the entire community, as well as to assure reliable funding.

The strength of HGI-CGS originates from its 120 employees, with an average age of 40 years; of these employees, 50 are doctors of science and 20 are doctoral students. Their work and research has rendered HGI-CGS recognisable not only in Croatia but also throughout Europe, as evidenced by numerous scientific and professional collaborations with individuals and institutions from other countries.

I look forward to expanding the achievements developed thus far in 2022. We will be engaged in the modernisation of the geological survey to better serve the public and private sectors as well as individuals and groups at both national and international levels.

Slobodan Miko



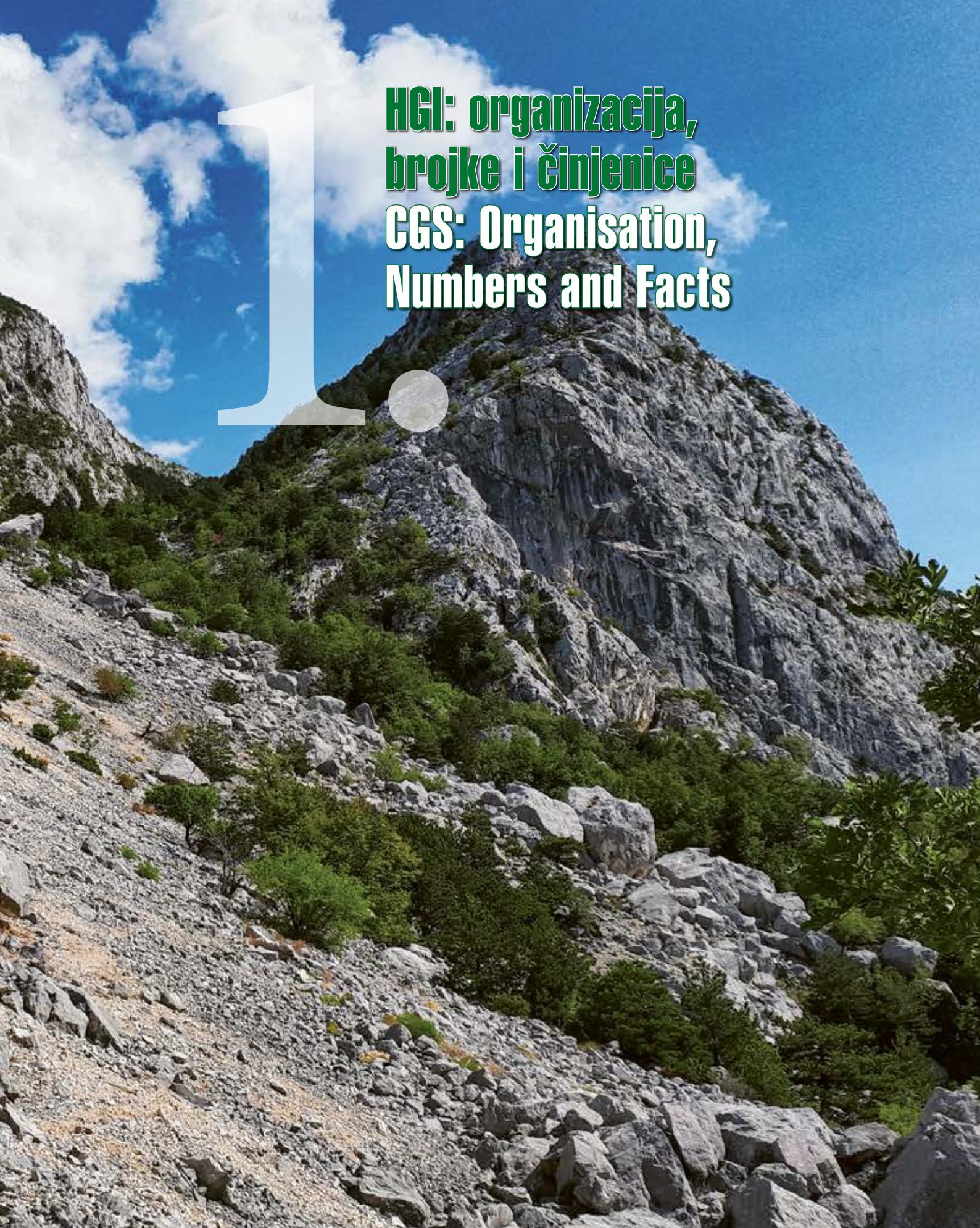


Ostatci djelovanja ledenjaka, Bukovačka draga, Park prirode Biokovo (foto M. Budić)

Remnants of glacier movement in Bukovačka draga, Biokovo Nature Park (photo by M. Budić)

1

HGI: organizacija,  
brojke i činjenice  
CGS: Organisation,  
Numbers and Facts



# Organizacijska struktura, zaposlenici i proračun

## Organizational Scheme, Employees and Budget

**RAVNATELJ | DIRECTOR:**

Dr. sc. Slobodan MIKO  
 tel: (+385 1) 6160-749  
 fax: (+385 1) 6144-718  
 e-mail: slobodan.miko@hgi-cgs.hr

**Tajnica HGI | Secretary of the CGS:**

Mladenka JURČIĆ, dipl. iur.

**UPRAVNO VIJEĆE | GOVERNING BOARD**

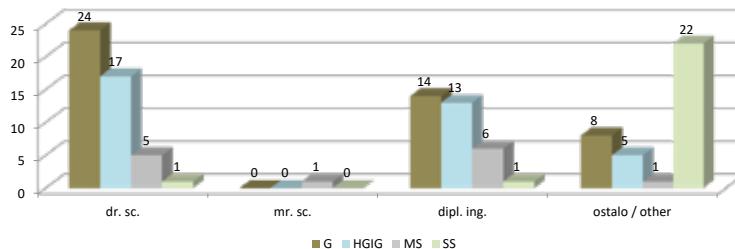
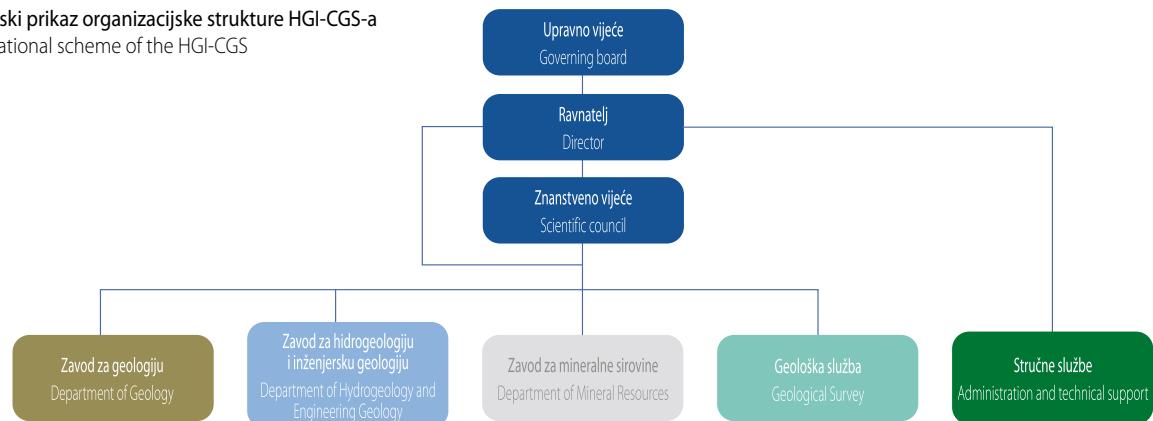
Dr. sc. Dragan KRASIĆ (MINGO\*), predsjednik - Chair  
 Dr. sc. Staša BOROVIĆ (HGI-CGS)  
 Prof. dr. sc. Vlasta ĆOSOVIĆ (PMF\*)  
 Akademik prof. dr. sc. Goran DURN (RGNF\*)  
 Dr. sc. Ozren LARVA (HGI-CGS)

**ZNANSTVENO VIJEĆE | SCIENTIFIC COUNCIL**

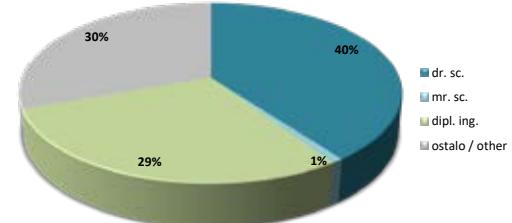
Dr. sc. Željka BRKIĆ, predsjednica – Chair  
 Dr. sc. Tamara MARKOVIĆ, zamjenica predsjednice – Chair deputy  
 Dr. sc. Dea BRUNOVIĆ, tajnica – Secretary  
 Dr. sc. Ivan MIŠUR, tajnik – Secretary  
 Dr. sc. Radovan AVANIĆ  
 Dr. sc. Petra BAJO  
 Dr. sc. Koraljka BAKRAČ  
 Dr. sc. Adriano BANAK  
 Dr. sc. Mirko BELAK  
 Dr. sc. Staša BOROVIĆ  
 Dr. sc. Vlatko BRČIĆ  
 Dr. sc. Maja BRIŠKI  
 Dr. sc. Mihovil BRLEK  
 Dr. sc. Renato BULJAN  
 Dr. sc. Ines GALOVIĆ  
 Dr. sc. Lidija GALOVIĆ  
 Dr. sc. Tonći GRGASOVIĆ  
 Dr. sc. Anita GRIZELJ  
 Dr. sc. Vlatko GULAM  
 Dr. sc. Valentina HAJEK-TADESSE  
 Dr. sc. Ozren HASAN  
 Dr. sc. Marija HORVAT  
 Dr. sc. Nikolina ILLJANIĆ  
 Dr. sc. Tvrtko KORBAR  
 Dr. sc. Branko KORDIĆ  
 Dr. sc. Duje KUKOČ  
 Dr. sc. Tomislav KUREČIĆ  
 Dr. sc. Ozren LARVA  
 Dr. sc. Jasmina LUKAČ REBERSKI  
 Dr. sc. Saša MESIĆ  
 Dr. sc. Slobodan MIKO  
 Dr. sc. Davor POLLAK  
 Dr. sc. Damir SLOVENEC  
 Dr. sc. Andrej STROJ  
 Dr. sc. Ajka ŠORŠA  
 Dr. sc. Josip TERZIĆ  
 Dr. sc. Kosta URUMOVIĆ  
 Dr. sc. Lara WACHA

\*MINGOR – Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja Republike Hrvatske / Ministry of Economy and Sustainable Development of the Republic of Croatia  
 PMF – Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu / Faculty of Science, University of Zagreb  
 RGNF – Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu / Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb

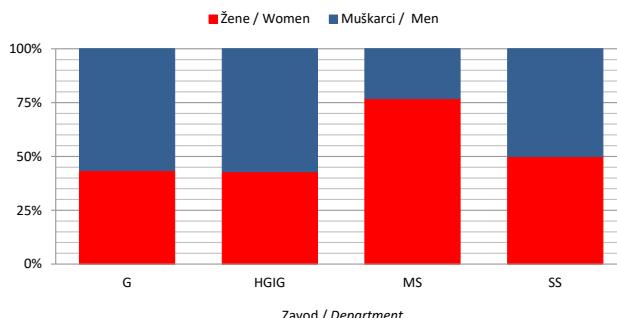
**Shematski prikaz organizacijske strukture HGI-CGS-a**  
Organizational scheme of the HGI-CGS



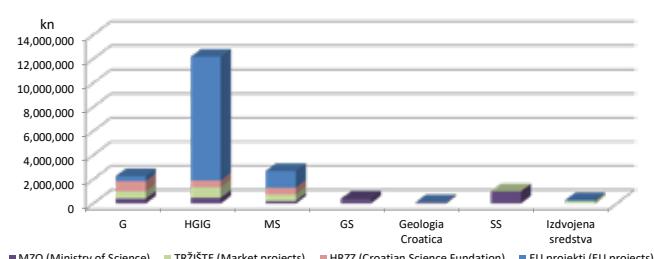
**Struktura zaposlenika prema stručnoj spremi po zavodima 2021. godine**  
Structure of employees according to professional qualifications per department in 2021



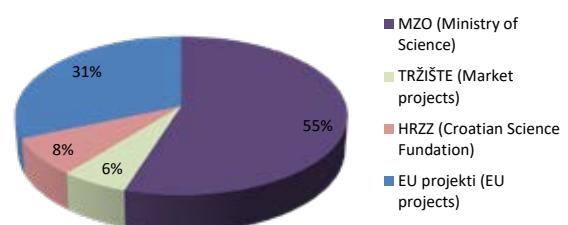
**Obrazovna struktura zaposlenika HGI-CGS-a 2021.**  
Educational structure of the HGI-CGS employees in 2021



**Spolna struktura zaposlenika HGI-CGS-a 2021.**  
Sex composition of the HGI-CGS employees in 2021



**Godišnji prihodi organizacijskih jedinica u 2021.**  
Annual revenue of organizational units in 2021



**Godišnji prihodi HGI-CGS-a, ukupno 25,4 milijuna kn**  
HGI-CGS Annual revenue, total of 25.4 million kn

# Zavod za geologiju

## Department of geology

Predstojnica Zavoda / Head of Department: **dr. sc. Koraljka BAKRAČ**  
 tel: (+385 1) 6160 710  
 fax: (+385 1) 6160 799  
 e-mail: koraljka.bakrac@hgi-cgs.hr



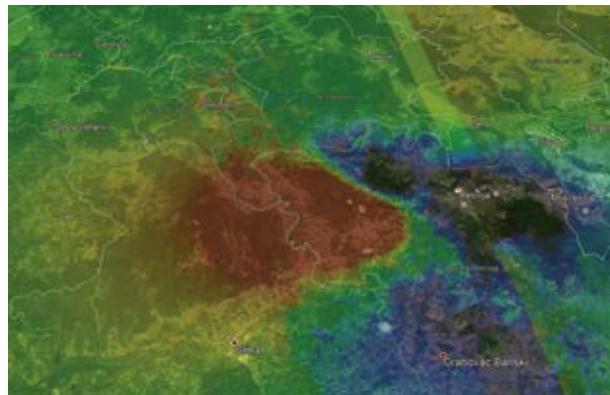
U Zavodu za geologiju zaposleno je 46 djelatnika: 19 na znanstvenim, 14 na stručnim, osmoro na tehničko-administrativnim i pетero na suradničkim radnim mjestima. Ukupno su zaposlena 22 doktora znanosti i sedam doktoranada.

Tradicionalna temeljna djelatnost zavoda vezana je za regionalna geološka istraživanja na području Republike Hrvatske (RH). Svi geolozi u zavodu uključeni su u rad jednog od dvaju temeljnih projekata instituta: Osnovna geološka karta (OGK) RH M 1:50.000 (voditelj T. Korbar) i Osnovna geokemijska karta RH (voditeljica A. Šorša). Tijekom 2021. nastavljen je rad na OGK PP Biokovo (autori L. Fućek i sur.) u suradnji s PP Biokovo (voditelj N. Belić) i na tumaču za list OGK Požeška gora, koji je recenziran krajem godine te je planiran tisak početkom 2022. Započet je projekt izrade OGK NP Plitvička jezera (voditelj V. Brčić) u trajanju od četiri godine.

Tijekom 2021. znanstvena istraživanja provodila su se prvenstveno kroz projekte finansirane od Hrvatske zaklade za znanost (HRZZ): GEOSEKVA (voditelj T. Korbar i 10 djelatnika zavoda), GOST (voditelj D. Slovenec i pet istraživača iz zavoda), PYROSKA (voditelj M. Brlek i šest istraživača iz zavoda), ACCENT (voditeljica L. Galović i jedna istraživačica iz zavoda), QMAD na kojem sudjeluju dvije znanstvenice iz zavoda te TRANITAL i ISSAH na kojima sudjeluje po jedna znanstvenica iz

The Department of Geology hires 46 employees: 19 in scientific positions, 14 in professional ones, eight in technical-administrative positions and five in associate positions. In total, 22 doctors of science and seven doctoral students were been employed. The traditional basic activity of the Department is related to regional geological research in the territory of the Republic of Croatia (RH). All the geologists in the Department are involved in the work of one of its two basic projects: the Basic Geological Map (OGK) of the RH, with a scale of 1:50,000 (principal investigator: T. Korbar) and the Basic Geochemical Map of the RH (principal investigator: A. Šorša). In 2021, the work continued on OGK Nature Park (NP) Biokovo (authors: L. Fućek et al.) in co-operation with NP Biokovo (principal investigator: N. Belić) and on the explanatory notes for the OGK sheet entitled Požeška gora, which was peer reviewed at the end of the year and designed to be published in early 2022. The four-year project of making the OGK NP Plitvice lakes (principal investigator: V. Brčić) has also started.

In 2021, scientific research was conducted primarily through projects that were funded by the Croatian Science Foundation (HRZZ): GEOSEKVA (principal investigator: T. Korbar and 10 employees of the Department), GOST (principal investigator: D. Slovenec and five researchers from the Department), PYROSKA (principal investigator: M. Brlek and six researchers from the Department), ACCENT (principal investigator: L. Galović and one researcher from the Department),

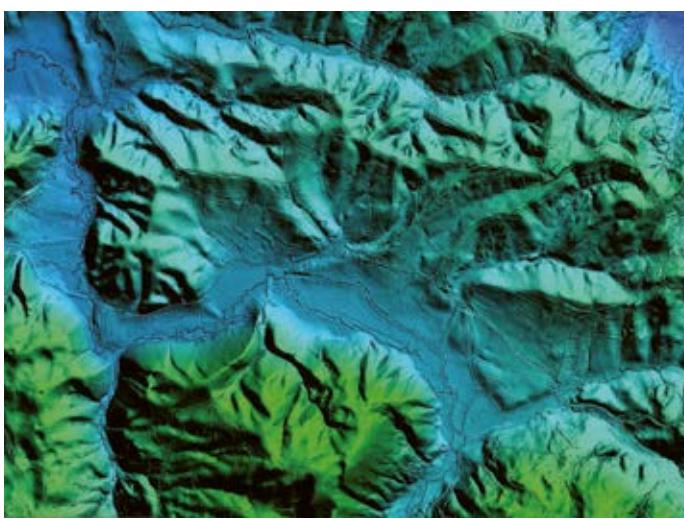


Obrađeni satelitski podaci koji prikazuju površinsku deformaciju u smjeru istok-zapad uzrokovana potresom magnitude MW = 6.3 s epicentrom u Strašniku pored Petrinje 29. prosinca 2020. (B. Kordić)

Processed satellite data demonstrating surface deformation in the east-west direction due to an earthquake with a magnitude of MW = 6.3 and an epicentre in Strašnik near Petrinja on 29 December 2020 (B. Kordić)

zavoda. Zaposlene su dvije doktorandice: N. Hećej u sklopu projekta ACCENT te I. Baniček čiji je doktorat vezan uz projekt QMAD. Također, sudjelujemo i na nekoliko HRZZ projekata koje vode druge institucije u RH (BREEMECO, SEDBAS, GEODEP, MOPRENS). Sudjelovali smo na EU Obzor2020 programima, Twinning – projekt GeoTwinn i ERA-NET – GeoERA – projekti GeoConnect3d (voditelj M. Špelić) i GIP-P (voditelj P. Ferić). Uspješno je završen Interreg DTP projekt SIMONA (voditeljica A. Šorša), a u

tijeku je suradnja na Interreg IPA-CBC projektu RESPONSA. Aktivno smo surađivali s kolegama iz EU vezano za istraživanja petrinjskog potresa. Potpisani je sporazum o suradnji s talijanskim Nacionalnim institutom za geofiziku i vulkanologiju, a u pripremi su slični sporazumi s drugim institucijama iz EU. Planiramo raditi na katalogu aktivnih rasjeda i zaposliti mladog istraživača čija će disertacija biti vezana za tektonsku geomorfologiju.

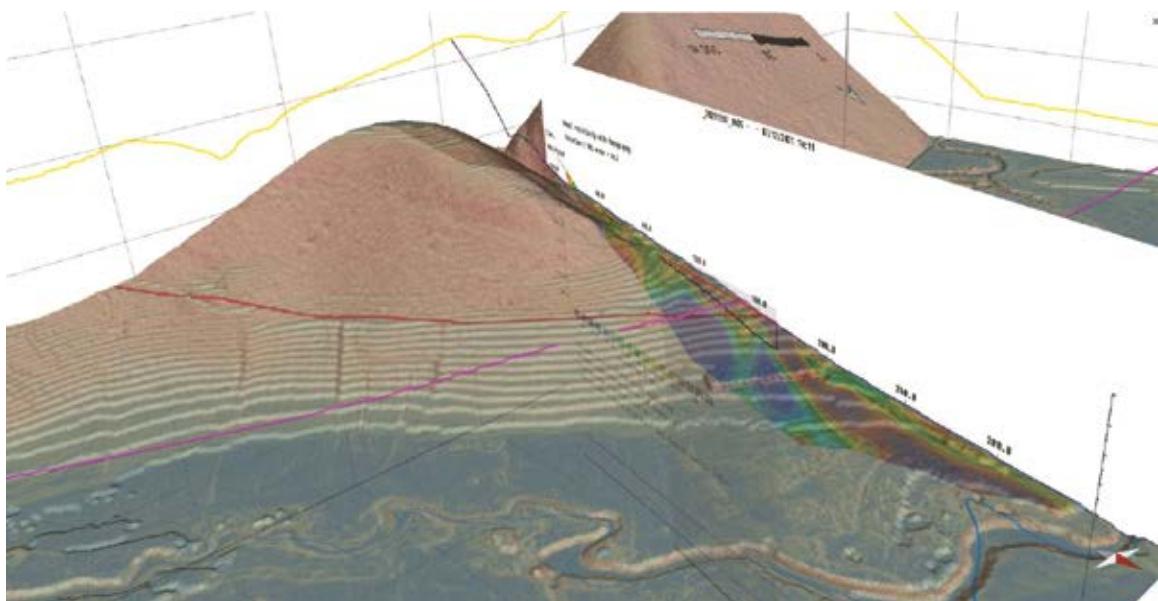


Digitalni model terena visoke rezolucije dobiven na osnovu obrade podataka zračnog laserskog skeniranja (B. Kordić)

High-resolution digital terrain model obtained through air laser scanning and data processing (B. Kordić)

QMAD (with the participation of two scientists from the Department) and TRANITAL and ISSAH (with the participation of one scientist from the Department). Two doctoral students were employed: N. Hećej, for the ACCENT project, and I. Baniček, whose doctoral thesis is related to the QMAD project. In addition, we participated in several HRZZ projects that were led by other institutions in the RH (e.g. BREEMECO, SEDBAS, GEODEP and MOPRENS). Further, we also participated in the European Union (EU)

Horizon 2020 programmes, twinning (GeoTwinn), ERA-NET (GeoERA): GeoConnect3d (principal investigator: M. Špelić) and GIP-P (principal investigator: P. Feric) projects. The Interreg Danube Transnational Programme project SIMONA (principal investigator: A. Šorša) has been successfully completed, while co-operation on the Interreg IPA Cross-Border Co-operation (CBC) project entitled RESPONSA is in progress. We have been actively cooperating with our colleagues from the EU regarding investigations of the Petrinja



Profil geoelektrične tomografije (I. Kosović) snimljen na lokaciji Križ Hrastovački u prosincu 2021. godine prikazan u aplikaciji MOVE (N. Belić)  
Profile of geoelectric tomography (I. Kosović) recorded at the Križ Hrastovački location in December 2021, as shown in the MOVE application (N. Belić)

Obranjene su dvije doktorske disertacije. J. Martinčević Lazar obranila je doktorsku disertaciju „Utjecaj minerala glina na fizička svojstva sitnozrnastih tala podsljemenske zone grada Zagreba“, a K. Petrinjak „Sedimentološke karakteristike južnog dijela Istarskog fliškog bazena“.

S kolegama iz Zavoda za mineralne sirovine započeo je rad na projektu „Usluga kartiranja obalnih i pridnenih morskih staništa u obalom moru RH i pridnenih morskih staništa u hrvatskom epikontinentalnom pojasu u sklopu OPKK projekta Kartiranje obalnih i pridnenih morskih staništa na području Jadranskog mora pod nacionalnom jurisdikcijom“ (voditelj S. Miko). Naručitelj je Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, a očekivano trajanje projekta do 2024. godine.

Sudjelovali smo u popularizaciji geoznanosti kroz interaktivnu izložbu/radionicu „Upoznaj Zemlju – zaviri u mikroskop!“ u organizaciji Odsjeka za popularizaciju geologije i geobaština HGD-a (voditelj D. Palenik) te u promociji geobaštine UNESCO Geoparka Viški arhipelag (voditelj T. Korbar).



Dajk dijabaza u trijaskom dolomitu (M. Vukovski)  
Diabase dyke in the Triassic dolomite (M. Vukovski)



Glaciofluvijalna breča, Biokovo (N. Belić)  
Glaciofluvial breccia, Mount Biokovo (N. Belić)

earthquake. A co-operation agreement has been signed with the Italian National Institute of Geophysics and Volcanology, with similar agreements being prepared with other institutions from the EU countries. We are planning to launch a catalogue of active faults and to employ a young researcher whose dissertation will be related to tectonic geomorphology.

Two doctoral dissertations were defended: J. Martinčević Lazar's doctoral thesis, which was entitled 'The influence of clay minerals on the physical properties of fine-grained soils of the Podsljeme area of the city of Zagreb', and K. Petrinjak's thesis, entitled 'Sedimentological characteristics of the southern part of the Istrian flysch basin'.

Work with our colleagues from the Department of Mineral Resources also began on the project 'Marine habitat mapping of coastal and epicontinental areas of the Croatian part of the Adriatic Sea' (principal investigator: S. Miko). The contracting authority is the Ministry of Economy and Sustainable Development; the expected duration of the project is until the end of 2024.

We participated in the popularisation of the geosciences via an interactive exhibition/workshop entitled 'Meet the Earth – peek into the microscope' organised by the Department for the Popularisation of Geology and Geoheritage of the Croatian Geological Society (head: D. Palenik) and in promotion of the geoheritage of the UNESCO Geopark Vis Archipelago (head: T. Korbar).

# Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju

## Department of hydrogeology and engineering geology

Predstojnik Zavoda / Head of Department: **dr. sc. Josip TERZIĆ**

tel: (+385 1) 6160 700

fax: (+385 1) 6144 713

e-mail: josip.terzic@hgi-cgs.hr



Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju bavi se primijenjenim dijelom geoloških znanosti – geološkim inženjerstvom. U zavodu je 2021. radilo 35 zaposlenika, od čega na stalnim radnim mjestima 25: 12 na znanstvenim radnim mjestima i osmero na stručnim radnim mjestima; uz petero tehničko-administrativnih kolega. Od ostalih zaposlenika u zavodu jedan je poslijedoktorand i dvoje doktoranada na projektima HRZZ-a, te sedmero kolega zaposlenih izravno na projekte Europske unije (EU). Među zaposlenima imamo 17 doktora znanosti, a sedmero kolega radi na disertacijama.

Svi stalno zaposleni geolozi su uključeni u jedan od dvaju temeljnih projekata instituta (Osnovna hidrogeološka karta RH te Osnovna inženjerskogeološka karta RH). U zavodu se aktivno radilo na tri projekta HRZZ-a: TRANITAL (dr. sc. Tamara Marković), ISSAH (dr. sc. Kosta Urumović) i HyTheC (dr. sc. Staša Boročić). Osim toga, provodili su se brojni međunarodni i

The Department of Hydrogeology and Engineering Geology is concerned with the applied part of geological sciences, namely, geological engineering. In 2021, the Department had 35 employees, of which 25 were in permanent positions: 12 in scientific positions, eight in professional positions and five in technical-administrative positions. Regarding the other employees in the Department, one is a postdoctoral student and two are doctoral students on HRZZ projects, in addition to seven young engineers employed directly for EU projects. Among our employees, we have 17 doctors of science, while seven colleagues are working on their doctoral theses.

All the full-time employed geologists are involved in one of the two basic projects of the Department (i.e. the Basic Hydrogeological Map of the RH and Basic Engineering Geological Map of the RH). The Department was actively engaged in three HRZZ projects: TRANITAL (Tamara Marković, PhD), ISSAH (Kosta Urumović, PhD)



Hidrodinamička mjerenja na aktivnoj geotermalnoj bušotini TEB-4 u Topuskom (lijevo) te pokusno crpljenje na neaktivnoj geotermalnoj bušotini Dar-1 u Daruvaru (desno) sklopu projekta HyTheC (foto M. Pola)

Hydrodynamic measurements on an active geothermal well TEB-4 in Topusko (left) and pumping test on an inactive geothermal well Dar-1 in Daruvar (right) in the scope of HyTheC project (photo by M. Pola)



Mjerenje dimenzija urušne vrtače nastale nakon potresa na Banovini (foto T. Frangen)

Measuring the dimensions of a collapsed sinkhole after the earthquake in Banovina (photo by T. Frangen)

nacionalni projekti, te su svi zaposlenici bili maksimalno angažirani. Kontinuirano se radi i na prijavama novih projekata. Iako ove godine nije bilo puno otvorenih poziva, taj je dio aktivnosti održivan kako bismo spremni dočekali otvaranje natječaja tijekom 2022. Objavljen je najveći broj znanstvenih radova do sada, čak 18 radova citiranih u bazi WoS, što znači 1.5 rad po znanstveniku. Donedavno je to bio ciljni broj radova, no stalnim angažmanom svih istraživača na pisanju i objavljivanju radova, i tu će brojku biti moguće nadmašiti.

Zavodski laboratorijski su u potpunosti integrirani u svakodnevni istraživački rad i u znatnoj mjeri doprinose provedbi projekata, izradi disertacija i objavljivanju znanstvenih radova. Imamo četiri laboratorija: inženjerskogeološki, hidrogeološki, laboratorij za geofizička istraživanja i laboratorij za daljinska istraživanja. Laboratorijski se u potpunosti financiraju zavodskim i projektnim sredstvima – od nabave opreme i uređenja prostora, do potrošnog materijala.

Od brojnih fondova i programa u kojima radimo na provođenju znanstvenih i stručnih projekata (HRZZ, Obzor2020, strukturni fondovi EU), posebno se ističe rad na projektima transnacionalne suradnje EU (Interreg) koji se najviše koriste za financiranje istraživačkog rada, zapošljavanje mladih inženjera i nabavu opreme, te povećanje vidljivosti našeg instituta u domovini i Europi.

Novougovorenih tržišnih poslova bilo je manje nego što je uobičajeno, zbog brojnih razloga. Neki od naših tradicionalnih

and HyTheC (Staša Borović, PhD). In addition, numerous international and national projects were conducted, and all the employees were maximally engaged. The Department is also continually applying for new projects. Although this year witnessed less open calls, the pursuit of this objective was maintained in preparation for the opening of the calls in 2022. The largest number of papers was published thus far, of which 18 were cited in the WoS, which amounts to 1.5 papers per scientist. Until recently, this rate was the target number of papers. However, we infer that increasing this number is possible owing to the constant engagement of all the researchers in the process of writing and publishing.

The laboratories of the Department are fully integrated into routine research work and contribute significantly to the implementation of projects, preparation of doctoral theses and publication of scientific papers. We have four laboratories: geological engineering, hydrogeological, geophysical research and remote research. The laboratories are fully funded by institutional and project funds, ranging from the procurement of equipment and materials to interior design.

Of the numerous funds and programmes in which we work to implement scientific and professional projects (e.g. HRZZ, Horizon2020 and EU structural funds), we place a special emphasis on EU transnational co-operation projects (Interreg), which are primarily used to fund research work, employ young engineers and procure equipment as well as increase the visibility of our institute in both the homeland and Europe.



*In situ* mjerena na uzorku vode iz priobalnog izvora Pizdica na otoku Visu (u pozadini) u sklopu projekta DEEPWATER-CE (foto J. Terzić)

*In situ* tests on a water sample from Pizdica coastal spring on the island of Vis (in the background) in the scope of DEEPWATER-CE project (photo by J. Terzić)

investitora, npr. Hrvatske vode, nisu raspisivali uobičajen broj natječaja. Manje projekata može se dijelom pripisati Covid-19 krizi, kao i našem angažmanu na potresom pogodjenim područjima u prvom dijelu godine. Među investitorima tijekom 2021. ističu se: Hrvatske vode, Zagorski vodovod d.o.o., Baranjski vodovod d.o.o., HEP proizvodnja d.o.o., Grad Križevci, Vodovod-Hidrogeološki radovi d.o.o., Vodovod i odvodnja d.o.o., Benkovac, Pomgrad gradnja d.o.o.; Split, Vodovod i kanalizacija d.o.o.; Ogulin, i GeoKol d.o.o., Varaždin.

Zbog katastrofalnog potresa koji je pred sam početak 2021. pogodio Banovinu i okolna područja, brojni su naši istraživači nekoliko mjeseci proveli na pogodjenim područjima, gdje smo svojim znanjem i iskustvom pomagali u prepoznavanju i projektiranju sanacije oštećenja, kao i izradi baza podataka koseizmičkih i postseizmičkih fenomena (npr. likvefakcije, urušne ponikve, klizišta i odroni), te geološki uvjetovane štete na infrastrukturi. Važno je naglasiti kako je HGI-CGS jedina znanstvena institucija koja je ovaj posao radila u potpunosti volonterski radi pomoći stanovništvu, dok su druge uključene znanstvene institucije za taj posao bile plaćene.

The number of newly contracted commercial projects was lower than usual for several reasons. Some of our traditional investors, such as Hrvatske vode (Croatian water management authority), did not announce the typical number of tenders. Moreover, the lower number of projects can be partially attributed to the COVID-19 crisis as well as our engagement in earthquake-stricken areas during the first part of the year. Of the investors during 2021, we highlight the following: Hrvatske vode; Zagorski vodovod d.o.o.; Baranjski vodovod d.o.o.; HEP Proizvodnja d.o.o.; Grad Križevci; Vodovod-Hidrogeološki Radovi d.o.o.; Vodovod i dvodnja d.o.o., Benkovac; Pomgrad Gradnja d.o.o., Split, Vodovod i kanalizacija d.o.o., Ogulin; and GeoKol d.o.o., Varaždin.

Owing to the catastrophic earthquake that hit Banovina and surrounding areas at the very end of 2020, many of our researchers spent several months in the affected areas. Because of our knowledge and experience, we helped in identifying and designing damage repair and in creating databases of co-seismic and post-seismic phenomena (e.g. liquefaction, collapsing sinkholes, landslides and rock falls) and geologically controlled damage in infrastructure. It is worth noting that HGI-CGS was the only scientific institution that engaged in such tasks on an entirely voluntary basis to help the population, while the other scientific institutions that were involved received payment for this work.

# Zavod za mineralne sirovine

## Department of Mineral Resources

Predstojnica Zavoda / Head of Department: **dr. sc. Nikolina ILIJANIĆ**  
 tel.: 358 1 6160 745  
 fax.: 385 1 6144 716  
 e-mail: nikolina.ilijanic@hgi-cgs.hr



U 2021. godini, 12 istraživača, jedna doktorandica i tajnica Zavoda za mineralne sirovine fokusirali su se na istraživanja i aktivnosti vezane za određene vrste mineralnih sirovina i za istraživanja morskih i jezerskih sedimenata na istočnoj jadranskoj obali. Uglavnom su se koncentrirali na ležišta ciglarske gline, kremenih pijesaka i gipseva. Izrađen je elaborat o rezervama ciglarske gline za EP Rečica (Wienerberger) u sklopu kojeg se prethodno provelo geološko istražno bušenje te su jezgre arhivirane u HGI-CGS-u. Kremeni pijesci istraživani su preko provedenih geoloških istražnih bušenja u ležištima Suhaja (Poljana) i Bršljanica u području Moslavacke gore, gdje je izbušeno pet bušotina ukupne duljine 171 m, čije su jezgre arhivirane za daljnja istraživanja. Započela su regionalna istraživanja gipsa prospekcijskim terenskim istraživanjima u području Vrličkog polja, te je utvrđen geološki potencijal. Sistematisacija arhitektonsko-građevnog kamena (AGK) i povijesti njegove upotrebe

In 2021, 12 researchers, one assistant and the secretary of the Department of Mineral Resources focused on certain mineral commodities, and marine and lake sediments research on the eastern Adriatic coast. They mainly concentrated on deposits of brick clays, quartz sands and gypsum. A study on the reserves of brick clay for exploitation field (EP) of Rečica (Wienerberger) was compiled, which resulted in additional exploration drilling, and the



Jezgre sedimentata iz ležišta kremenih pijesaka Suhaja i Bršljanica tijekom uzorkovanja kod skladišta HGI-CGS-a  
 Sediment cores from the Suhaja and Bršljanica quartz sand deposits during sampling at the HGI-CGS repository



u EU nastavila se u okviru GeoERA projekta EuroLithos kroz izradu izvješća o AGK s Brača kao geobaštini, o klesarskoj školi Pučića na Braču i pripremu za izradu digitalnog Atlasa AGK Europe. HGI-CGS također sudjeluje u potprojektu Mintell4EU u ažuriranju Europskog godišnjaka minerala, UNFC klasifikaciji mineralnih sirovina RH i unosu podataka u bazu podataka EU koji se postupno integriraju u zajedničku EU podatkovnu infrastrukturu EGDI, kojom upravlja EuroGeoSuveys (EGS). U sklopu programa GeoERA nastavljen je i projekt FRAME, gdje HGI-CGS sudjeluje u izradi karte kritičnih mineralnih sirovina u Europi. U sklopu ostalih europskih projekata, radilo se na izradi registra ležišta primarnih i sekundarnih mineralnih sirovina RH (projekt RESEERVE), te na interpretaciji geokemijskih istraživanja boksića u RH (projekt REEBAUX). U tijeku su prijave dva projekta iz programa EIT RM, o potencijalu ležišta litija u IJU Europi (Li3T) i reaktivnim mineralima za cementnu industriju (RIS-REACT). Radne aktivnosti uključivale su i podršku MINGOR-u u izradi

cores were archived in HGI-CGS. Quartz sands were explored through exploration drilling in Suhaja (Poljana) and Bršljanica deposits in the area of the Moslavačka gora, where a total of 5 boreholes and 171 m were drilled, and they were archived for further research. Furthermore, regional gypsum geological prospection have begun with reconnaissance field surveys in the area of Vrličko polje, where geological potential has been determined. The systematisation of ornamental stone (AGK) and the history of its use in the EU continued within the GeoERA project EuroLithos through the preparation of a case study report on heritage assessment of quarry landscapes on the Island of Brač, on the Pučića Stonemason School on Brač and the preparation of a digital Atlas of ornamental stones in Europe. HGI-CGS also participates in the Mintell4EU sub-project in updating the European Minerals Yearbook and the UNFC classification of mineral resources and entering data into the EU database, which are gradually integrated into the joint EU data infrastructure EGDI, managed by EuroGeoSuveys. The GeoERA project continued with the FRAME sub-project, where HGI-CGS participates on the compilation of a critical minerals map in Europe. Other European projects included activities on systematization and harmonization of data on deposits of primary and secondary mineral raw materials in the Republic of Croatia (the RESEERVE project) and on the interpretation of a geochemical research of bauxites in Croatia (the REEBAUX project). Moreover, applications are underway for two projects from the European Institute of Innovation and Technology (EIT RM) programme, on the potential of lithium deposits in Eastern and South-Eastern (ESE) Europe (Li3T) and reactive minerals for the cement industry (RIS-REACT). The work activities also included support for MINGOR (Ministry of Economy and Sustainable Development) in drafting the Strategy for the Management of Mineral Resources of the Republic of Croatia and the use of mineral resources and the geological potential of Croatia for stra-



Sudionici terenskog istraživanja pomoću istraživačke platforme „Q2“ u Velenjem blatu  
Participants of field research using the research platform "Q2" in Velo blato





Istraživački brod tijekom geofizičkog snimanja arhipelaga otoka Žirja u suradnji s kolegama sa Sveučilišta u Patrasu (Grčka)

Research vessel during geophysical survey of the archipelago of the island of Žirje in cooperation with colleagues from the University of Patras (Greece)

Strategije gospodarenja mineralnim sirovinama RH i upotrebe mineralnih sirovina, odnosno geološkog potencijala RH, za potrebe strateških dokumenata prostornog planiranja. Edukacije u području daljinskih istraživanja u području mineralnih sirovina (RawMatCop, DIM ESEE-2) rezultirale su opremanjem bes-pilotnim letjelicama koje će nadopuniti istraživanja mineralnih sirovina.

Istraživanja morskih i jezerskih sedimenata provodila su se u okviru HRZZ projekta QMAD, potom EMODnet-Geologija 4 i 5 te projekta istraživanja sedimenata Velog, Malog i Kolanjskog blata, a nastavila su se istraživanja Prološkog blata, dok su započela u Blatskom polju na Korčuli (projekt UKV). Na većem području istraživanja projekta QMAD obavljeno je geofizičko snimanje podmorja višesnopnim i geološkim dubinomjerom (u području NP Kornati, Samogradskih vrata, Jabučke kotline, između otoka Zlarina i Žirja), te bušenje morskih sedimenata u Kornatskom kanalu pomoću istraživačke platforme „Q2“ i klin-pnog korera te niza kratkih jezgri. Novi geološki dubinomjer značajno će doprinijeti jačanju kapaciteta u istraživanju pod-

tegic spatial planning documents. Education of experts in the field of remote sensing with respect to mineral resources (Raw-MatCop and DIM ESEE-2) is supported by new equipment (UAV) that will complement the research of mineral resources.

Marine and lake sediments research was performed within the HRZZ project QMAD, EU project EMODnet-Geology 4 and 5, the project of sediment characterizations from Velo, Malo and Kolanjsko blato (Natura Jadera), project in Blato polje on the Island of Korčula (UKV), and continuous research project in Prološko blato. Regarding the QMAD project, geophysical surveys and assessments of the seabed using a multi-beam sonar and sub-bottom profiler were performed in a wider research area National Park Kornati, Samogradska Vrata, Jabuka Pit and between the islands of Zlarin and Žirje. The long marine sediment cores were recovered in the Kornati Channel using the 'Q2' research platform and a piston corer, and a series of short cores. The new geological sub-bottom profiler (Innomar Compact) will significantly contribute to strengthening the capacity of marine geology research. In the forthcoming period, the geophysical research of the seabed

morja. Geofizička istraživanja podmorja i uzorkovanje morskih sedimenata u sljedećem razdoblju radit će se u sklopu Kartiranja obalnih i pridnenih morskih staništa na području Jadran-skog mora pod nacionalnom jurisdikcijom (MINGOR).

Kvalitetni znanstveni radovi rezultirali su pojedinačnim nagradama najuspješnijim znanstvenicima HGI-CGS, koje su 2021. godine primili O. Hasan, D. Brunović i P. Bajo. Godišnja nagrada za znanost u području prirodnih znanosti dodijeljena je P. Bajo u sklopu dodjele državnih nagrada za znanost od strane Hrvatskog sabora, za objavljeni znanstveni rad u časopisu *Science* kao prva autorica. Tijekom prošle godine odobreno je nekoliko stipendija te su djelatnici sudjelovali na nizu konferencija, uglavnom online, kao i na sastancima međunarodnih projekata i ekspertnih grupa pri EGS-u.

and sampling of marine sediments will be performed as part of the project entitled 'Marine habitat mapping of coastal and epi-continental areas of the Croatian part of the Adriatic Sea' (MINGOR).

High-quality scientific papers have resulted in individual awards to the most successful scientists of HGI-CGS in 2021, namely, O. Hasan, D. Brunović and P. Bajo. The annual award for science in the field of natural sciences was awarded to P. Bajo as part of the state awards for science on behalf of the Croatian Parliament for her paper published in the journal *Science*, for which she was the first author. In the previous year, several scholarships were approved, and the employees participated in numerous conferences, which were primarily held online, as well as in meetings of international projects and EGS expert groups.

# Geološka služba

## Geological Survey

Voditelj službe / Head of the survey: dr. sc. **Slobodan MIKO**

Radi razvoja funkcionalne Geološke službe (GS) u skladu s vremenom u kojem živimo kontinuirano se posljednjih nekoliko godina prišlo obnavljanju IT infrastrukture koje se dijelom provodi i proračunskim sredstvima dobivenim za rad GS-a. Tijekom 2021. godine zaposlenici HGI-CGS-a su kroz GS bili angažirani u procjeni štete nastale Petrinjskim potresom i još uvijek provode aktivnosti kojima se utvrđuje intenzitet katastrofe. Vezano uz posljedice oba potresa koji su zahvatili sjeverozapadnu i središnju Hrvatsku tijekom 2020. i 2021. godine prepoznata je potreba za modernizaciju GS-a. Ova modernizacija planira se provesti putem Hrvatske platforme za smanjenje rizika od katastrofa (HPSRK) uz potporu Ravnateljstva civilne zaštite Ministarstva unutarnjih poslova koje je prepoznao ulogu i potrebu za geološkim podatcima vezanim za klizišta i aktivne rasjede u seizmički aktivnim područjima. U tu svrhu modernizacija GS-a uvrštena je kao aktivnost za provođenje Strategije upravljanja rizicima od katastrofa do 2030. u kojoj je definirana dugoročna razvojna vizija: Republika Hrvatska otpornija na katastrofe. GS sudjeluje u radu glavne radne i stručne radne

To develop a functional geological survey (GS) in accordance with the contemporary times, we have been renewing the IT infrastructure in the past few years, which was partially realised through the budget funds received for the work of the GS. During 2021, HGI-CGS employees were engaged through the GS in assessing the damage caused by the Petrinja earthquake, and activities are still being carried out to determine the intensity of the disaster. Regarding the consequences of both the earthquakes that affected north-western and central Croatia during 2020 and 2021, the need for the modernisation of the GS has been recognised. The implementation of this renewal has been planned through the Croatian Platform for Disaster Risk Reduction (HPSRK) with the support of the Civil Protection Directorate of the Ministry Of Interior, which recognised the role and need for geological data related to landslides and active faults in seismically active areas. To this end, the modernisation of the GS has been included as an activity for the implementation of the Disaster Risk Management Strategy, which defines a long-term development vision, until 2030. The development vision is to enhance the resilience of the RH against disasters. The GS participates in the endeav-



Pukotine uzrokovane bočnim širenjem uz prateći izbačeni sediment i pješčane vulkane kao posljedice likvefakcije u selu Palanjek (snimka bespilotnom letjelicom, J. Barbača i M. Vukovski)  
Cracks caused by lateral extension, with accompanying ejected sediment and sand volcanoes, as a consequence of liquefaction in the village of Palanjek (UAV recording by J. Barbača and M. Vukovski)

skupine HPSRK. Vezano uz aktivnosti procjene šteta uzrokovanih Petrinjskim potresom, GS je kroz inženjersko-geološku procjenu potencijala klizanja zajedno sa Šumarskim i Građevinskim fakultetima Sveučilišta u Zagrebu, izradila procjenu štete vezane uz obnavljanje prirodnih područja oštećenih erozijom tla. Europska komisija je prihvatile procjenu štete u visini od 304 milijuna eura.

Arhiv GS-a sadrži ukupno 15.877 izvještaja, a digitalno ih je pohranjeno 7.095. Putem mrežne stranice HGI-CGS-a preuzeto je tijekom 2021. godine više od 2.200 geoloških karata i tumača OGK mjerila 1:100 000. Povjerenik za informiranje RH proveo je nadzor po pitanju transparentnosti informiranja putem mrežne stranice praćenjem proaktivnog informiranja na internetskim stranicama javnih znanstvenih instituta, te je HGI-CGS rangiran na visoko drugo mjesto od 25 praćenih javnih instituta.

U razdoblju 2022. kroz GS se nastavljaju aktivnosti na području Sisačko-moslavačke županije radi utvrđivanju geoloških posljedica potresa i njihovih površinskih manifestacija (klizišta, pojave erupcije pijeska, deformacije terena uslijed stvaranja/otvaranja ponikvi). Ova aktivnost obavlja se u koordinaciji sa Stožerom civilne zaštite, a rezultat će biti karte stabilnosti za ugroženo područje. Ovu aktivnost nastaviti će provoditi 20-ak geologa iz HGI-CGS-a. U sklopu snimanja koseizmičkih i postseizmičkih površinskih manifestacija kao posljedica petrinjskog potresa, timovima HGI-CGS-a, koji su od samog početka na terenu, pridružit će se i kolege iz inozemnih institucija s kojima su potpisani ugovori o suradnji. Modernizacija Geološke službe uvrštena je kao aktivnost za provođenje Strategije upravljanja rizicima od katastrofa do 2030. kroz shemu za istraživanja seizmičkog djelovanja, uključujući i Centar za protupotresno inženjerstvo. Financiranje navedenih aktivnosti planirano je kroz Nacionalni program oporavka i otpornosti 2021.-2026. Geološki podaci i prilagođavanje INSPIRE direktivi većim dijelom će se obavljati kroz projekt prijavljen u sklopu fonda Horizon Coordination and Support Action (CSA) – C5-D3-CC-02-2021: „Support to the activities of the European Geological Services”.



Koseizmičke deformacije uzrokovane potresom u Petrinji (foto T. Korbar)  
Coseismic deformations caused by the earthquake in Petrinja (photo by T. Korbar)

ours of the main working and expert groups of the HPSRK. Regarding activities that were launched to assess the damage caused by the Petrinja earthquake, the GS and the Faculties of Forestry and Civil Engineering of the University of Zagreb completed a damage assessment with the objective of restoring natural areas. The assessment was implemented by conducting a

geological engineering evaluation of landslide potential in the affected areas. The European Commission has accepted the value of an estimated of 304 million euros in damage.

The GS archive contains a total of 15,877 reports, of which 7,095 have been digitally stored. In 2021, OGK geological maps at a scale of 1:100,000 and related explanatory notes were downloaded more than 2,200 times via the HGI-CGS website. The Information Commissioner of the RH supervised the transparency of information through the web page by monitoring proactive information on the websites of public scientific institutes, where HGI-CGS ranked second out of 25 monitored public research institutes.

In 2022, the GS activities in the Sisak-Moslavina County are continuing in order to determine the geological consequences of earthquakes and their surficial manifestations (e.g. landslides, sand eruptions and terrain deformations due to the formation/opening of sinkholes). This activity will be implemented in coordination with the Civil Protection Headquarters, which is expected to result in stability maps for the endangered area. This activity will continue to be carried out by approximately 20 geologists from HGI-CGS. As part of the recording of co-seismic and post-seismic surface phenomena that resulted from the Petrinja earthquake, the HGI-CGS teams, having been present in the field from the beginning, will be joined by colleagues from foreign institutions with whom co-operation agreements have been signed. The modernisation of the GS has been included in the activities to implement the Disaster Risk Management Strategy until 2030 through a seismic research scheme with the participation of the Centre for Earthquake Engineering. These activities are all planned to receive funding through the National Recovery and Resilience Programme 2021–2026. Geological data and adaptation to the INSPIRE directive will be largely managed through a project that is reported under the Horizon Coordination and Support Action (C5-D3-CC-02-2021): ‘Support for the activities of the European Geological Services’.

# Infrastruktura

## Infrastructure

Autori / Authors: **dr. sc. Ozren HASAN, dr. sc. Iris BOSTJANČIĆ, Ana ČAIĆ JANKOVIĆ, Tea FLUKSI, Jasmina MARTINJAK**

Laboratorijska i terenska oprema Hrvatskoga geološkog instituta redovito se obnavlja ili nabavlja nova. Radi postizanja još boljih znanstvenih rezultata, HGI-CGS je pokrenuo višegodišnji projekt „Obnova infrastrukture i nabava instrumenata u Hrvatskom geološkom institutu – geoznanstveni laboratoriji“ (GEO-LAB), u kojem će se nabaviti nova kapitalna laboratorijska i terenska oprema, te obnoviti ili nadograditi postojeća. Pregled postojeće opreme vidljiv je na <https://sestar.irb.hr/>.

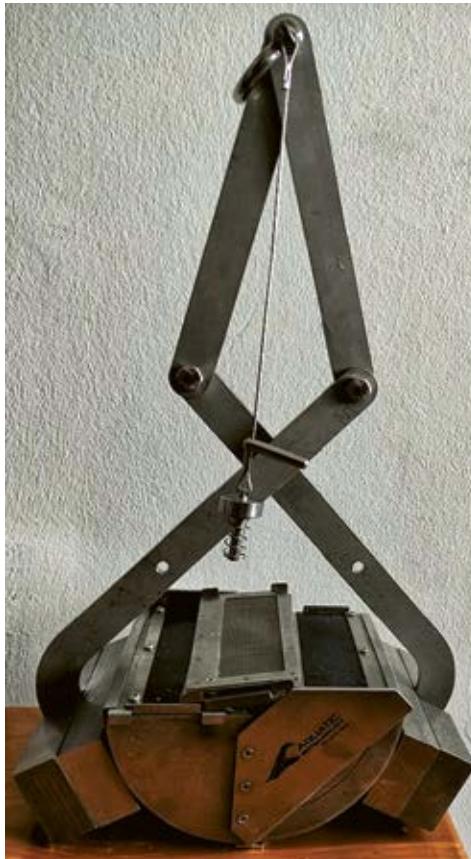
Tijekom 2021. godine laboratoriji Zavoda za geologiju opremljeni su sistem mrežice 500 µm (Retsch). Zavod je nadogradio precizni GPS uređaj (GNSS instrument) antenom, baterijom te adapterima. Nabavljeni su grabilo Ponar grab PG, podvodna kamera Mangrove Explorer EX-FHD-FS-1D, daljinski upravljana ronilica CHASING M2 Pro te pripadajući programski paketi, kao i računalna oprema.

Obavljen je veliki broj priprema uzoraka te značajan broj drugih analiza. Izrađeno je 984 mikroskopskih parata, 203 pripreme separacija teške i lake mineralne frakcije, 94 šlemanja (188 frakcija s izdvajanjem), 8 granulometrijskih analiza s areometrijanjem te pripreme za mikropaleontološke analize: radiolarije (67), nanoplankton i dijatomeje (48), paleontologija (210). Izrezano je 1470 pločica i usitnjeno 303 uzorka. Na rendgenskom difraktometru provedene

The laboratory and field equipment of the HGI-CGS is regularly renewed or procured. To achieve better scientific results, HGI-CGS has launched a multi-annual project for infrastructure renovation and the procurement of instruments: the GEOLAB. The project aims to procure new capital laboratory and field equipment and renew or upgrade existing equipment. An overview of existing equipment can be found at <https://sestar.irb.hr/>.

In 2021, the laboratories of the Department of Geology were equipped with a 500-µm mesh screen (Retsch). The Department upgraded the precision global positioning system device (a global navigation satellite system instrument) with an antenna, battery and adapters. A Ponar PG grab, an underwater camera (Mangrove Explorer EX-FHD-FS-1D), a remote-controlled CHASING M2 Pro ROV and related software packages, as well as IT equipment were procured.

Numerous sample preparations and other analyses were performed. In total, there were 984 microscopic slides prepared, 203 preparations for the separation of heavy and light mineral fractions, 94 micro-and macrofauna analyses (188 fractions with separation), eight granulometric analyses with aerometry and preparations for micropalaeontological analyses of radiolarians (67), nanoplanktonic diatoms (48) and palynology (210). Further, 1,470 thin sections were cut, and 303 samples were pulverised. In addition, 23 semi-quantitative analyses and 61 analyses of clay minerals were per-



Grabilo Ponar grab PG za uzorkovanje sedimenta s tvrdog dna, uključujući pijesak, šljunak, konsolidirani lapor ili glinu (foto J. Barbača)

Ponar grab PG for collecting sediment samples from hard bottoms including sand, gravel, consolidated marl or clay (photo by J. Barbača)



Podvodna kamera Mangrove Explorer EX-FHD-FS-1D s rasvjetom i upravljačkim sustavom, predviđena za korištenje na dubinama do 200 m (foto M. Budić)

Underwater camera Mangrove Explorer EX-FHD-FS-1D with lighting and control system, designed for use at depths up to 200 m (photo by M. Budić)

su 23 semikvantitativne analize i 61 analiza minerala glina, 27 na pretražnom elektronском mikroskopu (SEM), 91 analiza kalcimetrije te značajan broj drugih analiza (granulometrijskih analiza na laserskom difraktometru, kompletnih silikatnih analiza, određivanja  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MnO}$  i  $\text{K}_2\text{O}$ , određivanje kapaciteta zamjene iona (CEC) te bojanja preparata).

Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju u 2021. godini opremljen je novim sustavima bespilotnih letjelica Quantum Trinity F90+ i DJI Matrice 300 RTK, te terestričkim laserskim ske-nerom TRIMBLE X7.

Bespilotnim letjelicama snimljena je ukupna površina od oko 20 km<sup>2</sup>. Snimanja su provedena u sklopu HyTheC i RESPONSA projekta te u sklopu istraživanja vrtača nastalih nakon Petrinjskog potresa. Za istraživanja koseizmičkih pojava i u sklopu projekata HyTheC, MU-HA i DEEPWATER-CE provedena je i geolektrična tomografija. Snimljeno je ukupno 28 profila ukupne duljine 11570 m. Od geofizičkih metoda provedena je i magnetotelurika (36 točaka mjerenja). Terestrička digitalna fotogrametrija primjenjena je za snimanje kosina u kamenolomu Klis-Kosa na Mosoru, te su analize provedene korištenjem ShapeMetrix3D sustava.

U hidrokemijskom laboratoriju provedene su analize stabilnih izotopa kisika i vodika u vodi za 534, analize osnovnih aniona i kationa za 459, ukupnog organskog ugljika za 141 te automatsko određivanje metala u tragovima u vodenim otopinama za oko 400 uzoraka. Održene su analize za 150 uzoraka korišteњem uređaja TOC analizator, IC analizator i Picarro.



Novi sustavi bespilotnih letjelica u ZHIG: a) DJI Matrice 300 RTK, b) Quantum Trinity F90+ (foto T. Frangen)

New unmanned aerial systems in the Department of HIGG: a) DJI Matrix 300 RTK and b) Quantum Trinity F90+ (photo by T. Frangen)

formed on an X-ray diffractometer, of which 27 were observed under a scanning electron microscope (SEM). Moreover, 91 calcimetric analyses and a considerable number of other analyses were conducted (e.g. granulometric analyses by laser diffraction, complete silicate analyses and determination of  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MnO}$  and  $\text{K}_2\text{O}$ , together with ion exchange capacity [CEC] and staining of the preparations).

In 2021, the Department of Hydrogeology and Engineering Geology was equipped with Quantum Trinity F90+ and DJI Matrix 300 RTK unmanned aerial systems as well as the TRIMBLE X7 terrestrial laser scanner.

A total area of approximately 20 km<sup>2</sup> was scanned using unmanned aerial vehicles. The recordings were conducted within the framework of the HyTheC and RESPONSA projects and as a part of the investigation of sinkholes that formed after the Petrinja earthquake. Geoelectrical tomography was performed both in the research of co-seismic phenomena and within the HyTheC, MU-HA and DEEPWATER-CE projects. In total, 28 profiles with a total length of 11,570 m were recorded. Magnetotellurics (36 measurement points) was also included as one of the geophysical methods used in the research. Terrestrial digital photogrammetry was applied with the objective of recording the slopes at the Klis-Kosa quarry in Mount Mosor, and analyses were performed using the ShapeMetrix3D system.

In the hydrochemical laboratory, analyses of stable isotopes of oxygen and hydrogen in water were performed for 534 samples, of basic anions and cations for 459 samples, and of total organic carbon for 141 samples, and an automatic determination of trace metals in aqueous solutions was conducted for approximately 400



Korištenje ShapeMetrix3D sustava za inženjerskogeološku analizu podataka dobivenih terestričkom digitalnom fotogrametrijom u kamenolomu Klis-Kosa na Mosoru (foto D. Navratil)

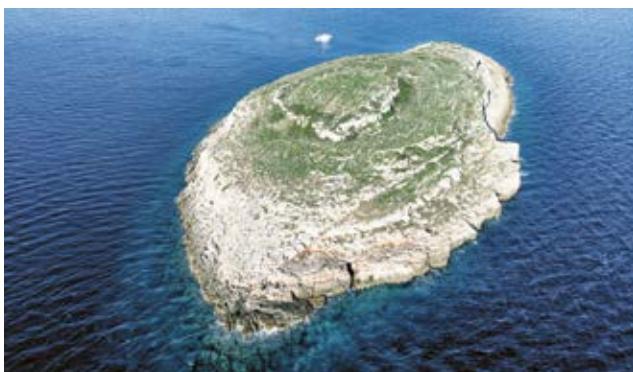
Use of ShapeMetrix3D system for geological engineering analysis of data obtained by terrestrial digital photogrammetry in the Klis-Kosa quarry in Mount Mosor (photo by D. Navratil)

Zavod za mineralne sirovine opremljen je s dvije bespilotne letjelice DJI Phantom 4 RTK i DJI Mavic Mini. Nabavljen je geološki dubinomjer Innomar Compact, za geofizičko istraživanje sedimenata podmorja. Za potrebe istih istraživanja unaprijeđena je istražna platforma Q2 setom električnih vitala. Nabavljena je kamera GoPro 10 s vodootpornim kućištem za snimanje dna na dubinama do 60 m.

Tijekom 2021. godine provedene su 1033 analize ugljika i dušika u tlu. Na rendgenskom difraktometru izrađeno je 376 mineraloških analiza. Laserski difraktometar korišten je za mjerjenje granulometrije 682 uzorka sedimenata dok je na magnetometru izvedeno 2205 mjerena. Na SEM-u je izrađen veći broj analiza za potrebe više znanstvenih radova.

Višesnropni dubinomjer je korišten za snimanje morfologije dna Kornatskog kanala te prostora oko otoka Žirja, čime je pokriveno 103 km<sup>2</sup> podmorja. Panoramskim dubinomjerom snimljena je morfologija dna Prokljanskog jezera, Prološkog blata, te Velog blata na otoku Pagu.

Knjižnica HGI je i u 2021. godini radila po epidemiološkim mjerama te se komunikacija s korisnicima uglavnom odvijala e-



Otočić Samograd u arhipelagu Kornata snimljen bespilotnom letjelicom DJI Mavic Mini (foto O. Hasan)

The islet of Samograd in the Kornati archipelago taken using the DJI Mavic Mini drone (photo by O. Hasan)

samples. Further, analyses were performed on 150 samples using a TOC analyser, IC analyser and Picarro.

The Department of Mineral Resources was equipped with two unmanned aerial vehicles: DJI Phantom 4 RTK and DJI Mavic Mini. The Innomar Compact Sub-Bottom Profiler was procured for geophysical research of marine sediments. Q2 research platform was up-



Bespijotna letjelica DJI Phantom 4 RTK (foto N. Gizdavec)  
DJI Phantom 4 RTK drone (photo by N. Gizdavec)

mailom i telefonom. Nastavljen je s nabavkom knjiga i časopisa razmjenom s časopisom *Geologia Croatica* koji je i ove godine izšao u tri redovita broja. Nastavljen je rad na digitalizaciji separata znanstvenih radova pa u knjižnici sada već postoji lijepa zbirka skeniranih separata. Dio tražene literature nabavljen je u suradnji s kolegama i kolegicama iz srodnih knjižnica te Nacionalne sveučilišne knjižnice.

Za 2022. godinu plan je nastaviti s provjerom stanja građe i otpisati građu koja se više ne koristi. Tijekom 2021. godine u bazu podataka Arhive Hrvatskog geološkog instituta unesena su 73 nova izvještaja, tako da sada baza sadrži ukupno 15851 izvještaja. Ukupno je skenirano 7095 izvještaja. Za skeniranje je preostalo još 8680 izvještaja, međutim neki više nisu dostupni i stoga je taj broj sigurno manji.



Geološki dubinomjer Innomar Compact (foto O. Hasan)  
Innomar Compact Sub-Bottom Profiler (photo by O. Hasan)

graded with a set of electric winches to achieve a more efficient sediment sampling. A GoPro 10 camera with a waterproof case for capturing the sea bottom at depths of approximately 60 m was also purchased.

In the previous year 1,033 analyses of soil carbon and nitrogen were conducted, while 376 mineralogical analyses were performed on the X-ray diffractometer. A laser diffractometer was used for the particle size analysis of 682 sediment samples, whereas 2, 205 measurements were performed using a magnetometer. Further, numerous analyses have been conducted using a SEM to be used in several scientific papers.

Multibeam echosounder was used to record the sea-floor bathymetry and morphology of the Kornati Channel and the area around the Island of Žirje, which covers 103 km<sup>2</sup> of the sea floor. The morphologies of the bottom of the Prokljan Lake, Prološko Blato and Velo Blato on the Island of Pag were recorded using a side-scan sonar.

The HGI-CGS library continued work in 2021 according to epidemiological measures. For this reason, communication with users occurred mainly through e-mail and phone. Book and journal supplies continued efficiently via an exchange with the journal *Geologia Croatica*, which was published in three regular issues this year, as usual. Work has continued on the conversion of the printed versions of scientific papers into electronic forms such that the library currently stores a respectable collection of scanned and separate prints of scientific papers. Part of the required literature was acquired in collaboration with colleagues from related libraries and the National University Library. For 2022, the plan is to continue checking the condition of the archive materials and write off portions that are no longer used. During 2021, 73 new reports entered the HGI-CGS archive database, which subsequently contains a total of 15,851 reports. Overall, 7,095 printed reports were scanned; around 8,680 reports have yet to be scanned. However, some of these reports are no longer available, which decreased the number of future electronic versions.

2.

Program geoloških  
karata  
Geological mapping  
programme



Problematična struktura na Papuku (foto M. Pola)  
Problematic structure at Papuk Mt. (photo by M. Pola)

# Program geoloških karata

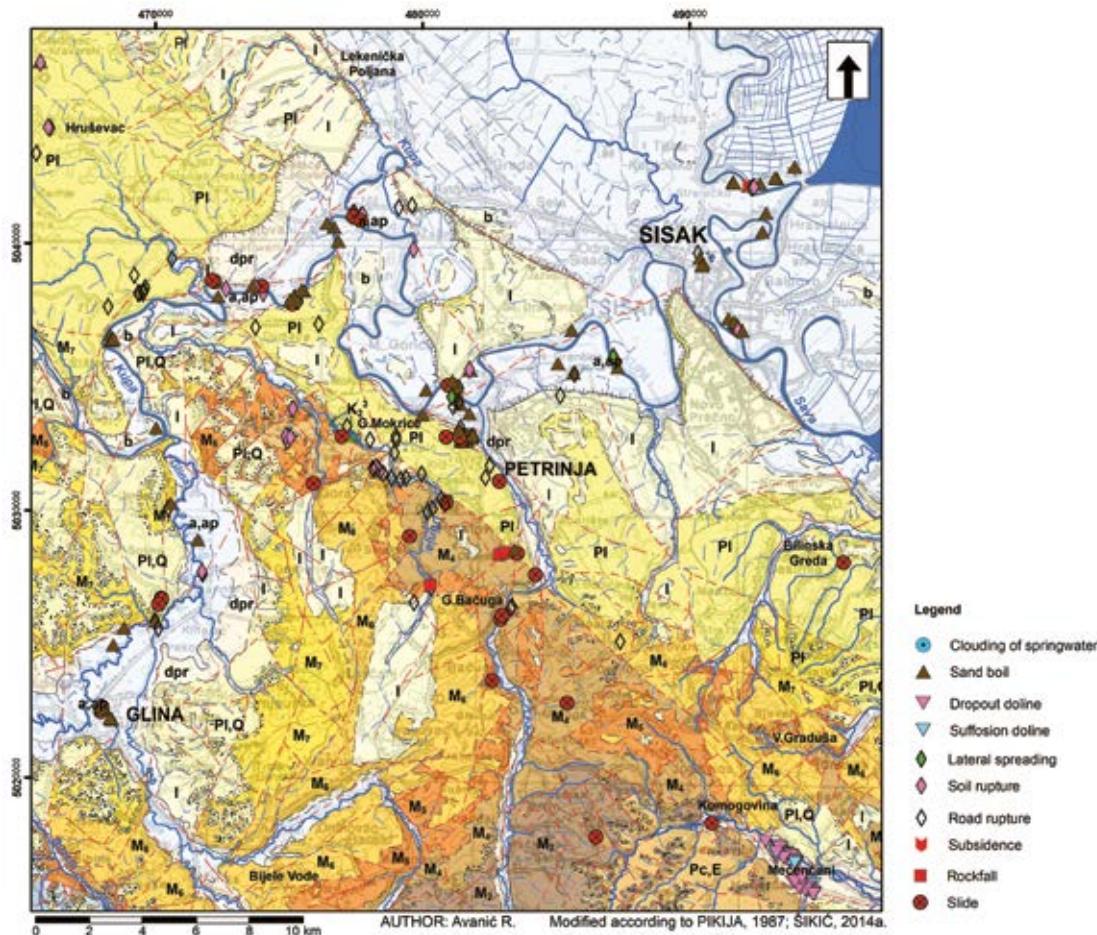
## Geological Mapping Programme

Autori / Authors: dr. sc. Slobodan MIKO, Nikola GIZDAVEC, dr. sc. Ozren HASAN, dr. sc. Tvrto KORBAR,  
dr. sc. Davor POLLAK, dr. sc. Ajka ŠORŠA, dr. sc. Josip TERZIĆ

<https://www.hgi-cgs.hr/program-geoloskih-karata/>

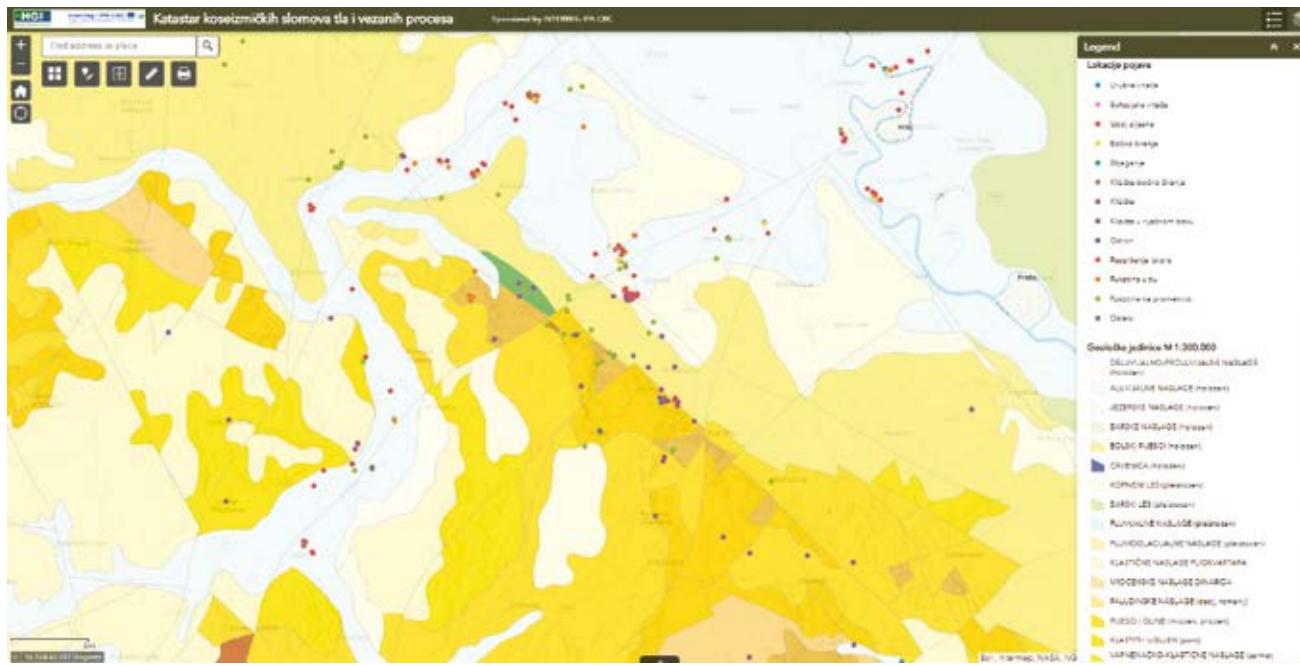
Geološke se karte u HGI-CGS-u izrađuju u sklopu Programa geoloških karta RH, koji se sastoji od šest tematskih cjelina. Izrada geoloških karata važan je dio identiteta Hrvatskoga geološkog instituta i strateška aktivnost. Zbog činjenice da ne postoji sustavno financiranje rada na osnovnim kartama, kao niti vrjednovanje rezultata instituciji, svi su istraživači uključeni u brojne

Geological maps are made in HGI-CGS within the Programme of Geological Maps of the RH, which consists of six thematic units. The production of geological maps is an important part of the identity of the HGI-CGS, representing its strategic activity. Because no systematic funding exists for basic geological mapping and its results are not adequately valorised, all the researchers are involved



Karta koseizmičkih pojava i procesa nakon niza potresa u Banovini

Map of co-seismic phenomena and processes after a series of earthquakes in the Banovina area



Izgled WMS servisa za pregled i prijavu koseizmički iniciranih slomova tla  
Appearance of the WMS service for inspection and reporting of co-seismically induced soil failures

projekte – kako kompetitivne (HRZZ, Horizon, Interreg), tako i tržišne. Prikupljeni podatci će, osim same implementacije projekata, lako biti uključeni u odgovarajuće karte kada se uspostavi financiranje i vrijednovanje ovog temeljnog projekta. Usپoredo s time, velik se broj podataka znanstveno obrađuje te redovito objavljuje.

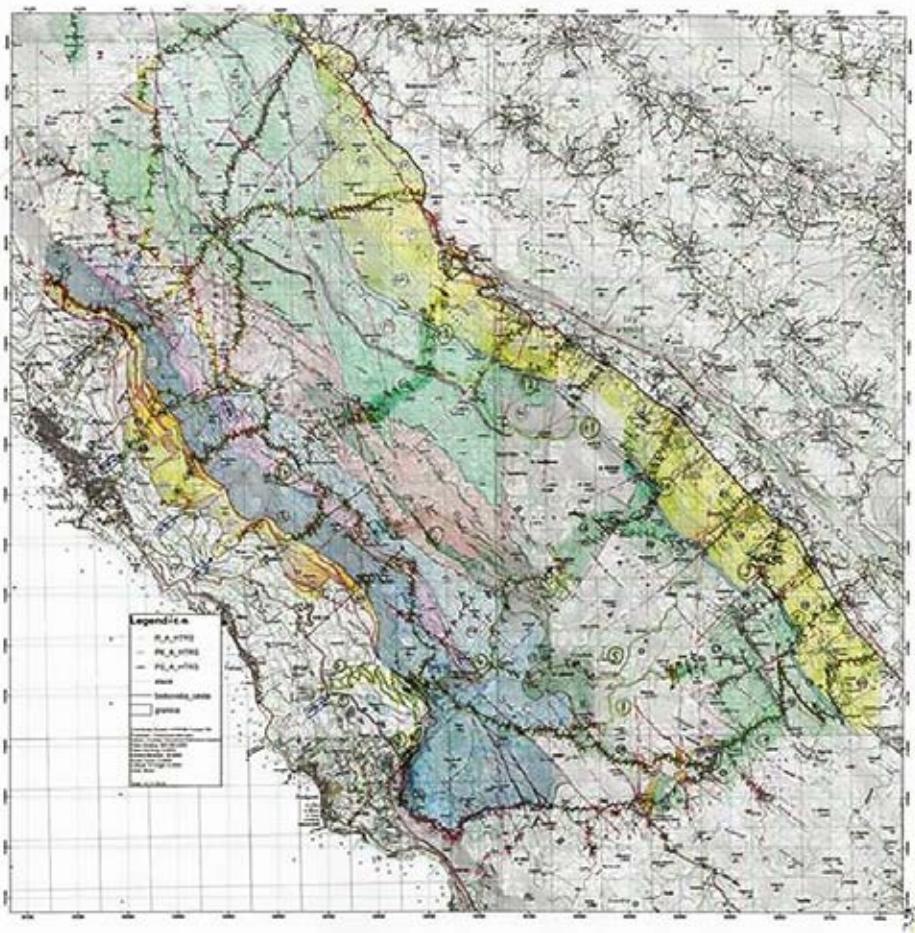
Tijekom 2021. nastavljen je rad na **Osnovnoj geološkoj karti** na području PP Biokovo (autori L. Fućek i sur.) u suradnji s PP Biokovo (voditelj N. Belić) i na tumaču za list OGK Požeška gora (urednici: J. Halamić i M. Belak), koji je krajem godine i recenziran te je planiran tiskak početkom 2022.). To će biti prvi objavljeni tumač nove OGK. Započet je projekt izrade OGK NP Plitvička jezera (voditelj V. Brčić) u trajanju od četiri godine.

U radu na **Osnovnoj hidrogeološkoj karti** tijekom 2021. sudjelovalo je 12 istraživača. Prikupljanju i obradi podataka također je doprinijelo osmoro mladih istraživača koji su zaposleni na HRZZ ili Interreg projektima, koji se pretežito bave hidrogeološkom tematikom. Stručnjaci su podijeljeni u dvije glavne tematske skupine – krški Dinaridi i Panonski bazen, zbog izrazito različitih pristupa istraživanjima ovih dviju prirodnih cjelina RH. Geotermalna i hidrotermalna istraživanja također se mogu izdvojiti kao posebna cjelina unutar temeljnog projekta OHGK. Tijekom 2021. objavljeno je desetak znanstvenih radova, čije će spoznaje, primjene metoda i zaključci činiti važan dio budućih izdanja OHGK. Osim toga, trenutno

in numerous projects: both the competitive (HRZZ, Horizon and Interreg) and the commercial ones. The collected data, save for the project implementation itself, will be easily included in the relevant maps after establishing the financing and valorisation of this fundamental project. At the same time, a substantial amount of data is scientifically processed and published on a regular basis.

In 2021, work continued on the **Basic Geological Map** in the area of PP Biokovo (authors: L. Fućek et al.) in co-operation with PP Biokovo (principal investigator: N. Belić) and on the explanatory notes for the OGK Požeška gora sheet (editors: J. Halamić and M. Belak), which was peer reviewed at the end of the year and scheduled for publishing in early 2022. This will be the first published explanatory note of the new OGK. The project of making the OGK NP Plitvice Lakes (principal investigator: V. Brčić) for a duration of four years has also begun.

In 2021, 12 researchers participated in the work on the **Basic Hydrogeological Map (OHGK)**. Eight young researchers employed at the Croatian Science Foundation or Interreg projects, which mainly address hydrogeological topics, also contributed to the collection and processing of data. Experts were divided into two main thematic groups, namely, the Karst Dinarides and the Pannonian Basin, owing to the extremely different research approaches in these two natural units of the RH. Geothermal and hydrothermal research can also be considered a sub-unit within the core OHGK project. In the same year, 12 scientific papers were



Radna karta OGK PP Biokovo (Fuček i sur.)

Working map of OGK PP Biokovo (Fuček et al.)

je u različitim fazama izrade čak pet doktorskih disertacija hidrogeološke tematike.

U radu na **Osnovnoj inženjerskogeološkoj karti RH** sudjeluje osam istraživača. Inženjerskogeološka grupa istraživača potpomognuta geologima drugih specijalnosti je tijekom 2021. godine intenzivno radila na procjeni opasnosti i sagedavanju razmjera šteta koje je prouzročio niz potresa u Petrinji i okolicu. Podaci koseizmički iniciranih geohazardnih procesa i pojava (vrtače, likvefakcije, klizišta i dr.) koje su prikupili dje-latnici HGI-CGS-a, ali i eksperti iz drugih znanstvenih organizacija i službi te tvrtki u RH, su centralizirano prikazani na mrežnim stranicama HGI-CGS-a i javno su dostupni (<https://www.hqi-cgs.hr/potres-procesi-wms>).

Ostale aktivnosti su uglavnom bile bazirane na prikupljanju i pohrani podataka iz različitih projekata o karakterističnim i specifičnim IG značajkama jedinica i kompleksa. Također, ekspertni tim OIGK i dalje prikuplja i pohranjuje podatke o ka-

published; their findings, method applications and conclusions will form an important part of the future editions of the OHGK. In addition, as many as five doctoral dissertations on hydrogeological topics are currently at various stages of preparation.

Eight researchers are participating in the activities related to the **Basic Engineering Geological Map of the RH (OIGK)**. In 2021, an geological engineering group of researchers, assisted by geologists of other specialties, worked intensively on hazard assessment and the development of the appropriate perspective regarding the extent of damage caused by a series of earthquakes in Petrinja and its surroundings. Data from co-seismically initiated geohazard processes and phenomena (e.g. sinkholes, liquefaction and landslides) were collected not only by HGI-CGS employees but also by experts from other scientific organisations, services and companies in the RH. These data have been integrated on the HGI-CGS website and made publicly available (<https://www.hgi-cgs.hr/potres-procesi-wms/>).

rakterističnim i specifičnim geohazardnim procesima i pojavama, i kontinuirano nadopunjuje katastar klizišta koji je javno dostupan na mrežnom portalu „Prijavi klizište“ (<https://www.hgi-cgs.hr/prijava-klizista/>). Po prijavama građana tijekom 2021. godine također je sustavno obavljana prospekcija i verifikacija klizišta za koja su izrađeni kratki izvještaji s mišljenjem.

U proteklom razdoblju rad na **Karti mineralnih sirovina RH** provodio se kroz dodatnu sistematizaciju baze podataka mineralnih ležišta. Područja istraživanja su Karlovačka i Ličko-senjska županija. Korišteni su arhivski podatci HGI-CGS-a, ali i dostupne topografske podloge Državne geodetske uprave, sve kao priprema za izradu rudarsko – geoloških studija.

Baza podataka **Osnovne geokemijske karte RH** bit će nadopunjena podatcima uzorkovanja koje je provedeno na području Blatskog polja na Korčuli. Tamo su na 31 lokaciji uzorkovana tla na dubinama 0-20 cm i 30-50 cm, čiji će se geokemijski sastav moći usporediti s rezultatima analiza tala uzorkovanih na istim lokacijama prije deset godina. Osim ukupnog geokemijskog sastava, analizirani su i udjeli ukupnog ugljika, organskog ugljika i dušika u tlima, kao i izotopi ugljika i dušika. Geokemijska istraživanja provode se i u morskim sedimentima. Analize ugljika, dušika, ukupnog organskog ugljika i ukupnog anorganskog ugljika analizirane su u uzorcima morskog dna i sedimentnim jezgrama područja estuarija rijeke Krke. Na sedimentnim jezgrama su izvedene i kemijske analize pomoću rendgenske fluorescencije (XRF). Rad na projektu

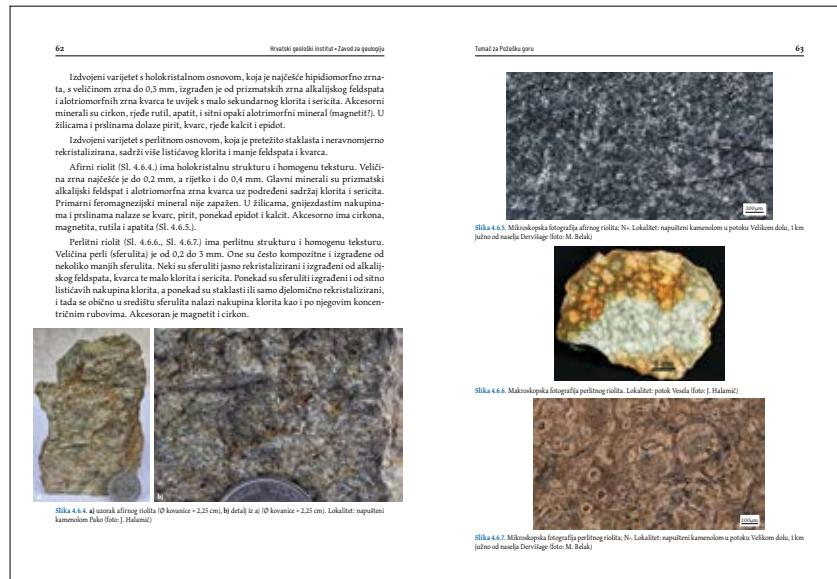
Other activities were primarily based on the collection and storage of data from various projects on the characteristics and specific IG characteristics of units and complexes. In addition, the OIGK expert team continues to collect and store data on characteristic and specific geohazard processes and phenomena and constantly updates the landslide cadastre, which is publicly available on the web portal ‘Report the landslide’ (<https://www.hgi-cgs.hr/prijava-easter/>). According to local reports, landslide prospecting and verification were also systematically conducted in 2021, for which short reports with opinions were prepared.

In the previous period, work on the **Map of Mineral Resources of the RH** was conducted through an additional systematisation of the database of mineral deposits. The research areas comprised the Karlovac and Lika-Senj counties. The archival data of HGI-CGS and the available topographic bases of the State Geodetic Administration of the RH were all used in preparation for conducting mining and geological studies.

The database of the **Basic Geochemical Map of the RH** will be supplemented with data from the sampling campaign carried out in the area of Blatsko polje on the Korčula Island. At 31 locations, soils were sampled at depths of 0–20 cm and 30–50 cm; their geochemical composition will be compared to the soil analyses from the sampling campaign at the same locations done ten years ago. In addition to the bulk geochemical composition, the total carbon, organic carbon and nitrogen in soils, as well as carbon and nitrogen isotopes were analysed. Furthermore, geo-



Naslovica Tumača za Požešku goru te primjer izgleda tumača  
Cover of the explanatory notes for the Požeška gora and an example of its appearance



Slika 4.6.4. a) unutarnji alfitni riolit (0 kovanice + 2,25 cm), b) detalj iz a) (0 kovanice + 2,25 cm); Lokalitet: napušteni kamendom u potoku Velikom dolu, 1 km južno od naselja Devrlje (foto J. Halamić)

Slika 4.6.5. Mikroskopska fotografija alfitnog riolita; N- Lokalitet: napušteni kamendom u potoku Velikom dolu, 1 km južno od naselja Devrlje (foto M. Belak)

Slika 4.6.6. Mikroskopska fotografija perlitnog riolita; Lokalitet: potok Vodici (foto J. Halamić)

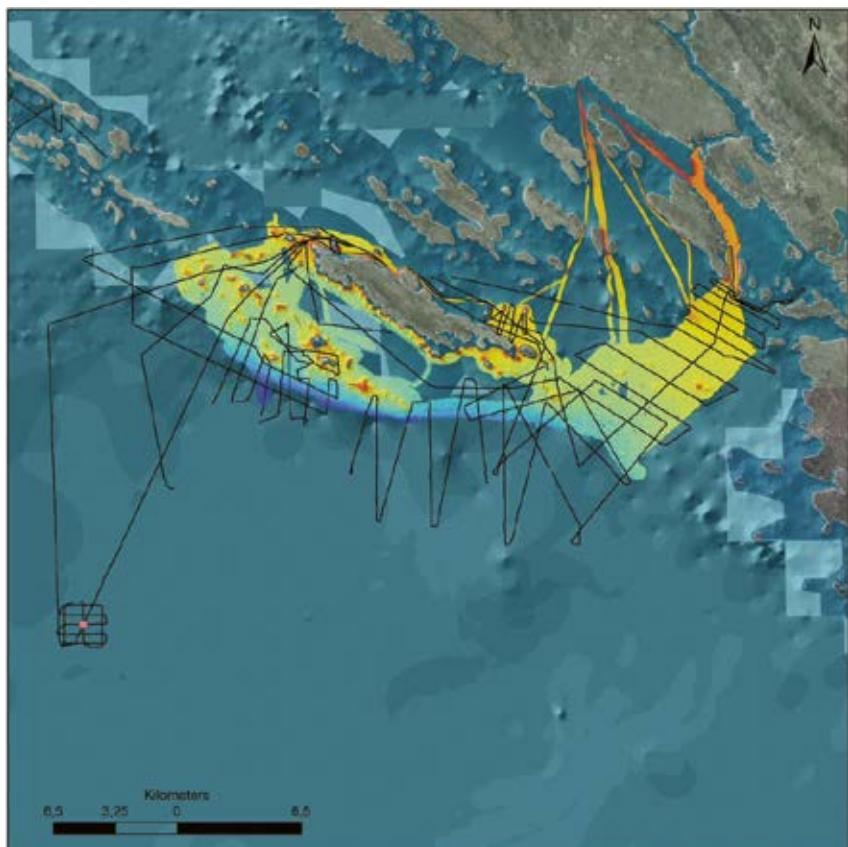
Slika 4.6.7. Mikroskopska fotografija perlitnog riolita; N- Lokalitet: napušteni kamendom u potoku Velikom dolu, 1 km južno od naselja Devrlje (foto M. Belak)

GEMAS (<https://www.eurogeosurveys.org/expertgroups/geochemistry/>) se nastavio objavljivanjem kartografskih podataka on-line. Karte analiza pojedinih kemijskih elemenata prikupljenih u sklopu projekta dostupne su na poveznici <https://geoviewer.bgr.de>.

Rad na izradi **Geološke karte jadranskog podmorja RH** provodio se tijekom 2021. prvenstveno kroz projekte QMAD i EMODnet-Geologija 5 koji će se nastaviti i u 2022. godini, na lokacijama koje su predmeti istraživanja navedenih projekata. Tijekom 2021. god. kartiranje podmorja provodilo se na području Kornatskog kanala, Jabučke kotline i šireg područja između otoka Zlarina i Žirja, pomoću višesnopnog dubinomjera i geološkog dubinomjera te uzimanjem uzoraka morskog dna. Tijekom 2022. planira se obaviti kartiranje više od 1000 km<sup>2</sup> na području između Dugog otoka, Nacionalnog parka Kornati i Žutskog kanala u sklopu projekta kartiranja obalnih i pridnenih morskih staništa u obalnom moru RH i pridnenih morskih staništa u hrvatskom epikontinentalnom pojusu. HGI-CGS je zadužen za izradu karata sedimenata na temelju akustičnih snimanja višesnopnim i panoramskim dubinomjerom. Cilj projekta je detaljno kartiranje više od 6500 km<sup>2</sup> jadranskog podmorja.

chemical research was performed in marine sediments. Analyses of carbon, nitrogen, total organic carbon and total inorganic carbon were conducted in seabed samples and cored sediments of the Krka estuary. X-ray fluorescence chemical analyses were performed on the sedimentary cores. Work on the GEMAS project (<https://www.eurogeosurveys.org/expertgroups/geochemistry/>) was continued through the publication of cartographic data online. Maps of the analyses of individual chemical elements collected during the project campaign are available at <https://geoviewer.bgr.de>.

Activities related to the **Map of the Adriatic Sea-Floor Geology** of the RH were conducted in 2021 primarily through the QMAD and EMODnet-Geology 5 projects, which will continue in 2022 at locations subject to research within the frameworks of the aforementioned projects. Moreover, sea-floor mapping was performed in the areas of the Kornati Channel and the Jabuka Pit as well as in the wider area between the islands of Zlarin and Žirje, combining the MBES bathymetry and acoustic sub-bottom profiling with sea-floor sampling. In 2022, the plan is to map an area of more than 1,000 km<sup>2</sup> between Dugi otok Island, Kornati NP and the Žut Channel as part of the project entitled 'Marine habitat mapping of coastal and epicontinental areas of the Croatian part of the Adriatic Sea'. HGI-CGS is in charge of constructing maps of seabed sediments based on MBES bathymetry and side-scan sonar measurements. The objective of the project is to produce a detailed map of more than 6,500 km<sup>2</sup> of the Adriatic sea-floor.



Pregledna karta provedenih istraživanja podmorja RH uz otok Žirje i Zlarin te rub Jabučke kotline

Overview map of the sea-floor research of the RH along the Islands of Žirje and Zlarin and at the edge of the Jabuka Pit



Lokvarsko jezero u jesen (foto M. Briški)  
Lokvarsko lake in the autumn (photo by M. Briški)

# 3.

## Projekti Projects



# Projekti programa Obzor 2020

## Projects from Horizon 2020 programme

**EuroLithos** – European Ornamental stone resources, EU H2020 GEOERA, Ž. Dedić, 2018.-2021., <http://geoera.eu/projects/eurolithos/>

**FRAME** – Forecasting and Assessing Europe's Strategic and Raw Materials Needs, EU H2020 GEOERA, Ž. Dedić, 2018.-2021., <http://geoera.eu/projects/frame/>

**GeoTwinn** – Strengthening research in the Croatian Geological Survey: Geoscience-Twinning to develop state-of-the-art subsurface modelling capability and scientific impact, EU H2020, D. Pollak, 2018-2021; <http://geotwinn.eu>

**GeoConnect3d** – Cross-border, cross-thematic multiscale framework for combining geological models and data for resource appraisal and policy support, EU H2020 GeoERA, M. Šepelić, 2018-2021, <https://geoera.eu/projects/geoconnect3d6/>

**GIP-P** – GeoERA Information Platform Project, EU H2020 GeoERA, P. Ferić, 2018-2021, <https://geoera.eu/projects/gip-p/>

**HotLime** - Mapping and Assessment of Geothermal Plays in Deep Carbonate Rocks – Cross-domain Implications and Impacts, EU H2020 – GEOERA, S. Borović, 2018-2021; <https://geoera.eu/projects/hotlime6/>

**HOVER** – Hydrological processes and Geological settings over Europe controlling dissolved geogenic and anthropogenic

elements in groundwater of relevance to human health and the status of dependent ecosystems, EU H2020 –GEOERA, O. Larva, 2018-2021; <https://geoera.eu/projects/hover8/>

**Mintel4EU** – Mineral Intelligence for Europe, EU H2020 GEOERA, Ž. Dedić, 2018.-2021., <http://geoera.eu/projects/min-tell4eu/>

**MUSE** – Managing Urban Shallow geothermal Energy, EU H2020 – GEOERA, 2018-2021, S. Borović; <https://geoera.eu/projects/muse3/>

**REEBAUX** – Prospects of REE recovery from bauxite and bauxite residue in the ESEE region, EU EIT Raw Materials, S. Miko, 2018.-2021., <http://reebaux.gfz.hr/>

**RESEERVE** – Mineral potential of the Eastern and South-Eastern Europe region, EU EIT Raw Materials, Ž. Dedić, 2018.-2021., <https://eitrawmaterials.eu/project/reseerve/>

**RESOURCE** – Resources of groundwater harmonized at cross-border and pan-European scale, EU H2020 – GEOERA, A. Stroj, 2018-2021; <https://geoera.eu/projects/resource9/>

**TACTIC** – Tools for Assessment of ClimaTe change ImpacT on groundwater and adaptation Strategies, EU H2020 – GEOERA, A. Stroj, 2018-2021; <https://geoera.eu/projects/tactic9/>

# Projekti Hrvatske zaklade za znanost

## Projects funded by the Croatian science foundation

**ACCENT** – Abrupt climate changes – Evidence from Quaternary sedimentological sequences in Croatia - Nagle klimatske promjene – Dokazi iz kvartarnih sedimentoloških zapisa u Hrvatskoj, HRZZ, L. Galović, 1. 4. 2021. – 31. 3. 2025. <http://accent.hgi-cgs.hr/>

**GEOSEKVA** – Geološki i seizmološki aspekti geodinamike Kvarnera - razotkrivanje kvarnerskog rasjeda, HRZZ, T. Korbar, 2017-2021, <https://geosekva.wordpress.com/>

**GOST** – Vulkano-sedimentne sukcesije sjeverozapadne Hrvatske i njihova uloga u razumijevanju geodinamike Paleotetisa tijekom srednjeg trijasa, HRZZ, D. Slovenec, 1.12.2019-30.11.2023, <https://projectgost.wordpress.com>

**HyTheC** – Multidisciplinarni pristup izradi konceptualnih modela hidrotermalnih sustava, HRZZ, S. Borović, 2020-2025.; <https://www.hgi-cgs.hr/hythe/>

**ISSAH** – Utjecaj specifične površine oplošja čestice na hidrogeološka svojstva praporja i na njima razvijenih tala istočne Hrvatske, HRZZ, K. Uromović, 2018-2022; <http://issah.org/>

**PYROSKA** – Miocene syn-rift evolution of the North Croatian Basin (Carpathian-Pannonian Region): a multi-proxy approach, correlation and integration of sedimentary and volcanic record, HRZZ, M. Brlek, 30.12.2019.-29.12.2024, <https://pyroska.wordpress.com/>

**QMAD** – Porijeklo i taloženje sedimenata u vrijeme kasno kvartarnih promjena morske razine: Sustav rijeke Krke i Srednjojadranske kotline, HRZZ, S. Miko, 2019.-2023., <http://qmad.hgi-cgs.hr/>

**TRANITAL** – Podrijetlo, ponašanje i modeliranje trasporta nitrata u varaždinskom aluvijalnom vodonosniku, HRZZ, T. Marković, 2017-2021; <http://tranital.eu/>

## Projekti fondova Europske unije Projects funded by the European union

**boDEREC-CE** – Board for Detection and Assessment of Pharmaceutical Drug Residues in Drinking Water - Capacity Building for Water Management in CE, Interreg Central Europe, J. Terzić, 2019-2022; <https://www.interreg-central.eu/Content.Node/boDEREC-CE.html>

**DEEPWATER-CE** – Developing an integrated implementation framework for Managed Aquifer Recharge solutions to facilitate the protection of Central European water resources endangered by climate change and user conflict, Interreg Central Europe, S. Borović, 2018-2022; <https://www.interreg-central.eu/Content.Node/DEEPWATER-CE.html>

**EMODnet Geologija-4** – The European Marine Observation and Data network, EU EASME DG MARE, Vallius Henry (GTK), voditelj iz HGI-CGS-a S. Miko, 2019.-2021., <https://www.emodnet-geology.eu/>

**EMODnet Geologija-5** – The European Marine Observation and Data network, EU EASME DG MARE, Vallius Henry (GTK), voditelj iz HGI-CGS-a S. Miko, 2021.-2023., <https://www.emodnet-geology.eu/>

**MUHA** – Multihazard Framework for Water Related Risks Management, Interreg Adriion, J. Lukač Reberski, 2020-2022.; <https://muha.adriioninterreg.eu/>

**RESPONSA** – Response to landslide and flash flood risk with early warning system design, Interreg – IPA CBC, V. Gulam, 2020-2023; <https://www.interreg-hr-ba-me2014-2020.eu/project/responsa/>

**SIMONA** – Sediment-quality Information, Monitoring and Assessment System to support transnational cooperation for joint Danube Basin water management”, Interreg Danube Transnational Programme, A. Šorša, 2018-2021, <http://www.interreg-danube.eu/approved-projects/simona>

## Strukturni fondovi Structural Funds

**DeltaSal** – Napredni sustav motrenja agroekosustava u riziku od zaslanjivanja i onečišćenja, Ministarstvo zaštite okoliša i energetike / Strukturni fondovi, Ž. Brkić, 2020. - 2023., <https://deltasal.hr/>

**UKV** – Upravljanje krškim priobalnim vodnosnicima ugroženima klimatskim promjenama, Ministarstvo zaštite okoliša i energetike / Strukturni fondovi, J. Terzić, 2020. - 2022.; <https://www.hgi-cgs.hr/ukv/>

# Projekti u suradnji s privredom

## Commercial projects

Analiza Na-fluoresceina, Winner Project d.o.o. Sarajevo, T. Marković, 2021.

Field visit of upper Rječina River with aim of assessment of morphological changes of the riverbed - one day, WWF Adria, A. Stroj, 2021.

Geološko-prospekcijska istraživanja ležišta gipsa u Vrličkom polju, SAINT-GOBAIN Construction Products Croatia d.o.o., N. Gisdavec, 2021. - 2022.

IG istražni radovi za potrebe izrade stručnog mišljenja o geotehničkim uvjetima stabilnosti i potrebnim rudarskim radovima na sanaciji površinskih i podzemnih kopova ležišta boksita Foča u općini Promina, Enhydro d.o.o., D. Navratil, 2020. - 2021.

Istraživanja za utvrđivanje "zatečenog" stanja podzemnih voda i površinskih voda za potrebe izrade glavnih projekata Sn Vransko polje - I. faza - Podsustav Malo Blato i Podsustav Gorčine, Hrvatske vode, J. Terzić, 2020. - 2021.

Izgradnja piezometarskih polja na aktivnim vodocrpilištima - I. faza, GeoKol d.o.o., K. Urumović, 2021.

Izrada dokumentacije o ocjenjivanju, Hrvatska akreditacijska agencija, J. Terzić, 2021.

Izrada geološke karte i inventarizacija geološke baštine na području parka prirode Biokovo, PP Biokovo, N. Belić, 2019. - 2022.

Izrada izvješća o geološkoj prospekciji potencijalnosti ležišta mineralne sirovine na lokaciji "Močilje", Kamen d.d., V. Brčić, 2021.

Izrada Elaborata o geomehaničkim uvjetima sanacije kamenoloma na eksploracijskom polju "Klis-Kosa" - inženjersko-geološki istražni radovi, Pomgrad Gradnja d.o.o., D. Navratil, 2021.

Izrada okolišne studije o utjecaju SPA centra na lokalni okoliš, Grad Križevci, T. Marković, 2021.

Izrada projekta revitalizacije tri zdenca - hidrogeološki nadzor nad raodvima, Baranjski Vodovod d.o.o., K. Urumović, 2021.

Izrada Studije o rudarsko-geološkom potencijalu podzemne eksploracije arhitektonsko-građevnog kamena u nastavku eksploracijskog polja Kanfanar-jug i njenog utjecaja na pro-

stor i okoliš - geološki / inženjerskogeološki istražni radovi, Kamen d.d., D. Navratil, 2020. - 2021.

Kartiranje obalnih i pridnenih morskih staništa u obalnom moru RH i pridnenih morskih staništa u hrvatskom epikontinentalnom pojasu u sklopu OPKK projekta Kartiranje obalnih i pridnenih morskih staništa na području Jadranskog mora pod nacionalnom jurisdikcijom (KK.06.5.1.02.0001) - Grupa 1: Usluga kartiranja područja obalnog mora, MINGOR, konzorcij OIKON, IOR, HGI-CGS, GEOF-UNIZG, IRB, S. Miko, 2021. - 2023.

Kartiranje obalnih i pridnenih morskih staništa u obalnom moru RH i pridnenih morskih staništa u hrvatskom epikontinentalnom pojasu u sklopu OPKK projekta Kartiranje obalnih i pridnenih morskih staništa na području Jadranskog mora pod nacionalnom jurisdikcijom" (KK.06.5.1.02.0001) - Grupa 2: Usluga kartiranja područja epikontinentalnog pojasa, MINGOR, konzorcij OIKON, IOR, HGI-CGS, GEOF-UNIZG, IRB, S. Miko, 2021. - 2023.

Nastavak hidrogeološkog i hidrološkog monitoringa na zapadnom dijelu Ivanšice sa ciljem definiranja bilance i dinamike istjecanja podzemnih voda, Zagorski vodovod d.o.o, O. Lava, 2020. - 2021.

NATURAVITA - Provedba istražnih radova, uspostava sustava i provedba monitoringa, s interpretacijom rezultata - Analize jezgara iz istražno-piezometarskih bušotina na području PP Kopački rit, Hrvatske vode, K. Urumović, 2020. - 2021.

Potencijalna ležišta kremenih pjesaka u Hrvatskoj za staklarSKU industriju (Pješčanica, Branešći, Novo Selo, Poljana), Mineral Geo Green Consulting, M. Copic i N. Gisdavec, 2021.

Pružanje stručnih usluga u području promocije geološke baštine Geoparka Viški arhipelag, Udruga Geopark Viški arhipelag, T. Korbar, 2021. - 2022.

Pružanje usluge specijalističkog nadzora: geološko-geomorfološko-speleološko-biospeleološkog nadzora, PP Velebit, M. Kuhta, 2019. - 2022.

Regionalna istraživanja potencijalnih ležišta kremenih pjesaka u RH (Branešći i Suhaja), QUARZWERKE GmbH, B. Kruk, 2021.

Snimanje prašume Čorkova uvala LiDAR tehnologijom i obrada dobivenih podataka, NP Plitvička jezera", B. Kordić, 2021.

Snimanje stare pošte u Novskoj, Spektar projekt d.o.o., B. Kordić, 2021.

Strategija gospodarenja mineralnim sirovinama Republike Hrvatske, Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja (MINGOR), S. Miko, 2019. - 2021.

Stručni nadzor nad nastavkom hidrogeoloških istražnih rada-va na području Ivanšćice izvođenje istražnih bušotina, lokacija Čivragi, Zagorski vodovod d.o.o., O. Larva, 2021.

Ugovor za praćenje izdašnosti izvorišta Malo Vrelo - Lička Jesenica, Vodovod i kanalizacija d.o.o. Ogulin, A. Stroj, 2021 - 2022.

Usluga analize sedimenata Velog i Malog blata te Kolanskog blata na otoku Pagu, JU Natura-Jadera, Zadarska županija, N. Ilijanić, 2021.

Usluga vodoistražnih ispitivanja i izrada elaborata zona santi-tarne zaštite izvorišta Belečka Selnica, Zagorski vodovod d.o.o., O. Larva, 2021. - 2022.

Vodoistražni radovi u špilji Golubinka, Vodovod i odvodnja d.o.o. Benkovac, A. Stroj, 2021. - 2022.

XRD analize, ARCHEOLAB, A. Grizelj, 2021.

XRD analize, Građevinsko - arhitektonski fakultet Sveučilišta u Osijeku, J. Martinčević Lazar, 2021.

4

**Odabrani projekti  
programa Obzor 2020  
Selected projects from  
Horizon 2020 programme**

Pontiadinium szentiae sp. nova vrsta gornjopanonskog  
dinoflagelata iz Našica (foto V. Baranyi)

Pontiadinium szentiae sp. New species of Upper  
Pannonian dinoflagellate from Našice (photo by V. Baranyi)

25 µm

# GeoTwinn: Jačanje istraživanja u Hrvatskom geološkom institutu: geoznanstveni twinning za razvoj sposobnosti suvremenog modeliranja podzemlja i znanstvenog odjeka

## Strengthening research in the Croatian Geological Survey: Geoscience-Twinning to develop state-of-the-art subsurface modelling capability and scientific impact

Voditelj projekta / Principal investigator: **dr. sc. Davor POLLAK**

<http://geotwinn.eu/>

Suradnja HGI-CGS-a s dva vodeća geoznanstvena istraživačka instituta, Geološkom službom Danske i Greenlanđa (GEUS) i Britanskom geološkom službom (BGS) odigrala je značajnu ulogu u jačanju istraživačkog kapaciteta HGI-CGS-a pružanjem edukacija i treninga za više od 40% HGI-CGS-ovog geoznanstvenog

istraživačkog osoblja. Tijekom više od tri godine provedbe „twinning“ suradnja je poboljšala izvrsnost istraživanja, kompetencije i istraživački profil osoblja HGI-CGS-a u sljedećim temama: 3D geološkom istraživanju i modeliranju, modeliranju toka podzemne vode i transporta zagađivača, daljinskom detektiranju i analizi geohazardnih procesa i istraživanju geotermalne energije. Osim toga, projekt je istraživačima HGI-CGS-a omogućio uspostavljanje veza i umreženost s jakim inozemnim partnerima koje omogućavaju dosezanje visokokvalitetnih rezultata, razvoj inovativnih proizvoda te pružanje rezultata najviših znanstvenih i tehničkih standarda korisnicima i dionicima HGI-CGS-a.



Druga projektna radionica u GEUS-u, Kopenhagen  
Second project workshop at GEUS, Copenhagen

The co-operation between HGI-CGS and two leading geoscientific research institutes—the Geological Survey of Denmark and Greenland (GEUS) and the British Geological Survey (BGS)—has played a notable role in strengthening the research capacity of HGI-CGS by providing education and training for more than 40 % of the geoscientific research staff of HGI-CGS. In more

than three years of ‘twinning’, this collaboration has improved the research excellence, competencies and research profile of the HGI-CGS staff in the following topics: 3D geological research and modelling, groundwater flow modelling, pollutant transport modelling, remote sensing and analysis of geohazard processes and geothermal energy research. The project also enabled HGI-CGS researchers to establish links and networks with strong foreign partners and, thus, facilitate the achievement of high-quality results, development of innovative products and provision of results in accordance with the highest scientific and technological standards to HGI-CGS customers and stakeholders. In addition, co-operation within the scope of the GeoTwinn project has improved the repu-

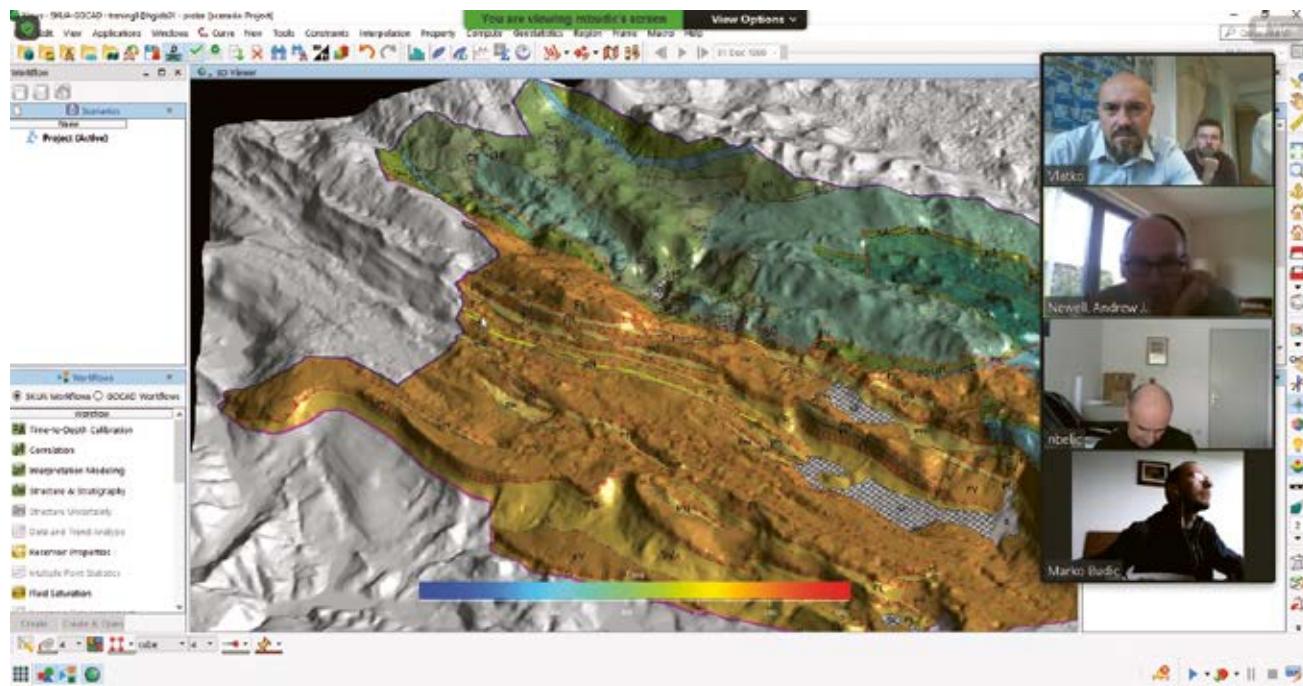
Suradnja u sklopu projekta GeoTwin je također počela ugled, atraktivnost i kanale umrežavanja svih institucija konzorcija. Očekuje se da će učinak projekta i suradnja s vremenom rasti i biti poticaj partnerskim institucijama u pokretanju intenzivnijeg i fokusiranog istraživanja o temama od zajedničkog interesa, pokretanju inovacija, stvaranju i razvoju novih pristupa te povećati mobilnost znanstvenika.



3D vizualizacija geoloških podataka, BGS, Nottingham

3D geological data visualisation, BGS, Nottingham

tation, attractiveness and networking channels of all consortium institutions. The impact of the project and co-operation is expected to increase over time and encourage partner institutions to launch other intensive and focused investigations on topics of common interest, thereby driving innovation, creating and developing new approaches and increasing the mobility of scientists.



Online trening 3D geološkog modeliranja

Online training of 3D geological modelling

# GeoERA: Uspostava istraživačkog prostora europskih geoloških službi i stvaranje geološke službe za Europu

## Establishing the European Geological Surveys Research Area to deliver a Geological Service for Europe

Koordinator za HGI-CGS / Coordinator for HGI-CGS: **dr. sc. Slobodan MIKO**

Autorica teksta / Author of the text: **dr. sc. Staša BOROVIĆ**

<https://geoera.eu/>

Program akronima **GeoERA** sufinancirala je Europska unija 2018.-2021. u sklopu programa Obzor 2020. Program je obuhvaćao četiri teme iz područja primijenjenih geoznanosti: geoenergija, podzemna voda, mineralne sirovine i informacijska platforma.

HGI-CGS je bio uključen u tri projekta iz tema geoenergija (GeoConnect<sup>3d</sup> - koordinator Marko Špelić, HotLime i MUSE – koord. S. Borović), podzemne vode (HOVER – koord. O. Larva, RESOURCE i TACTIC – koord. A. Stroj) i mineralne sirovine (EuroLithos, FRAME i Mintell4EU - koordinator Ž. Dedić) te u informacijsku platformu (GIP-P – koord. A. Šorša i P. Ferić)

Projekt **GeoConnect<sup>3d</sup>** bavio se izradom smjernica za sinergijsko upravljanje podzemljem. Uspostavljena je metodologija za procjenu istraženosti i dostupnosti podataka u određenim područjima gdje se eksplotiraju različiti resursi (npr. geotermalna voda, pitka podzemna voda, ugljikovodici). Najvažniji izrađeni dokumenti su digitalni tematski zemljovidovi područja Panonskog bazena i Rajnskog grabena.

Projekt **HotLime** se bavio kartiranjem i procjenom geotermalnih resursa u raspucalim i okršenim karbonatnim stijenama na većim dubinama sa ciljem njihove bolje fizikalne karakterizacije radi smanjenja rizika koji su vezani uz iskoristavanje potencijala ove vrste geotermalnih vodonosnika. U Hrvatskoj je kao pilotno područje odabran Zagrebački geotermalni vodonosnik te su postojeći podatci sintetizirani i interpretirani na suvremenu način u suradnji s drugim geološkim službama.

Projekt **MUSE** je istraživao resurse i moguće sukobe interesa povezane s korištenjem plitke geotermalne energije (SGE) u urbaniziranim područjima. Najinteresantnije isporuke obuhvaćaju katalog tehničkih rješenja za korištenje i istraživanje SGE te pre-

The GeoERA program was co-financed by the European Union 2018-2021 as part of the Horizon 2020 program. The program covered four topics in the field of applied geosciences: geoenergy, groundwater, raw materials and information platform.

HGI-CGS was involved in three projects on the topics of geoenergy (GeoConnect3d - coordinator Marko Špelić, HotLime and MUSE - coordinator S. Borović), groundwater (HOVER - coordinator O. Larva, RESOURCE and TACTIC - coordinator A. Stroj) and mineral raw materials (EuroLithos, FRAME and Mintell4EU - coordinator Ž. Dedić), and in the information platform (GIP-P - coordinators A. Šorša and P. Ferić)

The **GeoConnect<sup>3d</sup>** project developed guidelines for synergistic subsurface management. A methodology has been established to assess research and data availability in specific areas where different resources are exploited (e.g. geothermal water, drinking groundwater, hydrocarbons). The most important documents produced are digital thematic maps of the Pannonian Basin and the Rhine Graben.

The **HotLime** project dealt with the mapping and assessment of geothermal resources in fractured and karstified carbonate rocks at greater depths to provide better characterisation in order to reduce the risks associated with exploiting the potential of such geothermal aquifers. In Croatia, the Zagreb geothermal aquifer was selected as a pilot area, and the existing data were synthesized and interpreted in a contemporary manner in cooperation with other geological survey organisations.

The **MUSE** project was researching the resources and possible conflicts of interest related to the use of shallow geothermal energy (SGE) in urban areas. The most interesting deliverables include a



Prikaz osnovne geotermijske procjene „topline na lokaciji“ za Zagrebački geotermalni vodonosnik izrađene u sklopu projekta HotLime (iz EGDI-ja)

Overview of the basic geothermal estimate of "heat in place" for the Zagreb geothermal aquifer made in the scope of the HotLime project (from EGDI)

gleđ istraživanja provedenih na pokusnim područjima u različitim evropskim gradovima gdje se koriste različite tehnologije, kao i metodologije istraživanja SGE.

U fokusu projekta **HOVER** bilo je postizanje razumijevanja mehanizama koji kontroliraju kvalitetu podzemnih voda diljem Europe koristeći ekspertizu i podatke koje države posjeduju. Projekt se bavio pitanjima upravljanja podzemnim vodama vezanima uz pitku vodu, zdravlje ljudi i zdravlje ekosustava diljem Europe u odnosu na geogene elemente i antropogene izvore onečišćenja. U okviru projekta izrađene su različite smjernice, tematske karte i mrežni servisi, a među važnijim ističu se tri karte za procjenu utjecaja difuznih onečišćiva na kvalitetu podzemne vode, te pregled rezultata vezanih za određivanje starosti podzemne vode.

Projekt **RESOURCE** se bavio istraživanjem i harmonizacijom spoznaja o zalihami slatke podzemne vode u prekograničnom i paneuropskom mjerilu, kao i harmonizacijom metodologije istraživanja i klasifikacije krških vodonosnika. Najvažniji izrađeni dokumenti i tematski zemljovidovi uključuju Karte dubine i volumena slatke podzemne vode, Prijedlog tipologije krških vodonosnika te Preporuke za upravljanje krškim vodonosnicima.

Projekt **TACTIC** se bavio harmoniziranim procjenom utjecaja klimatskih promjena na podzemne vode u paneuropskom mjerilu, uključujući integrirano modeliranje površinskih i podzemnih voda, procjenu prihranjivanja, procjenu stanja i ranjivosti na prodor morske vode u priobalne vodonosnike, te strategije adaptacije na promjenu stanja podzemne vode. Najvažniji izrađeni dokumenti i tematski zemljovidovi uključuju Panoeuropsku kartu potencijalnog prihranjivanja podzemnih voda, Harmoniziranu metodologiju za procjenu stanja i ranjivosti od prodora mora te

catalogue of technical solutions for the use and research of SGE and an overview of research conducted in pilot areas in multiple European cities where different technologies, as well as research methodologies for SGE are used.

The focus of the **HOVER** project was to gain an understanding of the mechanisms that control groundwater quality across Europe using the expertise and available data. The project addressed groundwater management issues related to drinking water, human health and ecosys-

tem health across Europe in relation to geogenic elements and anthropogenic pollution sources. Within the project, various guidelines, thematic maps and online services were developed, and among the most important are three maps for assessing the impact of diffuse pollutants on groundwater quality, and a review of results related to determining the age of groundwater.

The **RESOURCE** project was engaged in research and harmonization of knowledge on fresh groundwater reserves on a transboundary and pan-European scale, as well as harmonization of research methodology and classification of karst aquifers. The most important prepared documents and thematic maps include Maps of depth and volume of fresh groundwater, Proposed typology of karst aquifers and Recommendations for the management of karst aquifers.

The **TACTIC** project dealt with harmonized assessment of the impact of climate change on groundwater on a pan-European scale, including integrated modelling of surface water and groundwater, assessment of recharge, assessment of status and vulnerability to seawater intrusion into coastal aquifers, and adaptation strategies to groundwater status changes. The most important developed documents and thematic maps include the Pan-European map of potential groundwater recharge, the Harmonized methodology for assessing the status and vulnerability to seawater intrusion, and the Methodology for determining natural concentrations.

The **EuroLithos** was a project on ornamental stone resources, and provided tools and protocols for the assessment and comparison of deposits and the definition of guidelines for the cultural heritage and building preservation aspects, since the maintenance of European heritage and a living stone industry are mutually dependent. As part of the project, an Atlas of European ornamental stone was created, covering harmonized spatial data on European stone re-

Metodologiju određivanja prirodne koncentracije.

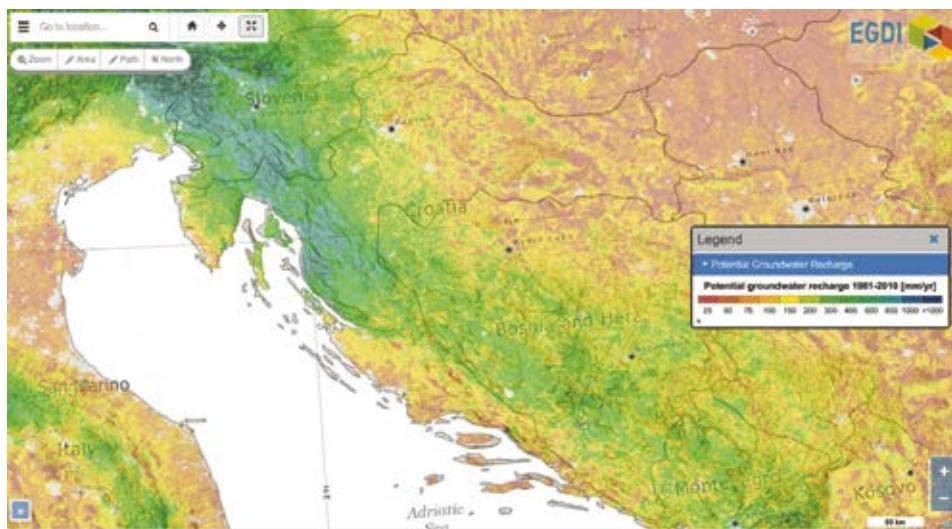
Projekt **EuroLithos** se bavio istraživanjem arhitektonsko-građevnog kamena (AGK), kreiranjem alata i protokola za procjenu i usporedbu ležišta AGK te definicijom smjernica očuvanja kulturne baštine i gradnje, radi očuvanja europske baštine i industrije AGK. U sklopu projekta je izrađen Atlas europskog ukrasnog kamena koji sadrži uskladene prostorne podatke o europskim ležištima AGK, kao i tzv. „osobnu iskaznicu“ pojedinih vrsta AGK sa svojstvima kemijskog sastava, fizičkih karakteristika te vrste upotrebe pojedinog kamena.

Projekt **FRAME** se bavio istraživanjem kritičnih i strateških mineralnih sirovina u Europi. Projekt je prepoznao važnost i uspostavio metalogenetske provincije za strateške mineralne sirovine te izradio sveobuhvatne karte europskih ležišta minerala P, Li, Co, C, Nb i Ta, te elemenata rijetkih zemalja.

Projekt **Mintell4EU** je poboljšao europsku bazu podataka o mineralnim sirovinama ažuriranjem elektroničkog Godišnjaka mineralnih sirovina, proširoj prostornu pokrivenost i kvalitetu podataka koji se trenutno nalaze u Inventaru mineralnih sirovina te ispitao primjenjivost UNFC klasifikacijskog sustava za stvaranje točnog paneuropskog inventara mineralnih sirovina.

Projekt **GIP-P** osmišljen je sa ciljem uspostavljanja informacijskog sustava za podršku drugim projektima programa GeoERA u organiziranju, standardizaciji, diseminaciji i sigurnoj pohranjivoj rezultata, kao i dugoročne dostupnosti rezultata u digitalnom obliku. Za tehničku platformu GIP-P-a odabrana je već postojeća Europska infrastruktura geoloških podataka (EGDI) koja je znatno unaprijeđena u smislu povećanja dostupnih sadržaja, proširivanja mogućnosti EGDI-ja 3D geološkom bazom podataka i vizualizacijom, vokabularom projekta temeljenim na tehnologiji povezanih podataka, spremištem dokumenata i povezanim sustavom pretraživanja sa svim dijelovima EGDI-ja te proširivanja funkcionalnosti web-GIS-a, sustava metapodataka, središnje baze podataka i sustava za prikupljanje podataka.

Više informacija o pojedinim projektima i isporučenim rezultatima dostupno je na poveznici <https://geoera.eu/projects>.



Paneuropska karta potencijalnoga godišnjeg prihranjivanja vodonosnika izrađena u sklopu projekta TACTIC (iz EGDI-ja)

Pan-European map of potential annual groundwater recharge developed within the TACTIC project (from EGDI)

sources, as well as the so-called "ID" of certain types of ornamental stone with the properties of chemical composition, physical characteristics and the type of use of each stone.

The **FRAME** project investigated critical and strategic minerals in Europe. The project recognized the importance and established metallogenetic provinces for strategic minerals and produced comprehensive maps of European mineral deposits of P, Li, Co, C, Nb and Ta, and rare earth elements.

The **Mintell4EU** project has improved the European minerals database by updating the electronic Minerals yearbook, expanded the spatial coverage and quality of data currently in the Minerals inventory, and examined the applicability of the UNFC classification system to create an accurate pan-European mineral inventory.

The **GIP-P** project was designed to establish an information system to support other GeoERA projects in organising, standardising, disseminating and securely storing their results, as well as to provide long-term availability of the results in digital form. For the GIP-P technical platform, the already existing European Geological Data Infrastructure (EGDI) was selected, which was significantly improved in terms of increasing available content, expanding EGDI 3D capabilities with geological database and visualisation, project vocabulary based on related data technology, documents repository and a related search system with all parts of EGDI, and by extending the functionality of web GIS, metadata systems, central database and data harvesting systems.

More information on individual projects and deliverables is available at <https://geoera.eu/projects>.

# RESEERVE: Mineralni potencijal regije istočne i jugoistočne Europe

## Mineral potential of the eastern and south-eastern Europe region

Koordinatori za HGI-CGS / Coordinators for HGI-CGS:: **dr. sc. Slobodan MIKO, dr. sc. Željko DEDIĆ, dr. sc. Nikolina ILIJANIĆ**

Suradnici / Collaborators: **Nikola GIZDAVEC, mr. sc. Boris KRUK, Erli KOVAČEVIĆ GALOVIĆ**

Autorica teksta / Author of the text: **dr. sc. Nikolina ILIJANIĆ**

<https://reseerve.eu/results>

Projekt akronima RESEERVE je projekt Europskog instituta za inovacije i tehnologiju (EIT RM) za kartiranje mineralnih sirovina u šest država istočne i jugoistočne (IJI) Europe koje do sad nisu bile uključene u postojeće baze podataka mineralnih sirovina Europe. Glavni voditelj ovog trogodišnjeg projekta (2018.-2021.) je Geološki zavod Slovenije, a projektni partneri iz Hrvatske su Hrvatski geološki institut i Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Glavni je cilj projekta bio stva-



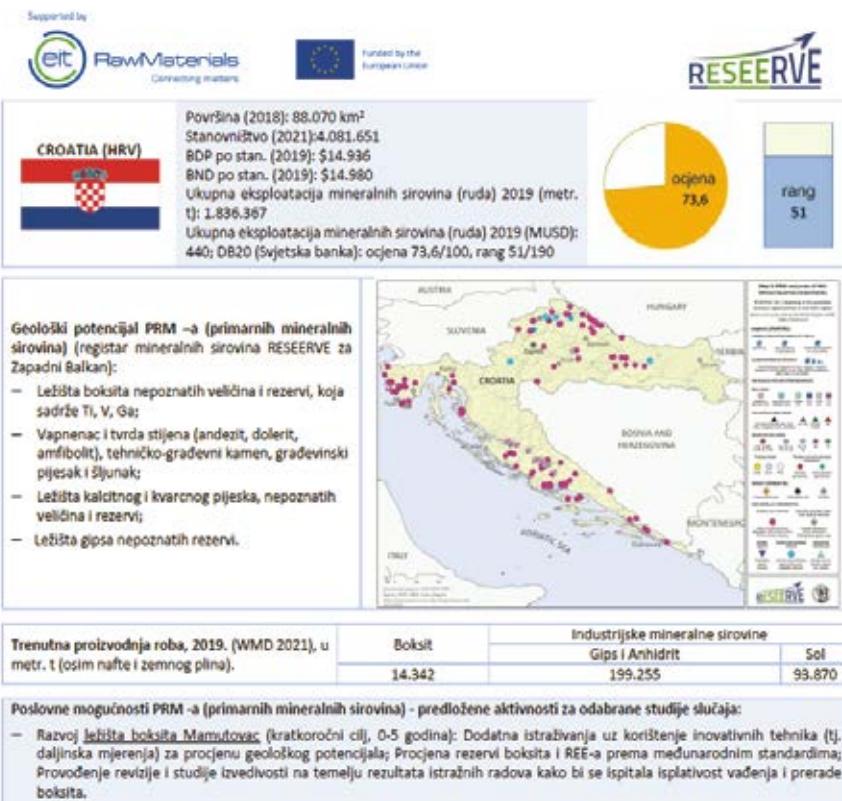
RESEERVE is a RIS KAVA project of the EIT RM, which was established to map mineral resources in six countries in ESE Europe that had not yet been included in existing European databases for mineral resources. The main leader of this three-year project (2018–2021) is

the Geological Survey of Slovenia, while the project partners from Croatia are the Croatian Geological Survey and the Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering of the University of Zagreb. The main objective of the project was to create a unique



Primarne mineralne sirovine u Hrvatskoj koje se nalaze u registru objavljenom u sklopu projekta RESEERVE

Primary mineral raw materials in Croatia that can be found in the register published within the framework of the RESEERVE project



Profil Hrvatske vezan za geološki potencijal primarnih mineralnih sirovina i poslovne mogućnosti na temelju unosa u register mineralnih sirovina u sklopu projekta RESEERVE

Profile of Croatia related to the geological potential of primary mineral resources and business opportunities based on the entries in the register of mineral resources within the framework of the RESEERVE project

ranje jedinstvenog registra mineralnih sirovina IJI Europe za primarne i sekundarne mineralne sirovine, te je on izrađen i objavljen tijekom zadnje godine provedbe projekta. Registr se može pregledavati na mrežnoj stranici projekta RESEERVE i na mrežnoj stranici EGDI-a vezanoj za pojave mineralnih sirovina u Europi (<http://www.europe-geology.eu/mineral-resources/mineral-resources-map/reseerve/>). Registr primarnih mineralnih sirovina sadrži podatke o aktivnim te napuštenim i zatvorenim rudnicima i površinskim kopovima koji su zanimljivi za buduća istraživanja i eksploraciju. Registr sekundarnih mineralnih sirovina sadrži podatke o područjima rudnog i metalurškog otpada u državama IJI Europe. Registr će omogući integraciju regije u paneuropsku informacijsku mrežu o mineralnim sirovinama i približiti je zajedničkom tržištu mineralnih sirovina.

register of mineral resources in ESE Europe for primary and secondary minerals, which was completed and published during the last year of the project. The register can be viewed on the RESEERVE project and EGDI websites in relation to the occurrence of mineral resources in Europe (<http://www.europe-geology.eu/mineral-resources/mineral-resources-map/reseerve/>). The register of primary mineral resources contains data on active, abandoned and closed mines and open-pit mines that are of interest for future exploration and exploitation. The register of secondary mineral resources contains data on the areas with ore and metallurgical waste in the countries of ESE Europe. The register will enable the integration of the region into the pan-European information network on mineral resources and render it closer to the common market of mineral resources.



Velo blato na otoku Pagu, s Velebitom u pozadini (foto I. Ivkić Filipović)

Velo blato on the island of Pag, with Velebit Mt. in the background (photo by I. Ivkić Filipović)

5

Odabrani projekti Hrvatske  
zaklade za znanost  
**Selected projects funded by  
the Croatian science  
foundation**



# ACCENT: Nagle klimatske promjene – Dokazi iz kvartarnih sedimentoloških zapisa u Hrvatskoj

## Abrupt climate changes – Evidence from Quaternary sedimentological sequences in Croatia

Glavna istraživačica / Principal investigator: **dr. sc. Lidija GALOVIĆ**

Istraživački projekt ACCENT odvijat će se od 2021. do 2025. godine. Temeljni i interdisciplinarni pristup u istraživanju naglih klimatskih promjena omogućava nam da dobijemo vrijedne podatke i protumačimo dinamiku tih promjena. Ovi podatci i njihova interpretacija osnova su usporedbe paleoklimatskih promjena s recentnima, te očekivanja dinamike tih promjena u budućnosti. Članovi istraživačke grupe iz HGI-CGS-a su Lidija Galović (voditeljica), Ajka Šorša i doktorandica Nina Hećej, čija će disertacija biti vezana uz temu projekta, a specijalizirat

The ACCENT research project will operate from 2021 to 2025. It employs basic and interdisciplinary approaches to study abrupt climate change, enabling the retrieval of valuable data and interpretation of the dynamics of these changes. These data and their interpretation comprise the foundation for the comparison of palaeoclimate and recent changes, which will provide the expected effects of the dynamics of these changes in the future. The members of the research group from HGI-CGS are Lidija Galović (principal investigator), Ajka Šorša and doctoral student Nina Hećej,



Morfologija Vrgoračkog polja  
Morphology of Vrgorac polje



Preliminarno istraživanje lokacije Đurđevački pijesci  
Preliminary research on the Đurđevački pijesci (Đurđevac Sands) location

će metodu mikromorfološke analize. Ostali članovi istraživačke skupine su Rosa Maria Poch, Koen Beerten, Stjepan Husnjak, Petar Stejić, Rodoljub Gajić i Mihajlo Pandurov.

Specifična geološka i pedološka raznolikost, zemljopisni položaj te geomorfološka i klimatska raznolikost Hrvatske omogućuju paralelno istraživanje razvoja naglih klimatskih promjena visokom rezolucijom na lokacijama međusobno udaljenim tek 300 km. Ovim istraživanjem unaprijedit će se znanje o prostornom opsegu i razlikama između paleoklimatskih promjena u panonskom i dinarskom području. Time će se dobiti uvid kako su se klimatske promjene manifestirale na međusobno udaljenim eolskim-fluvioglacijskim-jezerskim facijesima u jugoistočnoj Europi i usporediti ih s naglim klimatskim promjenama u europskom pojusu pjeska, te ih korelirati s klimatskim zapisima iz Jadranskog mora.

Na prvom radnom sastanku uspostavljena je istraživačka grupa. Preliminarno terensko istraživanje obuhvatilo je definiranje četiri lokacije koje će biti istraživane kroz projekt: prapaleotlo sekvensija u Zmajevcu, dine Kalinovca, glacio-fluvijalni sedimenti podnožja Velebita te jezerski sedimenti Vrgoračkog polja. U prvih šest mjeseci trajanja projekta članovi istraživačke grupe su prezentirali četiri rada na dva znanstvena skupa u inozemstvu.

whose dissertation will be associated with the project topic, with a focus on the method of micromorphological analysis as her specialisation. Other members of the research group are Rosa Maria Poch, Koen Beerten, Stjepan Husnjak, Petar Stejić, Rodoljub Gajić and Mihajlo Pandurov.

The specific geo- and pedodiversity, geographical position and geomorphological and climatic diversity of Croatia enable parallel research of the development of abrupt climate change in high resolution at locations that are only 300 km apart. This research will improve the existing knowledge of the spatial extent and differences between palaeoclimate changes in the Pannonian and Dinaric areas. Moreover, the results will provide insights into the manifestation of climate change through distant Aeolian–fluvio-glacial–lacustrine facies in Southeast Europe. The project intends to compare the results with those related to abrupt climate change in the European sand belt and to correlate them with climate records of the Adriatic Sea.

A research group was established at the first working group meeting. The preliminary field investigation included defining four locations to be explored in the project: the loess-palaeosol sequence in Zmajevac, Kalinovac dunes, fluvioglacial sediments at the foothills of Velebit and lake sediments of the Vrgorac polje. In the first six months of the project, members of the research group presented four papers at two international scientific conferences.



Prvi sastanak istraživačke skupine projekta ACCENT  
First meeting of the ACCENT project research group

# TRANITAL: Podrijetlo, ponašanje i modeliranje transporta nitrata u varaždinskom aluvijalnom vodonosniku

## Origin, fate and transport modelling of nitrate in the Varaždin alluvial aquifer

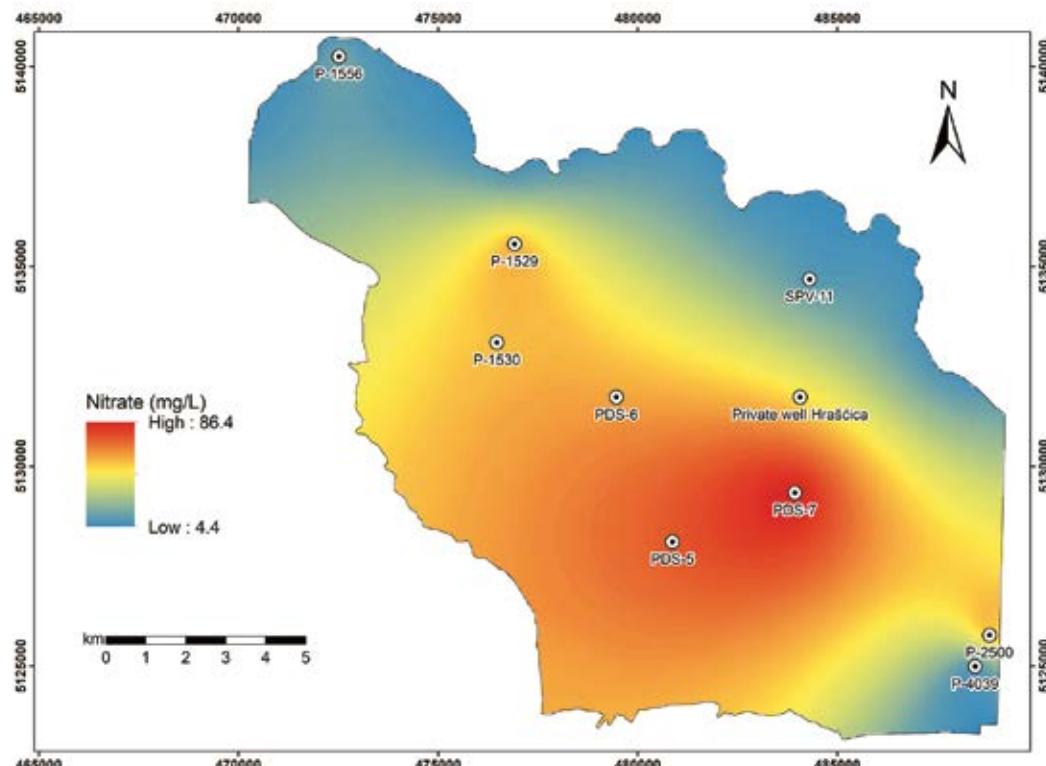
Glavna istraživačica / Principal investigator: **dr. sc. Tamara MARKOVIĆ**

Autor teksta / Author of the text: **Igor KARLOVIĆ**

<http://tranital.eu/>

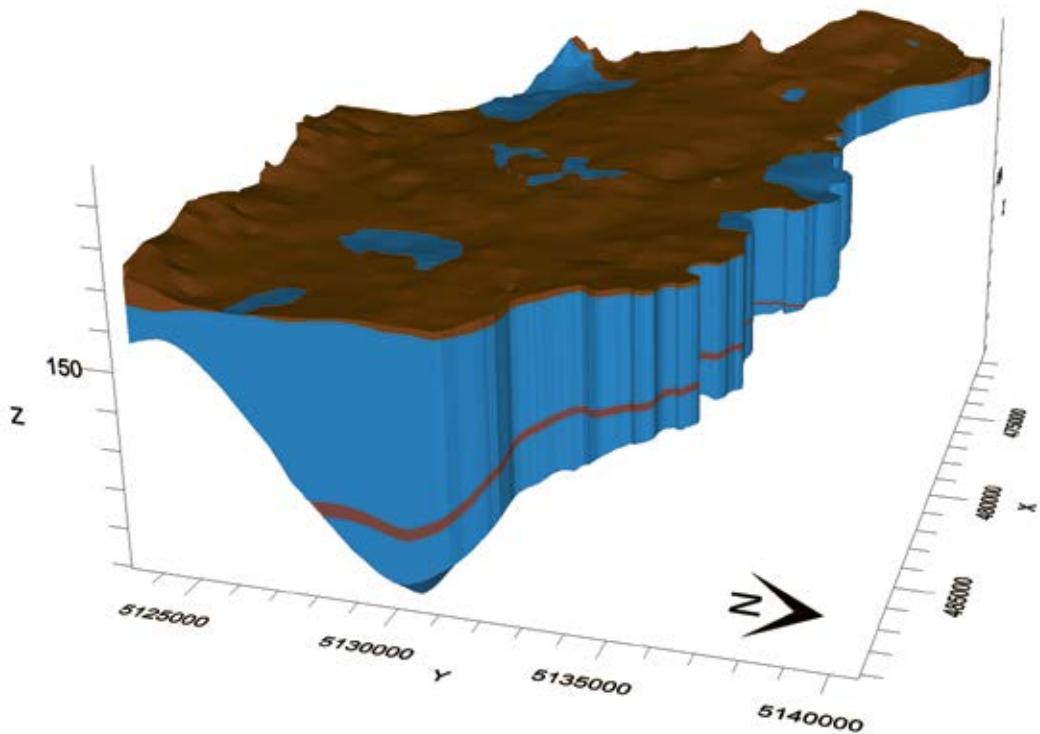
Projekt TRANITAL predstavlja je interdisciplinarno istraživanje podrijetla, ponašanja i transporta nitrata u aluvijalnom vodonosniku, koje uključuje različite vrste istraživača i tehnike proučavanja procesa nitrifikacije i denitrifikacije unutar vodonosnog sustava. Ovaj je četverogodišnji projekt završen u ožujku 2021. godine.

The TRANITAL project represents the interdisciplinary research on origin, fate and nitrate transport in the alluvial aquifer, which includes various researchers in the field and diverse techniques of examining nitrification and denitrification processes within the aquifer system. This four-year project was completed in March 2021.



Raspodjela nitrata u varaždinskom vodonosniku

Nitrate distribution in the Varaždin aquifer



Trodimenzionalni prikaz varaždinskog vodonosnika  
3D view of the Varaždin aquifer

Geokemijska istraživanja pokazala su da je geokemija podzemnih voda kontrolirana otapanjem karbonata, trošenjem silikata, kationskom izmjenom, transformacijom organske tvari i antropogenim utjecajem. Stabilni izotopi vode ukazali su na napajanje vodonosnika iz oborina i površinskih voda. Mikrobiološkim istraživanjima identificirane su bakterijske zajednice koje, na temelju geokemijskih uvjeta, dominantno posreduju u procesu nitrifikacije. Indikacije denitrifikacije uočene su na nekoliko piezometara u dubljem dijelu vodonosnika, no s obzirom na regionalno mjerilo i vrlo slab i lokaliziran denitrifikacijski učinak, transport nitrata je u modelu opisan samo procesima advekcije i disperzije. Analize stabilnih izotopa kisika-18 i dušika-15 u nitratima u vodi pokazale su da nitrati potječu iz prirodnih gnojiva, otpadnih voda i organskog dušika iz tla. Rezultati modela transporta nitrata potvrdili su da je poljoprivredna djelatnost glavni izvor nitrata te ukazali na tromost sustava u pogledu čišćenja od onečišćenja nitratima.

The geochemical investigation revealed that carbonate dissolution, silicate weathering, cation exchange, organic matter transformation and anthropogenic influence control groundwater geochemistry. The stable water isotopes indicated the recharge of aquifer from precipitation and surface waters. Moreover, microbial investigations identified bacterial communities that, based on geochemical conditions, dominantly mediate the nitrification process. Indicators of denitrification were observed in several observation wells in the deeper part of the aquifer. However, nitrate transport was described in the model only through advection and dispersion processes given the regional scale and extremely local and weak denitrification effect. The analyses of stable isotopes of oxygen-18 and nitrogen-15 in nitrates in water demonstrated that nitrates originate from manure, wastewater, soil organic nitrogen and ammonia fertilisers. The results of the nitrate transport model confirmed that agricultural activity is the main source of nitrate and indicated inertia of the system with regard to purification from nitrate pollution.

# GEOSEKVA: Geološki i seizmološki aspekti geodinamike Kvarnera – razotkrivanje kvarnerskog rasjeda

## Geological and seismological aspects of geodynamics in Kvarner area – unveiling of the kvarner fault

Glavni istraživač / Principal investigator: **dr. sc. Tvrto KORBAR**  
<https://geosekva.wordpress.com/>

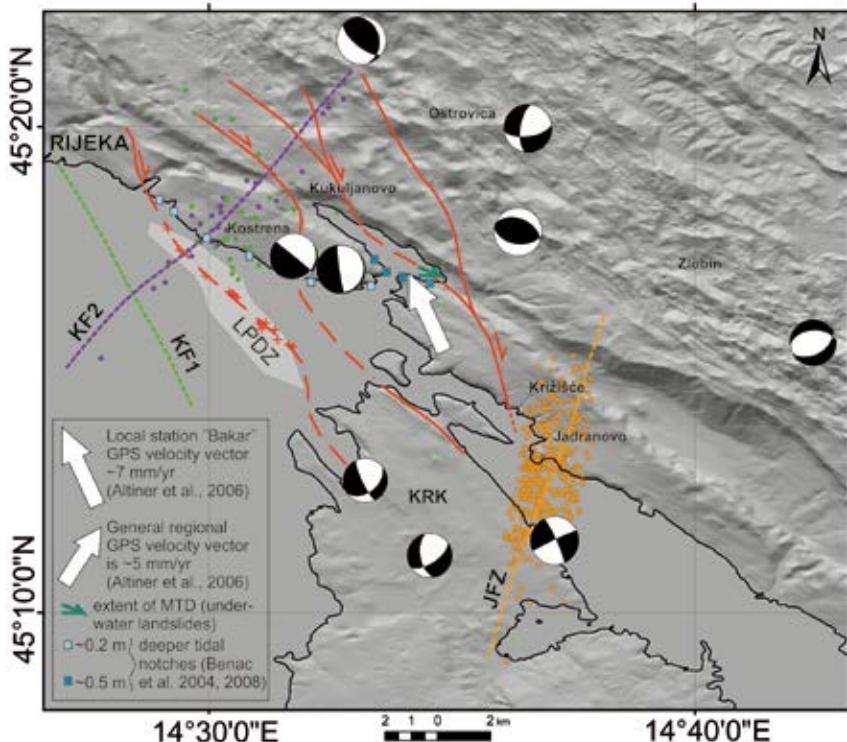
Cilj istraživačkog projekta GEOSEKVA (2017. – 2021.) bila su geološka i seizmološka istraživanja na području Kvarnera radi boljeg definiranja strukturno-tektonskog sklopa i detektiranja potencijalno aktivnih rasjeda. Većina suradnika iz HGI-CGS-a bila je angažirana na geološkom kartiranju duž odabranih profila i područja (Rijeka, Labin i Učka). Dio istraživanja uključivao je i Istarski fliš za potrebe izrade doktorske disertacije K. Petrinjaka koja je uspješno obranjena i pobliže opisana u dijelu o novim doktoratima znanosti. Kupljena je trajna licenca za program Move koji je predviđen za izradu 3D modela odabranih struktura na kopnu i u podmorju. Za potrebe interpretacije dubokih seizmičkih podataka nabavljena je akademска licence za program Schlumberger Petrel sa ciljem mogućeg prostornog i vremenskog definiranja ključnih rasjeda u podzemlju. Podmorje odabranih dijelova Kvarnera istraživano je pomoću plitke geoaku-



The objective of the research project GEOSEKVA (2017–2021) was to conduct geological and seismological investigations in the Kvarner area to better define the structural-tectonic setting and detect potentially active faults. The majority of the collaborators from HGI-CGS were engaged in the geological mapping of selected profiles and areas (Rijeka, Labin and Učka Mt.). Part of the research included the Istrian flysch zone with the objective of preparing K. Petrinjak's doctoral dissertation, which was successfully defended and is described in further detail in the section on new doctorates of science. Furthermore, a permanent licence has been purchased for the MOVE programme, which is intended for the creation of 3D models of selected structures on land and underwater. To interpret deep seismic data, an academic licence was obtained for the Schlumberger Petrel programme with the objective of identifying the possible spatial and temporal definitions of key underground faults. The underwater areas of selected parts of the Kvarner Bay were explored using shallow seismic surveys. Quaternary deposits on Krk Island were investigated with the intention of determining the sedimentary environment and age. In addition, accidental findings of (sub)-recent storm blocks on Kamenjak were explored. The project conducted a geomorphological analysis of individual localities, where a preliminary relief map was constructed on the basis of the available digital terrain model. It was decided that recording larger parts of the terrain with potentially active faults using the LiDAR technique would be necessary for the relevant geomorphological analysis of active faults. The new seismograph in Baška on Krk Island is connected to the



Dio suradnika projekta GEOSEKVA na 6. hrvatskom geološkom kongresu 2019. u Zagrebu  
Part of the collaborators of the GEOSEKVA project at the Sixth Croatian Geological Congress 2019 in Zagreb

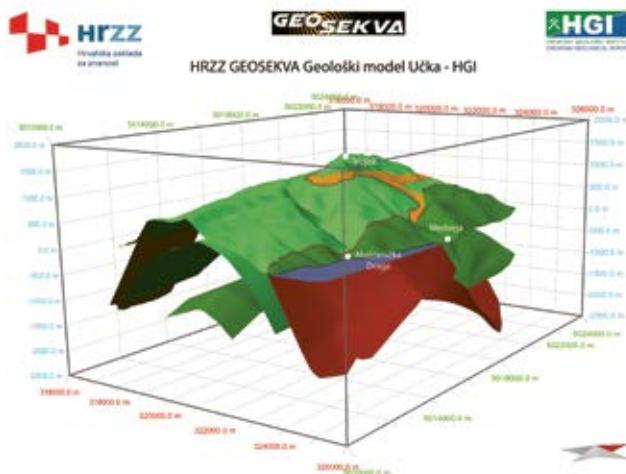


Interpretacija potencijalno aktivnih rasjeda na području Bakra i Krka (iz Korbar et al., 2020)

Interpretation of potentially active faults in the areas of Bakar and Krk Island (after Korbar et al., 2020)

stične seizmike. Ciljano su istraživane kvartarne naslage na Krku sa ciljem utvrđivanja taložnog okoliša i starosti te slučajni nalazi (sub)recentnih olujnih blokova na Kamenjaku. Napravljena je geomorfološka analiza pojedinih lokaliteta, a preliminarno je na temelju dostupnog digitalnog modela terena napravljena pregledna karta reljefa te je zaključeno da je za relevantnu geomorfološku analizu aktivnih rasjeda potrebno snimiti veće dijelove terena s potencijalno aktivnim rasjedima LIDAR tehnikom. Novi seismograf u Baški na otoku Krku povezan je u mrežu Seismološke službe RH. Nova metodologija 3D modeliranja razvijena je tijekom analize kvalitetnih seismoloških podataka dobivenim nakon potresa 2020. u Zagrebu, što se koristilo i nakon potresa u Petrinji. Redovito smo informirali javnost o rezultatima i aktivnostima na projektu putem mrežne stranice te nastupa i objava u medijima. Suradnici su sudjelovali na nekoliko kongresa, a dio rezultata već je objavljen u znanstvenim radovima. Prikupljeni podatci pohranjeni su dijelom u bazi projekta pri HRZZ-u, a kompletno kod voditelja zadataka i projekta te na OneDrive oblaku.

network of the Seismological Service of the RH. A new 3D modelling methodology was developed during the analysis of high-quality seismological data obtained after earthquake that hit Zagreb in 2020. The same methodology was used after the Petrinja earthquake. We regularly informed the public about the results and activities related to the project through our website, media appearances and announcements. The project collaborators have participated in several conferences, and some of the results have been published in scientific papers. The collected data are stored partially in the project database at the HRZZ and completely with the task and project managers and on OneDrive cloud service.



Preliminarni pregledni 3D geološki model područja Učke (pripremio M. Budić) izrađen na temelju podataka geološkog kartiranja (voditelj D. Palenik)

Preliminary overview of the 3D geological model of the Učka Mt. area (prepared by M. Budić) based on geological mapping data (principal investigator: D. Palenik)



Istraživanje u Dravskim pescima (foto N. Hećej)  
Research in Drava sands (photo by N. Hećej)

6.

**Odabrani projekti fondova  
Europske unije**

**Selected projects funded by  
the European union**



# GEOLAB: Obnova infrastrukture i nabava instrumenata u hrvatskom geološkom institutu – geoznanstveni laboratoriji

## Infrastructure reconstruction and procurement of instruments at the Croatian geological survey – geoscience laboratories

Voditelj projekta / Project Manager: **dr. sc. Vlatko GULAM**

Voditeljica istraživačkog tima i autorica teksta / Research Team Leader and Author of the text: **dr. sc. Marija HORVAT**

HGI-CGS je 29.04.2021. potpisao ugovor o dodjeli bespovratnih sredstava za realizaciju navedenog projekta, akronima GEOLAB. Projekt je odobren za financiranje u okviru poziva "Priprema IRI infrastrukturnih projekata" Operativnog programa "Konkurenčnost i kohezija 2014-2020", a sufinanciran je od strane Europske unije iz Europskog fonda za regionalni razvoj.

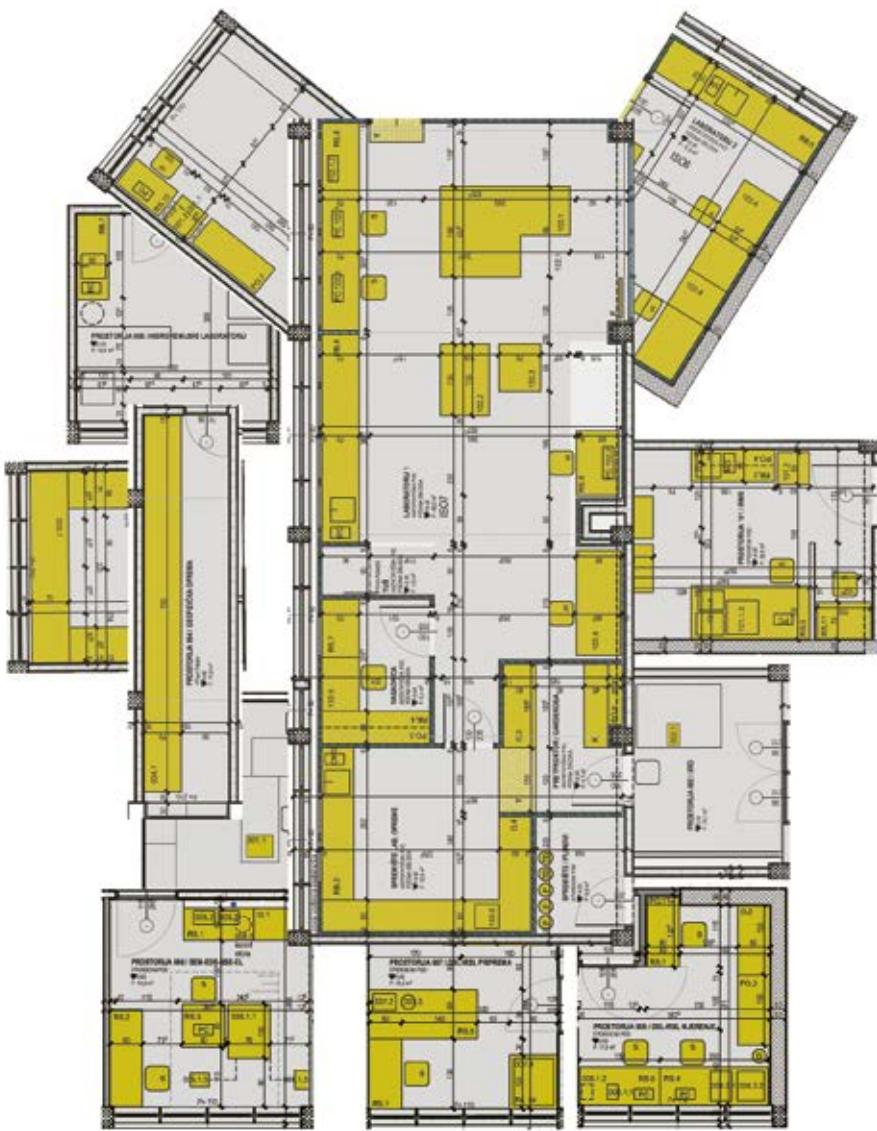
Projekt u ovoj fazi obuhvaća izradu dokumentacije za adaptaciju i prilagodbu prostorija zgrade HGI-CGS-a unutar kojih će se nabaviti i postaviti sljedeći instrumenti i oprema unutar šest geoznanstvenih laboratorija:

- Multikolektorski maseni spektrometar s induktivno-združenom plazmom, nebulizatorom i automatskim uzorkivačem (MC-ICP-MS),
- Sustav ablativnog lasera (LA),
- Maseni spektrometar s induktivno-združenom plazmom, s automatskim uzorkivačem (ICP-qMS),
- Maseni spektrometar izotopnih udjela (IRMS)
- Pretražni elektronski mikroskop s detektorima za sekundarne i povratno-raspršene elektrone, za elementnu analizu i katodnu luminiscenciju (SEM-EDS-BSE-CL),
- Instrumenti TL/OSL i IRSL/OSL,
- Gama spektrometar,
- Optički mikroskop s polariziranim i reflektiranim svjetlošću s mogućnošću "fission track" analize i digitalnom kamерom,
- Oprema za karotažu,
- Oprema za magnetotelurska i audiomagnetotelurska istraživanja,

On 29 April 2021, HGI-CGS signed a grant agreement for the implementation of the GEOLAB project. The project was approved for funding under the call 'Preparation of IRI infrastructure projects' of the Operational Programme 'Competitiveness and Cohesion 2014-2020' and co-funded by the EU via the European Regional Development Fund.

This stage of the project includes the preparation of documentation for the adaptation and adjustment of the premises of the HGI-CGS building, within which the following instruments and equipment will be procured and installed in the 6 geoscience laboratories:

- multi-collector inductively coupled mass spectrometer, with desolvating nebuliser and automatic sampling (MC-ICP-MS);
- laser ablation system (LA);
- inductively coupled plasma mass spectrometer, with an automatic sampler (ICP-qMS);
- isotope ratio mass spectrometer (IRMS)
- SEM, with detectors for secondary and backscattered electrons for elemental analysis and cathode luminescence (SEM-EDS-BSE-CL);
- TL/OSL and IRSL/OSL instruments;
- Gamma spectrometer;
- optical microscope, with polarised and reflected light and the possibility of fission track analysis and digital camera;
- well-logging equipment;
- equipment for magnetotelluric and audio magnetotelluric research;
- electrical tomography equipment;
- shallow refractive seismic equipment;



Izvadak iz idejnog rješenja prilagodbi prostorija zgrade HGI-CGS-a - novi geoznanstveni laboratoriji, projekt GEOLAB  
Excerpt from the conceptual design of the adaptation of the premises of the HGI-CGS building - new geoscience laboratories, GEOLAB project.

- Oprema za električnu tomografiju,
- Oprema za plitku refrakcijsku seizmiku,
- Georadar,
- Totalna stanica,
- Terestički skener za monitoring,
- Ručna hiperspektralna kamera,
- LIDAR sustav za VTOL bespilotnu letjelicu,
- programski paketi za interpretaciju geoloških i geofizičkih podataka.

Planirano je uređenje izotopnog laboratorija i priprema čistog 'metal-free' laboratorija, te nadogradnja postojećeg rendgen-skog difraktometra uređajem za dobivanje monokromatskog zračenja.

- ground penetrating RADAR equipment;
- total station;
- terrestrial laser scanner for deformation monitoring;
- manual hyperspectral camera;
- LiDAR system for the VTOL unmanned aerial vehicle; and
- software packages for the interpretation of geological and geophysical data.

The project intends to establish the isotope laboratory, prepare a metal-free clean laboratory and upgrade the existing X-ray diffractometer with a device for obtaining monochromatic radiation.

# RESPONSA: Sustav ranog upozoravanja kao odgovor na rizik od pojave klizišta i bujičnih tokova

## Response to landslide and flash flood risk with Early Warning System design

Voditelj projekta / Project manager: **dr. sc. Vlatko GULAM**

Autori teksta / Authors of the text: **dr. sc. Iris BOSTJANČIĆ, dr. sc. Vlatko GULAM**

<https://www.interreg-hr-ba-me.eu/project/responsa/>

Projekt RESPONSa sufinanciran je iz Interreg IPA programa prekogranične suradnje Hrvatska-Bosna i Hercegovina-Crna Gora 2014-2020. Razvoj sustava ranog upozoravanja od pojave klizišta i bujičnih poplava predstavlja glavni cilj projekta, a usmjeren je jačanju programskog cilja koji se odnosi na promicanje i poboljšanje zaštite okoliša i prirode i upravljanje sustavima za sprječavanje rizika.

Kako u posljednje vrijeme sve više svjedočimo pojavama klizišta i bujičnih poplava pokrenutih ekstremnim vremenskim prilikama, u fokusu projekta su praćenje klizišta metodama daljinskih istraživanja, te meteoroloških uvjeta, uz određivanje graničnih vrijednosti oborina kod kojih dolazi do aktiviranja geohazardnih događaja. Aktivno sudjelovanje predstavnika



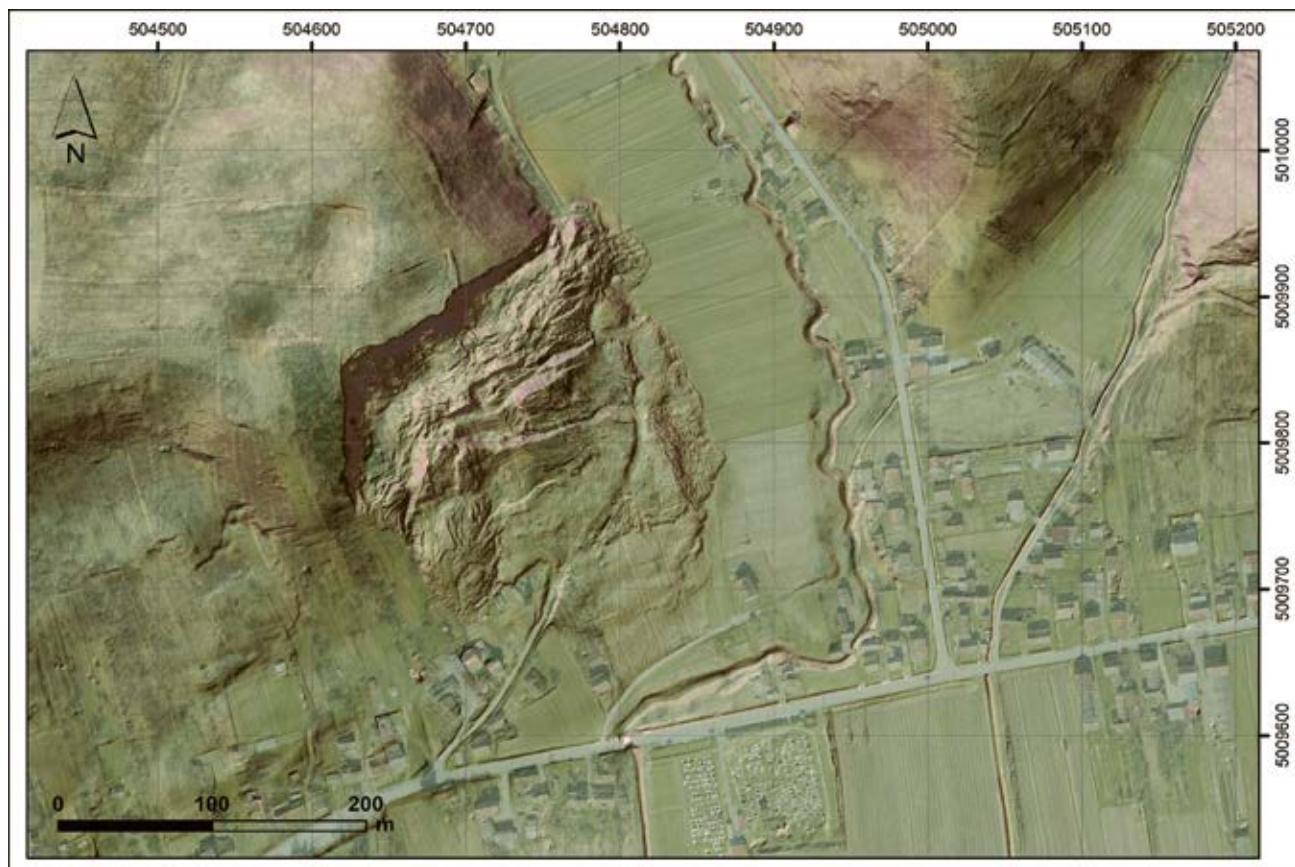
Snimanje bespilotnom letjelicom na lokaciji jednog od odabranih klizišta unutar pilot poligona RESPONSa projekta (foto I. Bostjančić)

Photography using an unmanned aerial vehicle at the location of a selected landslide within the pilot polygon of the RESPONSa project (photo: I. Bostjančić)



The RESPONSa project is co-financed by the Interreg IPA CBC Programme Croatia–Bosnia and Herzegovina–Montenegro for the 2014–2020 period. The development of an early warning system for landslides and flash floods is the main goal of the project, which aims at strengthening the programme objectives related to the promotion and improvement of environmental and nature protection and risk management information systems.

As the increased occurrence of landslides and flash floods triggered by extreme weather conditions has been recently witnessed, the project focuses on monitoring landslides using remote sensing methods, monitoring meteorological conditions and determining the limit values of precipitation, which are responsible for the activation of geohazard events. The active participation of representatives of the local community, civil protection staff and meteorological services will enable a capacity assessment and the development of operational processes for different geohazard scenarios. The cities of Kutina and Tuzla,



Prikaz klizišta u Hrvatskoj Kostajnici na podlogama deriviranim iz LiDAR podataka (karti nagiba i osjenčanom reljefu) prekloppljenim s ortofoto snimkom  
Representation of landslide in Hrvatska Kostajnica derived from LiDAR data (slope map and shaded relief) overlapped with orthophoto

lokalne zajednice, civilne zaštite i meteoroloških službi omogućit će procjenu kapaciteta i izradu operativnih procesa za različite geohazardne scenarije. Za pilot područja odabrani su Grad Kutina, Grad Tuzla i Brčko Distrikt te Općina Budva.

U sklopu projekta područje površine 210 km<sup>2</sup> snimit će se LiDAR senzorom čije će podloge poslužiti za izradu katastra klizišta. Time će ukupna površina katastara klizišta izrađenih u sklopu projekata RESPONSA i prethodnog projekta safEarth iznositi 520 km<sup>2</sup>.

Projekt je započeo u listopadu 2021. godine i traje dvije i pol godine. Uz HG-CGS kao vodećeg partnera, u provedbi projekta sudjeluju Rudarsko-geološko-građevinski fakultet Univerziteta u Tuzli i Zavod za geološka istraživanja Crne Gore.

the Brčko District and the Municipality of Budva were selected as pilot areas.

As part of the project, an area of 210 km<sup>2</sup> will be recorded using a LiDAR sensor, and the resulting maps will be used to create a landslide cadastre. Thus, the total area of landslide cadastres developed within the framework of the RESPONSA project and the previous safEarth project will be 520 km<sup>2</sup>.

The project began in October 2021 and will last for two and a half years. In addition to the HG-CGS as the lead partner, the Faculty of Mining, Geology and Civil Engineering of the University of Tuzla and the GS of Montenegro are participating in the implementation of the project.

# SIMONA: Informacije o kvaliteti sedimenta, njegov monitoring i sustav procjene

## Sediment-quality Information, MONitoring and Assessment System

Koordinatorica za HGI-CGS / Coordinator for HGI-CGS: **dr. sc. Ajka ŠORŠA**  
<http://www.interreg-danube.eu/approved-projects/simona>

Interreg projekt SIMONA (2018. – 2021.) je osmišljen da osigura potporu za transnacionalnu suradnju u zajedničkom upravljanju dunavskim vodnim bazenom. Glavni cilj projekta je prijedlog SIMONA alata za harmonizirani monitoring opasnih tvari (HS) u drenažnom sedimentu u zemljama Dunavskog riječnog bazena (DRB). U projektu su sudjelovale institucije iz zemalja dunavskoga sljevnog područja: Austrije, Bosne i Hercegovine, Bugarske, Hrvatske, Njemačke, Mađarske, Moldavije, Crne Gore, Rumunjske, Srbije, Slovačke, Slovenije i Ukrajine. Članovi tima iz HGI-CGS-a bili su Ajka Šorša, Danijel Ivanišević, Lidija Galović, Ana Čaić Janković i Ivan Mišur.

The Interreg project SIMONA was developed to ensure support for transnational co-operation in the Danube River Basin management. The main task of the project was to propose a SIMONA tool for the harmonised monitoring of hazardous substances (HSs) in drainage sediment in countries along the Danube River Basin (DRB). The participants of the project included various institutions from DRB countries: Austria, Bosnia and Herzegovina, Bulgaria, Croatia, Germany, Hungary, Moldova, Montenegro, Romania, Serbia, Slovakia, Slovenia and Ukraine. The team members from the HGI-CGS were Ajka Šorša, Danijel Ivanišević, Lidija Galović, Ana Čaić Janković and Ivan Mišur.



Sudionici uzorkovanja sedimenta na rijeci Sutli u Hrvatskoj  
Participants of sediment sampling at the River Sutla in Croatia

HGI-CGS je, uz doprinos svojih pridruženih strateških partnera Hrvatskih voda (HR) i Voda Srpske (BiH), sudjelovao u svim radnim paketima te je vodio četvrti radni paket. Zadatak tog radnog paketa je bio razvoj protokola za harmoniziranu strategiju uzorkovanja i laboratorijske analize HS-a u sedimentu. Protokoli su testirani na tri pokušna područja i dodatno na 26 nacionalnih lokacija, po dvije lokacije u svakoj zemlji sudionici.

Kompletan vodič za monitoring uključuje procedure koje sveobuhvatno istražuju opasne tvari povezane sa sedimentom u Dunavskom riječnom bazenu u skladu sa zahtjevima Okvirne direktive o vodama i drugim relevantnim regulatornim dokumentima Europske unije.

HGI-CGS, with the contribution of its associated strategic partners, namely, Croatian waters (Croatia) and Waters of Srpska (Bosnia and Herzegovina), participated in all work packages, while HGI-CGS led Work Package 4 (WP4). The objective of WP4 was to provide proposals for harmonised sampling strategies and laboratory analyses of the HSs in sediment. The developed protocols were tested at three test areas and at 26 national sites, where each participating country proposed two sites.

The finished guidance for monitoring incorporates procedures that comprehensively investigate sediment-associated HSs in the DRB according to the Water Framework Directive requirements and other relevant regulations of the European Union.



Pastirski stanovi u glaciofluvijalnim brečama, Peć, Park prirode Biokovo (foto M. Budić)  
Shepherds' shelters in glaciofluvial breccias in Peć, Biokovo Nature Park (photo by M. Budić)



**Odabrani projekti u  
suradnji s privredom**

**Selected commercial  
projects**

# Geološka karta i inventarizacija geološke baštine Parka prirode Biokovo

## Geological map and inventory of the geological heritage of the Biokovo Nature Park

Voditelj projekta / Project manager: **Nikola BELIĆ**

Tijekom 2021. godine na području Parka prirode Biokovo provedena su terenska geološka istraživanja u svrhu izrade geološke karte u mjerilu 1:50.000 i inventarizacije geološke baštine. U istraživanjima su sudjelovali geolozi HGI-CGS-a i Parka prirode Biokovo. Za prikupljanje geoloških podataka na terenu korištena je mobilna aplikacija koju je Zavod za geologiju dobio na korištenje ljubaznošću zagrebačke tvrtke GIS Cloud. U svibnju 2021. istraživane su karbonatne naslage mezozojske i paleogenske starosti, a u rujnu klastične naslage paleogen-ske i kvartarne starosti. Tijekom geološkog kartiranja, zabilje-

In 2021, a field geological research was conducted to construct a geological map at a scale of 1:50,000 and provide an inventory of the geological heritage of the Biokovo NP. Geologists from HGI-CGS and the Biokovo NP participated in the research. A mobile application was used to collect geological data in the field. The application was provided to the Department of Geology courtesy of GIS Cloud LLC, Zagreb. In May 2021, carbonate deposits of Mesozoic and Palaeogene age were investigated. In addition, we investigated clastic deposits of Palaeogene and Quaternary age in September. During the geological mapping,



Ekipa geologa HGI-CGS-a i Parka prirode Biokovo, Makarska, svibanj 2021.

Team of geologists of HGI-CGS and the Biokovo NP, Makarska, May 2021



Terenska geološka istraživanja Parka prirode Biokovo, pogled sa Sv. Jure (1762 m n. m.), svibanj 2021.  
Biokovo NP, Sv. Jure Peak (1,762 masl), May 2021

žene su točke od posebnog značaja za inventar geološke baštine Parka prirode Biokovo. Na odabranim lokacijama unutar parka i u njegovoj neposrednoj blizini snimljeni su detaljni geološki stupovi koji su korišteni za izradu preglednoga geološkog stupa. Tijekom terenskih radova uzimani su uzorci za laboratorijsku obradu, koja je provedena u laboratoriju Zavoda za geologiju HGI-CGS-a. Temeljem geološke interpretacije terenski prikupljenih i arhivskih podataka te laboratorijskih analiza izdvojene su i opisane lithostratigrafske jedinice potrebne za izradu geološke karte. Publiciranje osnovne geološke karte i inventara geološke baštine Parka prirode Biokovo očekuje se tijekom 2022. godine.

we recorded points of special importance for the inventory of the geological heritage of Biokovo NP, including detailed geological columns at select locations within the park and in its immediate vicinity, which were used for the general geological column in the Biokovo NP. During the fieldwork, samples were taken for laboratory processing, which was conducted in the laboratory of the Department of Geology of HGI-CGS. Based on the geological interpretation of the newly collected and archive data, and laboratory analyses, we identified and described the lithostratigraphic units required for the production of the geological map. The Basic Geological Map and the inventory of the geological heritage of the Biokovo NP is expected to be published in 2022.

# Izgradnja piezometarskih polja na aktivnim vodocrpilištima zagrebačkog područja

## Construction of piezometric fields in active water supply pumping sites in the Zagreb area

Voditelj projekta / Project manager: dr. sc. Kosta URUMOVIĆ

Suradnici / Collaborators: dr. sc. Lara WACHA, dr. sc. Anita GRIZELJ, dr. sc. Marco POLA, Ana ČAIĆ JANKOVIĆ

Vodoopskrba grada Zagreba i dijela Zagrebačke županije osigurana je crpljenjem podzemne vode na aktivnim vodocrpilištima. Postojeći piezometri izvedeni su na način da je piezometarska cijev otvorena u cijelom intervalu vodonosnog sloja.

The water supply for the city of Zagreb and part of Zagreb County is ensured by pumping groundwater at active water pumping stations. The existing piezometers are constructed such that the piezometric tube is open along the entire aquifer interval.



Kartiranje jezgre na vodocrpilištu Mala Mlaka (foto J. Terzić)

Core logging at the Mala Mlaka water pumping station (photo: J. Terzić)

Uzorkovanje podzemne vode iz tako izvedenih piezometara daje podatak samo o prosječnoj vrijednosti hidrokemijskih pokazatelja. Zato je, sa svrhom uspostave kvalitetnijeg monitoringa, zagrebački Vodovod i odvodnja (ViO) pokrenuo projekt izgradnje piezometarskih polja na svim zagrebačkim crpilištima, a tijekom 2021. godine poljima je pokriveno najveće crpilište Mala Mlaka.

Izgradnjom piezometarskih polja cilj je bio ugrađene piezometarske cijevi otvoriti u intervalima različitih hidrogeoloških značajki, što će omogućiti kvalitetnije projektiranje novih zdenaca i revitalizaciju postojećih.

Projekt je na javnom natječaju dobila tvrtka GEOKOL d.o.o. koja je za hidrogeološku i geološku analitiku angažirala HGI-CGS.

Po završetku jezgrovanja najdublje bušotine svakog od osam piezometarskih polja, stručnjaci iz HGI-CGS-a su detaljno kartirali i uzorkovali jezgru za laboratorijske analize (geomehanika, mineralogija, geokemija) te odredili filtarske intervale piezometara. Uzorci su analizirani u laboratorijima HGI-CGS-a i Geotehničkog fakulteta te su kasnije hidrogeološki interpretirani. Svim uzorcima šljunka, pjeska i prahovito-glinovitog materijala određeni su osnovni hidrogeološki parametri (hidraulička vodljivost i specifična površina na mjerilu uzorka) i mineralni sastav, te je određeno porijeklo materijala.

Groundwater sampling from this type of piezometers provides data only on the average value of hydrochemical indicators. Therefore, to establish better monitoring, Zagreb Water Supply and Drainage of the City of Zagreb launched a project to build piezometric fields at all pumping stations in Zagreb. In 2021, these fields covered the largest pumping station of Mala Mlaka.

The objective for the construction of the piezometric fields was to open the installed piezometric tubes at various intervals using different hydrogeological features to enable a better design of new wells and the revitalisation of the existing ones.

The project was awarded to GEOKOL d.o.o. in a public tender, which engaged HGI-CGS for hydrogeological and geological analytics.

After completing the core logging of the deepest well in each of the eight piezometer fields, experts from HGI-CGS described and sampled the drilled core in detail for laboratory analysis (geomechanics, mineralogy and geochemistry). Furthermore, the screened intervals of each piezometer were defined. The samples were then analysed in the laboratories of HGI-CGS and the Faculty of Geotechnical Engineering and were eventually interpreted from the perspective of hydrogeology. For all the samples of gravel, the project determined the basic hydrogeological parameters (hydraulic conductivity and specific surface area on the sample scale) of sand and silty clay materials as well as the mineral composition and origin of the material.

# Analize sedimenata Velog i Malog blata te Kolanjskog blata na otoku Pagu

## Analyses of sediments from Velo, Malo and Kolanjsko blato on the island of Pag

Voditeljica projekta/ Project manager: **dr. sc. Nikolina ILLJANIĆ**

Suradnici / Collaborators: **dr. sc. Slobodan MIKO, dr. sc. Ozren HASAN, Ivona IVKIĆ FILIPOVIĆ, mr. sc. Martina ŠPARICA MIKO, Ana-Maria HESKI, dr. sc. Tamara MARKOVIĆ, dr. sc. Branko PETRINEC, dr. sc. Sandi ORLIĆ**

U sklopu projekta kojeg je finansirala javna ustanova Zadarske županije „Natura Jadera“ uzorkovani su jezerski sedimenti Velog, Malog i Kolanjskog blata na otoku Pagu. Za potrebe istraživanja provedeno je snimanje i izrada batimetrijske karte Velog blata pomoću panoramskog dubinomjera te je utvrđena najveća dubina vode 3 m. Osnovne geokemijske karakteristike jezerske vode na istraživanim lokacijama utvrđene su mjere-

As part of the project financed by the Zadar County Public Institution ('Natura Jadera'), lake sediments in Velo, Malo and Kolanjsko Blato on the Island of Pag were sampled. For the objectives of this research, a bathymetric map of Velo Blato was constructed using the side-scan sonar, and a maximum water depth of 3 m was determined. The basic geochemical characteristics of lake water at the research sites were identified through field measurements and



Snimanje batimetrijske karte Velog blata pomoću panoramskog dubinomjera montiranog na manji gumeni čamac  
Recording a bathymetric map of Velo Blato using the side-scan sonar mounted on a small rubber raft



**Uzorkovanje pomoću gravitacijskog jezgrila s klipnog korera s gumenjaka (lijevo) te izvađene kratke jezgre sedimenata (desno)**

Sampling using the gravity corer combined with a piston corer from the rubber raft (left) and extracted short sediment cores (right)

njima na terenu i laboratorijskim analizama. Uzorkovanje jezerskih sedimenata izvršeno je pomoću gravitacijskog i klipnog korera. Cilj istraživanja bilo je utvrđivanje stanja jezerskih sedimenata u smislu geokemijskog i bakteriološkog onečišćenja u sva tri istraživana vodena ekosustava, te određivanje razvoja i paleookolišnih promjena u Velom blatu. Korišteni su sedimentološki, mineraloški i geokemijski pokazatelji, u kombinaciji s mikropaleontološkim analizama ostrakoda, pomoću kojih je rekonstruiran nastanak i evolucija jezera te izdizanje morske razine tijekom holoca. Istaknuta je važnost porasta razine mora u nizinskim područjima istočne obale Jadranskog mora i njenina važnost za formiranje slatkovodnih jezera, koja postupno postaju bočata zbog prodora mora u podzemne vode. Sagledavanjem dužeg vremenskog slijeda u terestičkim okolišima, koji daju uvid u paleookolišne i paleoklimatske promjene tijekom holoca, omoguće se predviđanje budućnosti takvih ranjivih ekosustava u krškim okolišima, koji su ujedno pod velikim utjecajem globalnog izdizanja morske razine. Istraživanja jezerskih sedimenata u Velom blatu nastaviti će se kao dio doktorske disertacije Ivone Ivkić Filipović.



**Jezgra sedimenata u plastičnoj prozirnoj cijevi prilikom uzorkovanja s istraživačke platforme u Velom blatu**  
Sediment cores in a plastic transparent tube during sampling from the Velo Blato research platform

laboratory analyses. Moreover, the sampling of lake sediments was performed using a gravity and piston corer. The objective of the investigation was to determine the status of lake sediment in terms of geochemical and bacteriological pollution in the three investigated aquatic ecosystems and identify the changes related to the development and palaeoenvironment in Velo Blato. Sedimentological, mineralogical and geochemical indicators were

employed with micropalaeontological analyses of ostracods, which aided in the reconstruction of the formation and evolution of the lake and the rising sea levels during the Holocene. The study emphasised the importance of the increase in sea levels in lowland areas of the eastern Adriatic coast and its relevance to the formation of freshwater lakes, which are gradually becoming brackish owing to the penetration of the sea into groundwater. Observations over a longer time span in terrestrial environments, which provide further insights into the palaeoenvironmental and palaeoclimate changes during the Holocene, enable the prediction of the future scenarios of these vulnerable ecosystems in karst environments, which are themselves considerably influenced by the global increase in sea level. Exploration of lake sediment in Velo Blato will continue as part of the doctoral dissertation of Ivona Ivkić Filipović.

# 8.

## Događanja Events

Konjugirani parovi normalnih smičnih pukotina (foto M. Vukovski)  
Conjugate extensional shear fractures (photo by M. Vukovski)

# Geoznanstveni sat

## Geoscience hour

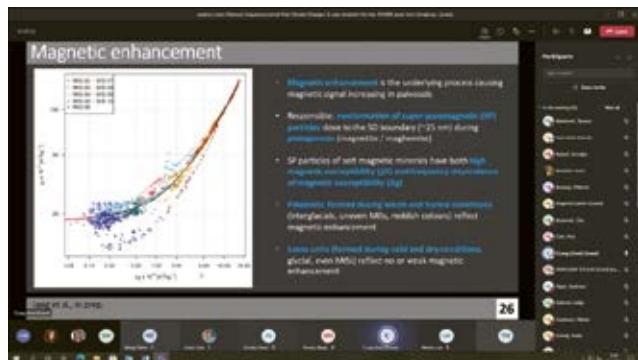
Autori teksta / Authors of the text: **dr. sc. Mihovil BRLEK, dr. sc. Nikolina ILLJANIĆ, dr. sc. Tamara MARKOVIĆ**

Tijekom 2021. godine Geoznanstveni sat nastavio se održavati putem videokonferencija, a posjećenost predavanja je bila odlična: u prosjeku 40 sudionika po predavanju. Sveukupno je održano 11 predavanja. Osim doktoranda s Hrvatskog geološkog instituta i u ovoj godini su prisustvovali predavači iz drugih institucija Republike Hrvatske, ali i inozemstva. Inozemni predavači su bili Christian Laag (Université de Paris, Institut de Physique du Globe de Paris, Paris, France & Leibniz Institute for Applied Geophysics, Hannover, Germany), Sean Gaynor (Department of Earth Sciences, University of Geneva, Switzerland) and Katarina Jerbić (Flinders University, Adelaide, Australia). Dok tuzemni predavači su bili: Sibila Borojević Šoštarić (Rudarsko-geološko-naftni fakultet) te predavači s HGI-a Mihovil Brlek (istraživač) i doktorandi Jasmina Martinčević Lazar, Matko Patekar, Nikola Gzadavec, Ivona Ivkić Filipović, Ivan Kosović i Erli Kovačević Galović.

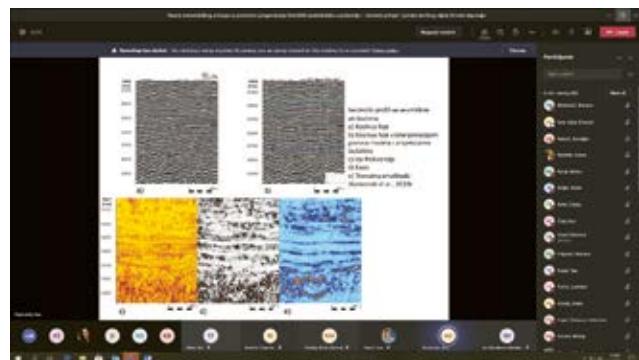
Kao i prethodnih godina, unutar Geoznanstvenog sata predstavljen širok spektar geoloških tema unutar prirodnih i tehničkih znanosti, ali i arheologije. Vjerujemo da će se predavanja nastaviti održavati uspješno i u narednom periodu, a ujedno se nadamo i skorom povratku predavanjima u hibridnom obliku *on-line* i uživo.

In 2021, the geoscience hour was held via videoconference; attendance at the lectures was excellent, with an average of 40 listeners per lecture. In total, 11 lectures were held. Apart from PhD students from the HGI-CGS, lecturers from other institutions of the RH and abroad attended this year's event. The foreign lecturers were Christian Laag (University of Paris, Institut de Physique du Globe de Paris, Paris, France, and Leibniz Institute for Applied Geophysics, Hannover, Germany), Sean Gaynor (Department of Earth Sciences, University of Geneva, Switzerland) and Katarina Jerbić (Flinders University, Adelaide, Australia). The domestic lecturers were Sibila Borojević Šoštarić (Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering), lecturers from HGI-CGS, including Mihovil Brlek (researcher), and PhD students Jasmina Martinčević Lazar, Matko Patekar, Nikola Gzadavec, Ivona Ivkić Filipović, Ivan Kosović and Erli Kovačević Galović.

Similar to previous years, a wide range of geological topics were presented at the geoscience hour as well as one archaeology topic. We believe that the lectures will continue to be held successfully in the coming period and hope to return to lectures in a hybrid form, that is, online and in person.



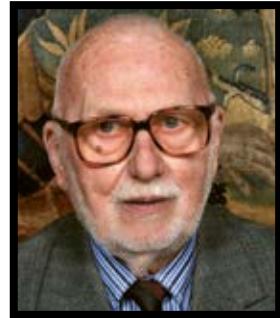
Djelić atmosfere s predavanja a) C. Laaga, b) A. Kamenski  
Atmosphere during lectures by a) C. Laag and b) A. Kamenski



# In memoriam akademik Branko Sokač

## In memoriam academician Branko Sokač

Autor teksta / Author of the text: dr. sc. Tonći GRGASOVIĆ



Branko Sokač rođen je u Tivtu u Crnoj Gori 27. 5. 1933, a umro u Zagrebu 8. 8. 2021. Diplomirao je geologiju 1956. na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Osim prve dvije godine, čitavu je svoju karijeru proveo u Hrvatskom geološkom institutu. Dvije su glavne teme koje se ističu u njegovom istraživačkom radu: geološko kartiranje i regionalna geologija te paleontologija i biostratigrafija vapnenačkih algi. Dio je generacije koja je započela i dovršila projekt Osnovne geološke karte SFRJ 1:100.000 i udarila temelje svih budućih geoloških istraživanja. Nakon što se pridružio ekipi na listu OGK Obrovac, započeo je dugogodišnja intenzivna geološka istraživanja Like i Velebita. Listovi „Velebitske ekipe“ do današnjih su dana ostali primjer vrhunskih geoloških karata, a količina truda da bi se do njih došlo izaziva poštovanje kasnijih generacija. Zbog postignutih rezultata postao je član Savezne komisije za geološke karte te glavni recenzent za teritorij Hrvatske. Kasnije je preuzeo i vodenje nove Osnovne geološke karte RH 1:50.000 sve do 1999. godine.

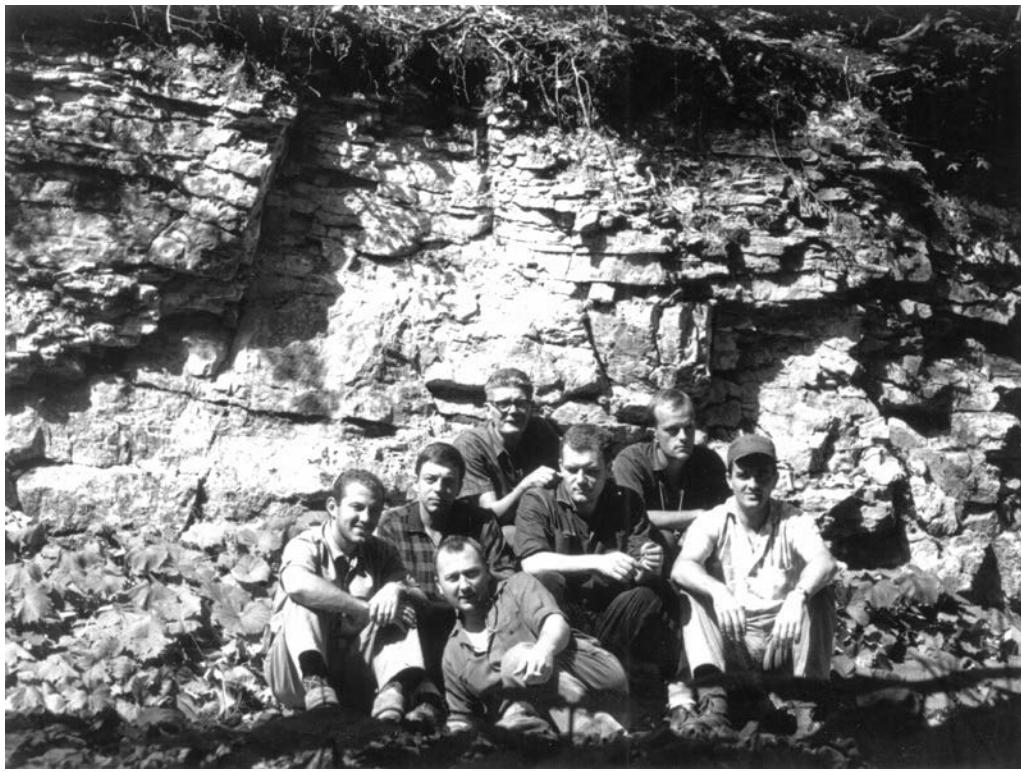
Najznačajnije znanstvene rezultate, po kojima je postao poznat i poštovan u međunarodnim geološkim krugovima, ostvario je istraživanjem fosilnih vapnenačkih alga iz reda Dasycladales. Opisao je 79 novih taksona fosilnih algi, od toga 13 rodova, 61 vrstu i 5 varijeta. Tijekom dugogodišnjih istraživanja Dinarida pronašao je, uz spomenute, još preko 80 vrsta. Svoje radove uvijek temeljio na velikom broju uzoraka i ilustracija, te detaljno argumentirao svoje stavove. Njemu u čast nazvane su vrste *Aciculella sokaci* i *Fanesella sokaci*. Obj-



Akademik Branko Sokač na Biokovu 2007. godine.  
Academician Branko Sokač on Mount Biokovo in 2007

Branko Sokač was born in Tivat, Montenegro, on 27 May 1933, and died in Zagreb on 8 August 2021. He graduated in geology in 1956 at the Faculty of Science in Zagreb. Apart from the first two years after his graduation, he spent his entire career at the HGI-CGS. Two main topics stand out in his research: geological mapping and regional geology and the palaeontology and biostratigraphy of calcareous algae. He was a part of the generation that initiated and completed the project Basic Geological Map of SFRY 1:100,000 and laid the foundation for all future geological research. After joining the team for Sheet Obrovac, he began many years of intensive geological research on Lika and Velebit. The sheets of the 'Velebit team' have remained an example of the pre-eminent geological maps to date, and the amount of effort to obtain these sheets evokes the respect of later generations. Owing to his achievements, he became a member of the Federal Commission for Geological Maps and the main reviewer for the territory of Croatia. Subsequently, he took over the management of the new Basic Geological Map of the RH 1:50,000 until 1999.

He achieved extremely significant scientific results and became known and respected in the international geological community for investigating fossil calcareous algae of the order Dasycladales. He described 79 new taxa of fossil algae (13 genera, 61 species and five varieties). In addition to the aforementioned, he discovered more than 80 species during numerous years of research in Dinarides. He consistently based his works on a large number of samples and illustrations and discussed his views in detail. The species *Aciculella sokaci* and *Fanesella sokaci* were named in his honour. He



U Donjem Pazarištu oko 1966. Gornji red: šofer Čarija, Domagoj Jamičić. Donji red: student Božić, student Vlado Goatti, Ivo Velić, Ivan Galović. Naprijed: Branko Sokač.

In Donje Pazarište, circa 1966. Upper row: driver Čarija and Domagoj Jamičić. Bottom row: student Božić, student Vlado Goatti, Ivo Velić and Ivan Galović. Front: Branko Sokač

vio je 170 radova, od toga 32 samostalno, 50 kao prvi autor, a 88 kao drugi ili daljnji autor.

U institutu je obavljao više funkcija, među ostalima bio je predsjednik Znanstvenog vijeća, član Radničkog savjeta, Upravnog odbora i dr., a vodio je i mnoge projekte. U mirovinu je otiašao 2002. godine, a 2018. izabran je u počasno zvanje zasluznog znanstvenika. Predavao je na poslijediplomskom studiju PMF-a. Bio je počasni je član Hrvatskoga geološkog društva te član i predsjednik Znanstvenog vijeća za naftu Hrvatske akademije znanosti i umjetnosti (HAZU). Kao prvi iz HGI-CGS-a primljen je 1992. za redovitog člana HAZU, a bio je i tajnik Razreda za prirodne znanosti HAZU.

Nakon umirovljenja nije se samo bavio svojim omiljenim hobijem - kuhanjem, već je nastavio sa znanstvenim radom i često navraćao u institut. Od odlaska u mirovinu objavio je 12 radova u časopisima i 33 druga rada. Na kraju treba reći da je karijeru akademika Branka Sokača obilježila velika predanost radu, perefantnost te ljubav prema svom poslu i institutu.

published 170 papers, of which 32 were published independently, 50 as the first author and 88 as the second or subsequent author.

He played several roles at the HGI-CGS. Among others, he was the president of the Scientific Council, a member of the Workers' Council and a member of the Management Board. He also led many projects, retiring only in 2002. In 2018, he was elected a Distinguished Scientist. Moreover, he lectured at the postgraduate courses of the Faculty of Science. He was an honorary member of the Croatian Geological Society and a member as well as the president of the Scientific Council for Petroleum of the Croatian Academy of Sciences and Arts. He was the first from the CGS to be accepted as a full member of the Croatian Academy of Sciences and Arts in 1992. Furthermore, he was the secretary of the Department of Natural Sciences of the Academy.

Upon retiring, he pursued his favourite hobby—cooking—and also continued his scientific work, frequently visiting the HGI-CGS. Since retiring, he published 12 papers in journals and 33 other papers. Finally, it should be said that the career of academician Branko Sokač was marked by his substantial dedication to his work as well as his meticulousness and love for his work and the HGI-CGS.

# Dodjela nagrada i priznanja

## Annual awards

Autor teksta / Author of the text: **dr. sc. Slobodan MIKO**

Povjerenstvo za nagrade i priznanja HGI-CGS-a je, sukladno Pravilniku o nagradama i priznanjima, dodijelilo sljedeće godišnje nagrade najuspješnijim zaposlenicima i znanstvenicima u prethodnoj, 2020. godini.

Dodjeljuje se ukupno sedam nagrada tako da su obuhvaćene sve kategorije zaposlenika. Godišnja nagrada za znanstvena postignuća dodjeljuje se djelatniku HGI-CGS-a za najveći broj preglednih, izvornih znanstvenih i stručnih radova objavljenih u prethodnoj godini te je nagrada za područje prirodnih znanosti, polje geologije, dodijeljena **dr. sc. Ozrenu Hasanu** za sedam objavljenih radova, a nagrada za područje tehničkih znanosti, polje geološko inženjerstvo, **dr. sc. Marcu Poli** za pet objavljenih radova. Godišnja nagrada mladom znanstveniku za znanstvena postignuća za prethodnu godinu dodijeljena je **dr. sc. Deji Brunović** u području prirodnih znanosti za pet objavljenih radova te **Ani Selak, uni. mag. ing.**, u području tehničkih znanosti, polje geološko inženjerstvo. Godišnja nagrada za rad s najvećim znanstvenim odjekom za znanstveni rad objavljen u časopisu s najvećim faktorom odjeka prema WoS-u dodijeljena je **dr. sc. Petri Bajo** u području prirodnih znanosti, polje geologije, za rad objavljen u prestižnom časopisu *Science*. U području tehničkih znanosti, polje geološko inženjerstvo, nagrada je dodijeljena se **dr. sc. Jasmini Lukač Reberski** za rad objavljen u časopisu *Natural Resources Research*.

Godišnja nagrada za najcitaniji rad dodjeljuje se za znanstveni, pregledni ili stručni rad koji je do 31. prosinca prethodne kalendarske godine citiran najmanje 15 puta. Nagradu je dobio **dr. sc. Tvrto Korbar**.

Godišnja nagrada za najcitaniji rad objavljen u časopisu *Geologia Croatica* dodijeljena je **dr. sc. Lari Wachi**.

Godišnja nagrada za izuzetan doprinos geološkoj struci dodijeljena je **Ladislavu Fučku dipl. ing. geol.**, a godišnja nagrada za izuzetno zalaganje tehničkom i administrativnom osoblju **gđi. Suzani Vitas**.

In accordance with the Guidelines on Awards and Recognition, the HGI-CGS Awards and Recognitions Committee awarded the following annual prizes to the most successful employees and scientists for 2020.

In total, seven awards are given to cover all categories of employees. The annual award for scientific achievements is given to the employee of HGI-CGS with the largest number of review, original scientific and professional papers published in the previous year. Thus, the award for the field of natural sciences, an area of geology, was given to Dr sc. **Ozren Hasan** for seven published papers, while the award for the field of technical sciences, an area of geological engineering, was bestowed to Dr sc. **Marco Poli** for five published works. The annual award that is given to young scientists for scientific achievements in the previous year was given to Dr sc. **Dea Brunović** in the field of natural sciences for five published papers and to **Ana Selak, uni. mag. ing.**, in the field of technical sciences, an area of geological engineering. The annual award for the paper with the greatest scientific impact published in a journal with the highest impact factor according to the WoS was awarded to Dr sc. **Petra Bajo** in the field of natural sciences, an area of geology. Her paper was published in the prominent journal *Science*. In the field of technical sciences, an area of geological engineering, an award was given to Dr sc. **Jasmina Lukač Reberski** for a paper published in the journal *Natural Resources Research*.



Dr. sc. Petra Bajo dobitnica je i godišnje državne nagrade za znanost za rad objavljen u časopisu *Science*

Dr. sc. Petra Bajo is also the winner of the annual state award for science for her work published in the journal *Science*

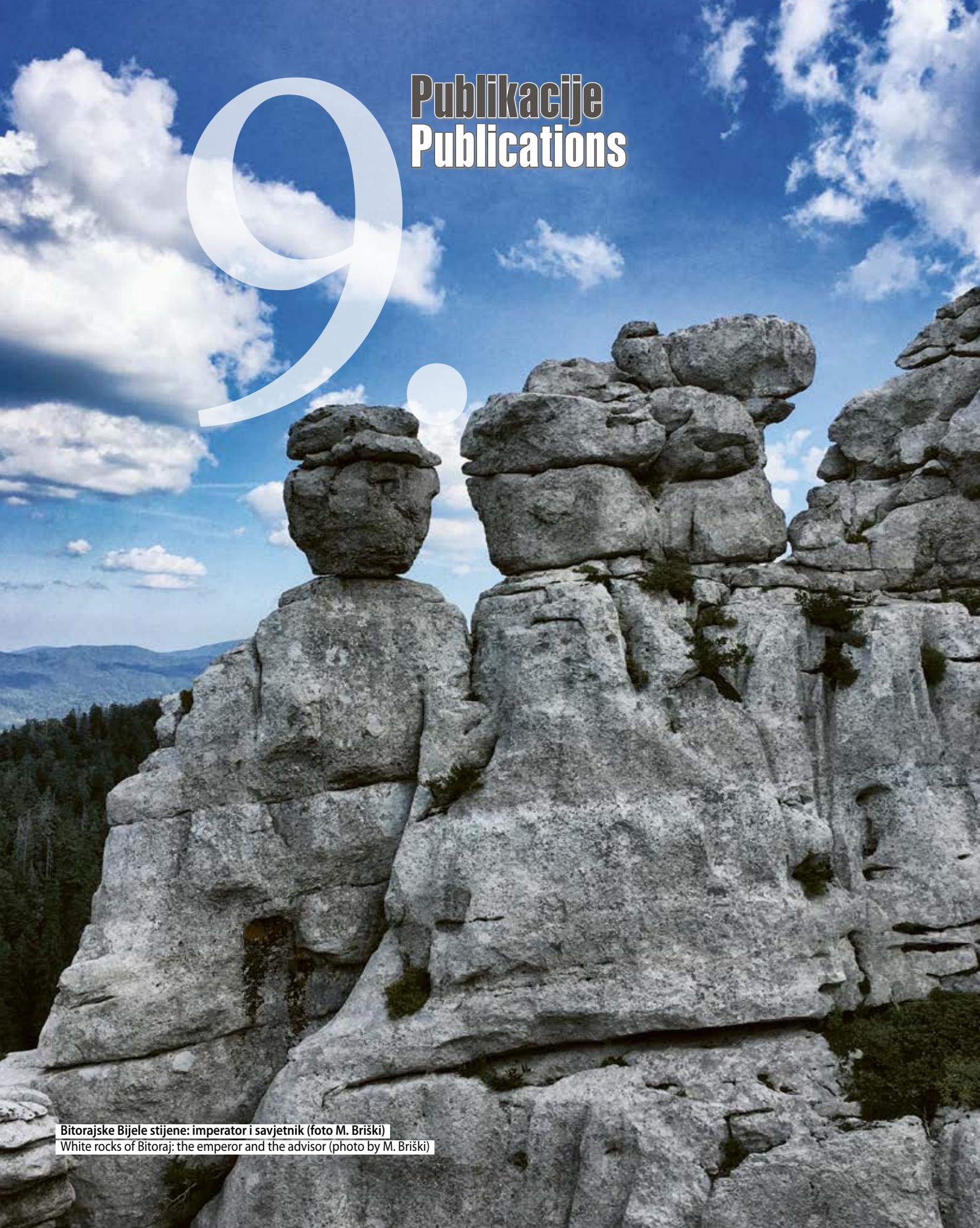
The annual award for the most cited work is awarded for a scientific, review or professional paper that has been cited at least 15 times as of 31 December of the previous calendar year. This award was given to Dr sc. **Tvrto Korbar**.

The annual award for the most cited work published in the journal *Geologia Croatica* was given to Dr sc. **Lara Wacha**.

The annual award for an outstanding contribution to the geological profession was given to **Ladislav Fuček**, BSc. ing. geol., while the annual award for exceptional commitment among technical and administrative staff was given to Ms **Suzana Vitas**.

9.

# Publikacije Publications



**Bitorajske Bijele stijene: imperator i savjetnik (foto M. Briški)**  
White rocks of Bitoraj: the emperor and the advisor (photo by M. Briški)

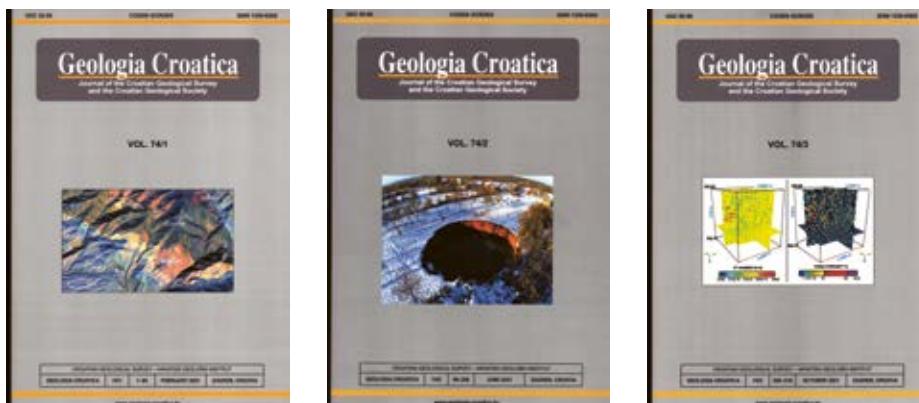
# Znanstveni časopis Geologija Croatica

## Scientific journal Geologija Croatica

Glavna urednica / Editor in chief: **dr. sc. Lidija GALOVIĆ**

Tehnička urednica / Technical editor: **dr. sc. Marija HORVAT**

[www.geologija-croatica.hr](http://www.geologija-croatica.hr)



Naslovnice časopisa u 2021. godini

Covers of the journal in 2021

*Geologija Croatica* je znanstveni časopis Hrvatskoga geološkog instituta i Hrvatskoga geološkog društva kojeg izdaje Hrvatski geološki institut. U 2021. godini tiskan je 74. volumen u tri svešćica na ukupno 318 stranica s 21 člankom (18 originalnih znanstvenih radova, jedan pregledni znanstveni rad, jedan stručni rad i jedno prethodno priopćenje).

U bazi podataka Web of Science u kategoriji „Geology“ faktor odjeka časopisa (IF) je 0.717, čime je svrstan u četvrti kvartil. U bazi podataka Scopus postignut je SJR 0.23, čime je časopis svrstan u treći kvartil u kategoriji „Earth and Planetary Sciences (miscellaneous)“ te četvrti kvartil u kategoriji „Geology“. Te godine nismo imali niti jedan samocitat.

*Geologija Croatica* je časopis u otvorenom pristupu kategorije „Gold“, potkategorije „Diamond“, što je najviša kategorija u otvorenosti pristupa i zadržavanju autorskih prava autorima. Ova kategorija zadovoljava sve standarde diseminacije koje propisuju domaći i međunarodni natječaji za znanstvene projekte.

Uredništvo ovim putem zahvaljuje autorima, pridruženim urednicima i recenzentima koji su svojim znanjem i iskustvom poboljšali kvalitetu dospjelih rukopisa te ih poziva na daljnju suradnju.

*Geologija Croatica* is a scientific journal of the Croatian GS and the Croatian Geological Society, published by the Croatian GS. In 2021, the 74th volume was printed in three volumes on a total of 318 pages with 21 articles (18 original scientific papers, one review paper, one professional paper and one preliminary communication).

In the WoS database, under the 'Geology' category, the journal impact factor is 0.717, which places the journal in the fourth quartile. Moreover, *Geologija Croatica* achieved a SCImago journal rank of 0.23 in the Scopus database, placing the journal in the third quartile under the category 'Earth and Planetary Sciences (miscellaneous)' and in the fourth quartile under 'Geology'. We lack a single self-quote in 2021. Moreover, *Geologija Croatica* is an open-access journal under the 'Gold' category and the 'Diamond' sub-category, which is the highest category for open-access journals and in copyright retention for authors. This categorisation meets all the dissemination standards prescribed by domestic and international tenders for scientific projects.

The Editorial Board would hereby like to thank the authors, associate editors and reviewers who improved the quality of the submitted manuscripts through their knowledge and experience and invite them for further co-operation.

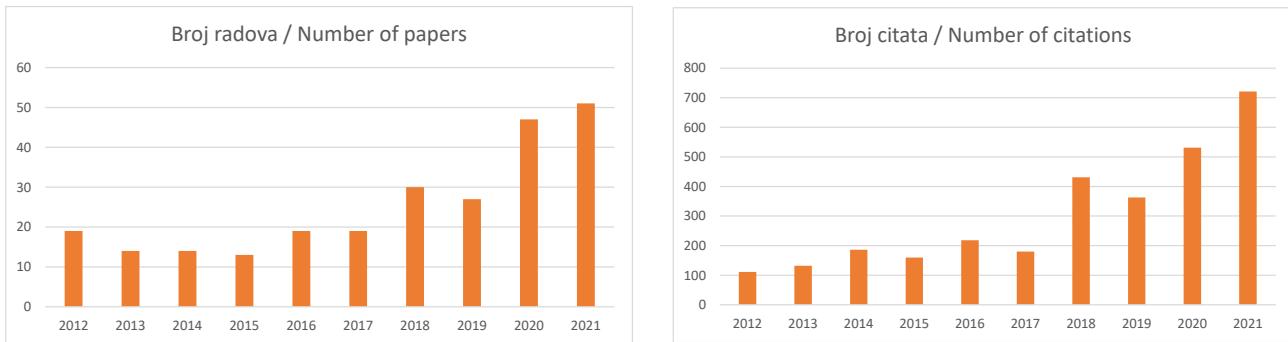
# Bibliografija

## Bibliography

### RADOVI U ČASOPISIMA / PAPERS IN JOURNALS

- Avanić, Radovan; Pavelić, Davor; Pécsay, Zoltan; Miknić, Mirjana; Tibljaš, Darko; **Wacha, Lara.** Tidal deposits in the Early Miocene Central Paratethys: the Vučji Jarek and Čemernica members of the Macelj formation (NW Croatia) / Geologia Croatica : journal of the Croatian Geological Survey and the Croatian Geological Society, 74/1; 41-56. doi: 10.4154/gc.2021.06
- Badurina, Luka; Šegvić, Branimir; Mandic, Oleg; **Slovenec, Damir.** Miocene tuffs from the Dinarides and Eastern Alps as proxies of the Pannonian Basin lithosphere dynamics and tropospheric circulation patterns in Central Europe // Journal of the Geological Society, 178/6, 262. doi: 10.1144/jgs2020-262
- Banak, Adriano;** Pikelj, Kristina; Lužar-Oberiter, Borna; **Kordić, Branko.** Sedimentary record of Pleistocene aeolian - alluvial deposits on Vrgada Island (eastern Adriatic coast, Croatia) / Geologia Croatica : journal of the Croatian Geological Survey and the Croatian Geological Society, 74/2; 127-137. doi: 10.4154/gc.2021.14
- Baranyi, Viktorija; Bakrač, Koraljka;** Krizmanić, Krešimir; Botka, Daniel; Toth, Emoke; Magyar, Imre. Paleoenvironmental changes and vegetation of the Transylvanian Basin in the early stages of Lake Pannon (late Miocene, Tortonian) / Review of Palaeobotany and Palynology, 284, 104340, 16. doi: 10.1016/j.revpalbo.2020.104340
- Baranyi, Viktorija;** Mudie, Peta J.; Magyar, Imre; Kovacs, Adam; Suto-Szentai, Maria; **Bakrač, Koraljka.** Revision of the endemic dinoflagellate cyst genus *Pontiadinium* Stover & Evitt, 1978 from Lake Pannon and the Paratethys realm (Late Miocene–Early Pliocene, Central Europe). Palynology, 2014367. doi: 10.1080/01916122.2021.2014367
- Bonacci, Ognjen; Bonacci, Duje; **Patekar, Matko.** Analiza odnosa temperatura zraka, temperature površine mora i oborina na otoku Visu // Hrvatske Vode, 29/118; 275-289.
- Bonacci, Ognjen; Bonacci, Duje; **Patekar, Matko; Pola, Marco.** Increasing Trends in Air and Sea Surface Temperature in the Central Adriatic Sea (Croatia) / Journal of marine science and engineering, 9/4; 358-377. doi: 10.3390/jmse9040358
- Bostjančić, Iris; Filipović, Marina; Gulam, Vlatko; Pollak, Davor.** Regional-Scale Landslide Susceptibility Mapping Using Limited LiDAR-Based Landslide Inventories for Sisak-Moslavina County, Croatia / Sustainability, 13/8, 4543, 20. doi: 10.3390/su13084543
- Brčić, Vlatko;** Glumac, Bosiljka; **Brlek, Mihovil;** Fuček, Ladislav; Šparica Miko, Martina. Cenomanian-Turonian oceanic anoxic event (OAE2) imprint on the northwestern part of the Adriatic Carbonate Platform and a coeval intra- platform basin (Istria and Premuda Island, Croatia) / Cretaceous Research, 125, 104847. doi: 10.1016/j.cretres.2021.104847
- Brševac, Zlatko; **Pollak, Davor;** Maričić, Ana; Vlahek, Andreja. Modulus of Elasticity for Grain-Supported Carbonates—Determination and Estimation for Preliminary Engineering Purposes / Applied Sciences-Basel, 11, 1-18. doi: 10.3390/app11136148
- Brkić, Željka; Larva, Ozren; Kuhta, Mladen.** Groundwater age as an indicator of nitrate concentration evolution in aquifers affected by agricultural activities / Journal of Hydrology, 602; 126799. doi: 10.1016/j.jhydrol.2021.126799
- Brlek, Mihovil;** Gaynor, Sean; Mongelli, Giovanni; Bauluz, Blanca; Sinisi, Rosa; **Brčić, Vlatko;** Peytcheva, Irena; **Mišur, Ivan;** Tapster, Simon; **Trinajstić, Nina** et al. Karst bauxite formation during Miocene Climatic Optimum (central Dalmatia, Croatia): mineralogical, compositional and geochronological perspectives / International journal of earth sciences, 110/531 doi: 10.1007/s00531-021-02091-z
- Cvetković, Marko; Kapuralić, Josipa; Pejić, Marija; Kolenković Močilac, Iva; Rukavina, David; Smirčić, Duje; **Kamenski, Ana;** Matoš, Bojan; Špelić, Marko. Soil Gas Measurements of Radon, CO<sub>2</sub> and Hydrocarbon Concentrations as Indicators of Subsurface Hydrocarbon Accumulation and Hydrocarbon Seepage / Sustainability, 13/7; 3840, 16. doi: 10.3390/su13073840
- Dobrilović, Ivana; Hrženjak, Petar; **Navratil, Dražen.** Development of a model for the estimation of shear strength of discontinuity in massive and karstified limestone / Rudarsko-geološko-naftni zbornik, 36/2; 43-57. doi: 10.17794/rgn.2021.2.5
- Gale, Luka; **Kukoč, Duje;** Rožić, Boštjan; Vidervol, Anja. Sedimentological and paleontological analysis of the Lower Jurassic part of the Zatrnik Formation on the Pokljuka plateau, Slovenia // Geologija, 64/2; 173-188. doi: 10.5474/geologija.2021.010
- Galović, Ines.** Corrigendum to "Sarmatian biostratigraphy of a marginal sea in northern Croatia based on calcareous nannofossils" [Marine Micropaleontology 101928 161 (2020) // Marine Micropaleontology, 167; 102011. doi: 10.1016/j.marmicro.2021.102011

- Golian, Mohsen; Sharifi Teshnizi , Ebrahim; Parise, Mario; **Terzić, Josip**; Milanović, Saša; Ristić Vakanjac, Vesna; Mahdad, Masoud; Abbasi, Mehdi; Taghikhani, Hossein; Saadat, Habib. A new analytical method for determination of discharge duration in tunnels subjected to groundwater inrush // *Bulletin of engineering geology and the environment*, 80/4; 3293-3313. doi: 10.1007/s10064-021-02140-6
- Karavanić, Ivor; Banda, Marko; Radović, Siniša; **Miko, Slobodan**; Vukosavljević, Nikola; Razum, Ivan; Smith, Fred H. A palaeoecological view of the last Neanderthals at the crossroads of south-central Europe and the central Mediterranean: long-term stability or pronounced environmental change with human responses / *Journal of quaternary science*, Special issue, 1-10. doi: 10.1002/jqs.3279
- Karlović, Igor; Marković, Tamara**; Šparica Miko, Martina; Maldini, Krešimir. Geochemical Characteristics of Alluvial Aquifer in the Varaždin Region / *Water*, 13/11; 1508, 16. doi: 10.3390/w13111508
- Karlović, Igor; Marković, Tamara**; Vujnović, Tatjana; **Larva, Ozren**. Development of a Hydrogeological Conceptual Model of the Varaždin Alluvial Aquifer / *Hydrology*, 8/19, 13. doi: 10.3390/hydrology8010019
- Karlović, Igor**; Pavlić, Krešimir; Posavec, Kristijan; **Marković, Tamara**. Analysis of the hydraulic connection of the Plitvica stream and the groundwater of the Varaždin alluvial aquifer / *Geofizika*, 38/1; 15-35. doi: 10.15233/gfz.2021.38.3
- Koltringer, Chiara; Bradak, Balazs; Stevens, Thomas; Almqvist, Bjarne; **Banak, Adriano**; Lindner, Martin; Kurbanov, Redzhep; Snowball, Ian. Palaeoenvironmental implications from Lower Volga loess - Joint magnetic fabric and multi-proxy analyses / *Quaternary Science Reviews*, 367, 107057. doi: 10.1016/j.quascirev.2021.107057
- Kovács, Ádám; Balázs, Attila; Špelić, Marko; Sztanó, Orsolya. Forced or normal regression signals in a lacustrine basin? Insights from 3D stratigraphic forward modeling in the SW Pannonian Basin / *Global and Planetary Change*, 196, 103376. doi: 10.1016/j.gloplacha.2020.103376
- Kulač, Antonija; **Marković, Tamara**; Žutinić, Petar; Kajan, Katarina; **Karlović, Igor**; Orlić, Sandi; Keskin, Emre; Filipović, Vilim; Gligora Udovičić, Marija. Succession of Microbial Community in a Small Water Body within the Alluvial Aquifer of a Large River / *Water*, 13/2; 115, 23. doi: 10.3390/w13020115
- Kurečić, Tomislav**; Bočić, Neven; **Wacha, Lara**; **Bakrač, Koraljka**; **Grizelj, Anita**; Tresić Pavičić, Dinko; Lüthgens, Christopher; Sironić, Andreja; Radović, Siniša; Redovniković, Loris; Fiebig, Markus. Changes in cave sedimentation mechanisms during the Late Quaternary: an example from the Lower Cerovačka Cave, Croatia / *Frontiers in Earth Science*, 9, 672229. doi: 10.3389/feart.2021.672229
- Kurečić, Tomislav**; Kovačić, Marijan; **Grizelj, Anita**. Mineral assemblage and provenance of the Pliocene Viviparus beds from the area of Vukomeričke Gorice (Central Croatia) / *Geologia Croatica: journal of the Croatian Geological Survey and the Croatian Geological Society*, 74/3; 253-271. doi: 10.4154/gc.2021.16
- Lehmkuhl, Frank; Nett, Janina J.; Pötter, Stephan; Schulte, Philipp; Sprafke, Tobias; Jary, Zdzislaw; Antoine, Pierre; **Wacha, Lara**; Wolf, Daniel; Zerboni, A. et al. Loess landscapes of Europe – Mapping, geomorphology, and zonal differentiation / *Earth-science reviews*, 215, 103496. doi: 10.1016/j.earscirev.2020.103496
- Marković, Frane; Kuiper, Klaudia; Čorić, Stjepan; **Hajek-Tadesse, Valentina**; Hernitz Kučenjak, Morana; **Bakrač, Koraljka**; Pezelj, Đurđica; Kovačić, Marijan. Middle Miocene marine flooding: New 40Ar/39Ar age constraints with integrated biostratigraphy on tuffs from the North Croatian Basin // *Geologia Croatica*, 74/3; 237-252. doi: 10.4154/gc.2021.18
- Markušić, Snježana; Stanko, Davor; Penava, Davorin; Ivančić, Ines; Bjelotomić Oršulić, Olga; **Korbar, Tvrtko**; Sarhosis, Vasilis. Destructive M6.2 Petrinja Earthquake (Croatia) in 2020—Preliminary Multidisciplinary Research / *Remote sensing*, 13/6; 1095. doi: 10.3390/rs13061095
- Mišur, Ivan; Budić, Marko; Kurečić, Tomislav; Korbar, Tvrtko**. Tectonic Influence on Speleogenesis of Sea Caves on Biševo Island (UNESCO Global Geopark Vis Archipelago, Adriatic Sea, Croatia) / *Geosciences*, 11/8, 341; 1-16. doi: 10.3390/geosciences11080341
- Molnar, David; Mako, Laszlo; Cseh, Peter; Sumegi, Pal; Fekete, Istvan; **Galović, Lidija**. Middle and Late Pleistocene loess-palaeosol archives in East Croatia: multi-proxy palaeoecological studies on Zmajevac and Šarengrad II sequences / *Studia Quaternaria*, 38/1; 3-17. doi: 10.24425/sq.2020.133758
- Négrela, Philippe; Ladenberger, Anna; Reimann, Clemens; Birke, Manfred; Demetriades, Alecos; Sadeghi, Martiya; the GEMAS Project Team (Albanese, S.; ...; Halamić, J.; ...Šorša, Ajka;... et al. GEMAS: Geochemical distribution of Mg in agricultural soil of Europe // *Journal of Geochemical Exploration*, 221, 106706. doi: 10.1016/j.gexplo.2020.106706
- Ondrasek, Gabrijel; Bakić Begić, Helena; Romić, Davor; **Brkić, Željka**; Husnjak, Stjepan; Bubalo Kovačić, Marina. A novel LUMNAqSoP approach for prioritising groundwater monitoring stations for implementation of the Nitrates Directive / *Environmental Sciences Europe*, 23. doi: 10.1186/s12302-021-00467-1
- Ostrogović Sever, Maša Zorana; Barcza, Zoltán; Hidy, Dóra; Kern, Anikó; Dimoski, Doroteja; **Miko, Slobodan**; **Hasan, Ozren**; Grahovac, Branika; Marjanović, Hrvoje. Evaluation of the Terrestrial Ecosystem Model Biome-BGCMuSo for Modelling Soil Organic Carbon under Different Land Uses / *Land* (Basel), 10/9, 968-968. doi: 10.3390/land10090968
- Patekar, Matko; Baniček, Ivona**; Rubinić, Josip; **Lukač Reberski, Jasmina**; **Boljat, Ivana**; **Selak, Ana**; **Filipović, Marina**; **Terzić, Josip**. Assessing Climate Change and Land-Use Impacts on Drinking Water Resources in Karstic Catchments (Southern Croatia) / *Sustainability*, 13/9; 5239. doi: 10.3390/su13095239



Pavičić, Ivica; Briševac, Zlatko; Vrbaški, Anja; **Grgasović, Tonći**; Duić, Željko; Šijak, Deni; Dragičević, Ivan. Geometric and Fractal Characterization of Pore Systems in the Upper Triassic Dolomites Based on Image Processing Techniques (Example from Žumberak Mts, NW Croatia) / Sustainability, 13/7668; 1-18. doi: 10.3390/su13147668

**Petrinjak, Krešimir; Budić, Marko; Bergant, Stanislav; Korbar, Tvrtko.** Megabeds in Istrian Flysch as markers of synsedimentary tectonics within the Dinaric foredeep (Croatia) / Geologia Croatica : journal of the Croatian Geological Survey and the Croatian Geological Society, 74/2; 99-120. doi: 10.4154/gc.2021.07

**Pollak, Davor; Gulam, Vlatko; Novosel, Tomislav; Avanić, Radovan; Tomljenović, Bruno; Hećej, Nina; Terzić, Josip;** Stipčević, Josip; Bačić, Mario; Kurečić, Tomislav et al. The preliminary inventory of coseismic ground failures related to December 2020 – January 2021 Petrinja earthquake series / Geologia Croatica : journal of the Croatian Geological Survey and the Croatian Geological Society, 74/2; 189-208. doi: 10.4154/gc.2021.08

Razum, Ivan; **Bajo, Petra; Brunović, Dea; Ilijanić, Nikolina; Hasan, Ozren;** Röhl, Ursula; Šparica Miko, Martina; **Miko, Slobodan.** Past climate variations recorded in needle-like aragonites correlate with organic carbon burial efficiency as revealed by lake sediments in Croatia / Scientific reports, 11, 7568. doi: 10.1038/s41598-021-87166-2

Razum, Ivan; Lužar-Oberiter, Borna; Zaccarini, Federica; Babić, Ljubomir; **Miko, Slobodan; Hasan, Ozren; Ilijanić, Nikolina;** Beqiraj, Enkeleida; Pawlowsky-Glahn, Vera. New sediment provenance approach based on orthonormal log ratio transformation of geochemical and heavy mineral data: Sources of eolian sands from the southeastern Adriatic archipelago // Chemical Geology, 583, 120451, 15. doi: 10.1016/j.chemgeo.2021.120451

**Slovenec, Damir;** Šegvić, Branimir. Middle Triassic high-K calc-alkaline effusive and pyroclastic rocks from the Zagorje-Mid-Transdanubian Zone (Mt. Kuna Gora; NW Croatia): mineralogy, petrology, geochemistry and tectonomagmatic affinity / Geologica Acta, 19. doi: 10.1344/geologicaacta2021.19.2

Surić, Maša; **Bajo, Petra;** Lončarić, Robert; Lončar, Nina; Drysdale, Russell N.; Hellstrom, John C.; Hua, Quan. Speleothem records of the hydroclimate variability throughout the last glacial cycle from Manita peć Cave (Velebit Mountain, Croatia) / Geosciences, 11/8; 347, 21. doi: 10.3390/geosciences11080347

Surić, Maša; Columbu, Andrea; Lončarić, Robert; **Bajo, Petra;** Bočić, Neven; Lončar, Nina; Drysdale, Russell N.; Hellstrom, John C. Holocene hydroclimate changes in continental Croatia recorded in speleothem  $\delta^{13}\text{C}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  from Nova Grgosova Cave / Holocene, 31/9; 1401-1416. doi: 10.1177/09596836211019120

Špelić, **Marko;** Del Ben, Anna; **Petrinjak, Krešimir.** Structural setting and geodynamics of the Kvarner area (Northern Adriatic) / Marine and petroleum geology, 125, 104857. doi: 10.1016/j.marpetgeo.2020.104857

**Terzić, Josip; Filipović, Marina; Boljat, Ivana; Selak, Ana; Lukac Reberski, Jasmina.** Groundwater level and electrical conductivity datasets acquired within pumping tests on Ilovik Island in Croatia / Data in Brief, 37; 107180. doi: 10.1016/j.dib.2021.107180

**Terzić, Josip;** Grgec, Damir; **Lukač Reberski, Jasmina; Selak, Ana; Boljat, Ivana; Filipović, Marina.** Hydrogeological estimation of brackish groundwater lens on a small Dinaric karst island: Case study of Ilovik, Croatia / Catena (Cremlingen), 204. doi: 10.1016/j.catena.2021.105379

Tomašić, Nenad; Čobić, Andrea; Bedeković, Matija; **Miko, Slobodan; Ilijanić, Nikolina; Gisdavec, Nikola;** Matišević, Mario. Rare Earth Elements Enrichment in the Upper Eocene Tosici-Dujici Bauxite Deposit, Croatia, and Relation to REE Mineralogy, Parent Material and Weathering Pattern / Minerals, 11/11; 1260. doi: 10.3390/min1111260

Torresan, Fillipo; Piccinini, Leonardo; Cacace, Mauro; **Pola, Marco;** Zampieri, Dario; Fabbri, Paolo. Numerical modeling as a tool for evaluating the renewability of geothermal resources: the case study of the Euganean Geothermal System (NE Italy) / Environmental Geochemistry and Health. doi: 10.1007/s10653-021-01028-4

- Toševski, Aleksandar; **Pollak, Davor**; Perković, Dario. Identification of rockfall source areas using the seed cell concept and bivariate susceptibility modeling / Bulletin of engineering geology and the environment, 80/10; 7551-7576. doi: 10.1007/s10064-021-02441-w
- Wacha, Lara**; Laag, Christian; Grizelj, Anita; Tsukamoto, Sumiko; Zeeden, Christian; **Ivanišević, Danijel**; Rolf, Christian; **Banak, Adriano**; Frechen, Manfred. High-resolution palaeoenvironmental reconstruction at Zmajevac (Croatia) over the last three glacial/interglacial cycles / Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 576, 110504. doi: 10.1016/j.palaeo.2021.110504
- Zanchetta, Giovanni; Bini, Monica; Bloomfield, Kevin; Izdebski, Adam; Vivoli, Nicola; Regattieri, Eleonora; Isola, Ilaria; Drysdale, Russell N.; **Bajo, Petra**; Hellstrom, John, C.; Wisniewski, Robert; Fallick, Anthony, E.; Natali, Stefano; Luppichini, Marco. Beyond one-way determinism: San Frediano's miracle and climate change in Central and Northern Italy in late antiquity / Climatic Change, 165/3-4; 51. doi: 10.1007/s10584-021-03087-z
- Živković, Patricia; Burečić Šafran, Mirela; Kovačević Zelić, Biljana. Comparison of measured and estimated permeability for artificially prepared coarse-grained soil samples / Mining-geological-petroleum engineering bulletin, 36/3; 167-178. doi: 10.17794/rgn.2021.3.12

## RADOVI U ZBORNICIMA / PAPERS AND ABSTRACTS IN PROCEEDINGS

- Borović, Staša; Patekar, Matko; Terzić, Josip; Pola, Marco; Filipović, Marina; Briški, Maja; Kosović, Ivan; Novosel, Tomislav**. Options for managed aquifer recharge of karst aquifer on Vis island (Croatia) / EGU 2021 General Assembly vEGU21: Gather Online, Online, 2021. EGU21-12195, 1. doi: 10.5194/egusphere-egu21-12195
- Borović, Staša; Pola, Marco**; Pavičić, Ivica; Špelić, Marko. Utilization of Vintage Hydrocarbon Exploration Data in Geothermal Research: the Case Study of Zagreb Geothermal Field (Croatia) / World Geothermal Congress 2020 Reykjavik / Lund, John ; Boyd, Tonya (ur.). Reykjavik: International Geothermal Organisation, 2021. 11158, 7.
- Diepolder, Gerold; **Borović, Staša**; Herms, Ignasi; HotLime Team. HotLime – Mapping and Assessment of Geothermal Plays in Deep Carbonate Rocks / Proceedings of the World Geothermal Congress 2020+1 / Lund, John ; Boyd, Tonya (ur.). Reykjavik: International Geothermal Organisation, 2021. 16040, 9.
- Hasan, Ozren; Miko, Slobodan; Brunović, Dea; Šenolt, Natalia; Šparica Miko, Martina; Ilijanić, Nikolina**. Seabed geomorphology of the Prokljan Lake – a Krka River estuary on the eastern Adriatic coast (Dalmatia) / EGU General Assembly 2021, Online event: Copernicus GmbH, 2021. EGU21-11320, 1. doi: 10.5194/egusphere-egu21-11320
- Horvat Marija**, Smirčić Duje, **Belak Mirko, Baranyi Viktória**. Triassic Volcano-Sedimentary Succession – Sekolje, Mt. Strahinjščica, NW Croatia / EMC 2020, 3rd European Mineralogical Conference, Cracow, Poland, Mineralogy in the modern world, ABSTRACT BOOK, 29 August - 2 September 2021 / Kierczak Jakub (ur.). Krakow, 2021. str. 188-188.
- Ilijanić, Nikolina; Miko, Slobodan; Hasan, Ozren; Brunović, Dea**; Šparica Miko, Martina; Sladović, Željka; **Ivković Filipović, Ivona**; Šenolt, Natalia; Goreta, Gordana. Geomorphology of the lakebed and sediment deposition during the Holocene in Lake Visovac / EGU General Assembly 2021, Online, 2021. EGU21-15787, 1. doi:10.5194/egusphere-egu21-15787
- Jin, Xin; **Baranyi, Viktoria**; Caggiati, Marcello; Franceschi, Marco; Wall, Corey, J.; Liu, Guanglin; Schmitz, Mark, D.; Gianolla, Piero; Ogg, James, G.; Lu, Gang; Shi, Zhiqiang; Preto, Nero. Middle Triassic lake expansion in the Ordos Basin, North China plate linked with global sea-level rise. Global and Planetary Change, 207, 103670. doi: 10.1016/j.gloplacha.2021.103670, Q1
- Korbar, Tvrtko**; Markušić, Snježana; Stanko, Davor; Penava, Davorin. Petrinja M6.2 earthquake in 2020 damaged also solid linear infrastructure: Are there similar active faults in Croatia? / Proceedings of 1st Croatian Conference on Earthquake Engineering, 1CroCEE / Lakušić, S. ; Atalić, J. (ur.). Zagreb, Croatia: University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering, Zagreb, Croatia, 2021. str. 353-362. doi: 10.5592/CO/1CroCEE.2021.253
- Laag, Christian; **Wacha, Lara**; Ryzner, Kamilia; Zeeden, Christian; Rolf, Christian; Lagroix, France; Guyodo, Yohan; Tsukamoto, Sumiko; Frechen, Manfred. 350 kyrs of increasing aridity reflected by geophysical proxies from the LPS of Zmajevac, Croatia / Book of Abstracts / Bábek, O. ; Vodrážková, S. (ur.). Olomouc: Palacký University of Olomouc, 2021. str. 255-255.
- Lehmkuhl, Frank; Hambach, Ulrich; Nett, Janina J.; Schulte, Philipp; Jary, Zdzislaw; Sprafke, Tobias; Antoine, Pierre; **Wacha, Lara**; Zerboni, Andrea; Hošek, Jan; Marković, Slobodan. Eurasian drylands and the conceptual model of loess landscapes / EGU General Assembly 2021, online, 2021. doi: 10.5194/egusphere-egu21-8586
- Lüthgens, Christopher; **Wacha, Lara; Kurečić, Tomislav**; Bočić, Neven. The Lower Cerovačka Cave sediments -Using single grains of feldspar for the dating of cave sediments to constrain timing and changes in cave sedimentation mechanisms / German Luminescence and ESR Dating Meeting in 2021 - DLED2021, Loccum, Germany, 2021. str. 9-9.
- Miko, Slobodan; Bajo, Petra; Bakrač, Koraljka; Brunović, Dea**; Christodoulou, Dimitris; Durn, Tatjana; Geraga, Maria; **Hajek-Tadesse, Valentina; Hasan, Ozren**; Hruševan, Dario; **Ilijanić, Nikolina**; Karavančić, Ivor; **Mesić, Saša**; Mitić, Božena; Papatheodorou, George; Petrinec, Branko; Prohaska, Ana; Radić Rossi, Irena; Razum, Ivan; Schulz, Hartmut; Šenolt, **Natalia**; **Šparica Miko, Martina**; Willems, Eske. Submerged landscapes of the eastern Adriatic – from the river across the lake all the way to the sea / EGU General Assembly 2021, Online event:

- Copernicus GmbH, 2021. EGU21-12177, 1. doi: 10.5194/egusphere-egu21-12177
- Padovan, Božo; Podolszki, László; Sokolić, Igor; Sović, Ivica; Novosel, Tomislav; Pivčević, Nina; Kosović, Ivan.** Seismic and geological zonation of the part of the city of Zagreb area / 1st Croatian Conference on Earthquake Engineering, 1CroCEE, March 22-24, Zagreb, Croatia Conference Proceedings Editors Lakušić, Stjepan and Atalić, Josip / Lakušić, Stjepan ; Atalić, Josip (ur.). Zagreb: Faculty of Civil Engineering, University of Zagreb, 2021. str. 35-46. doi: 10.5592/CO/1CroCEE.2021
- Patekar, Matko; Borović, Staša; Pola, Marco; Terzić, Josip.** Managed Aquifer Recharge As An Option For Sustainable Management Of Karstic Aquifer Of The Island Of Vis, Croatia / IAH Book of abstracts 2021, Bruxelles, Belgija, 2021. str. 196-196.
- Patekar, Matko; Pola, Marco; Borović, Staša; Terzić, Josip; Briški, Maja; Kosović, Ivan; Brčić, Vlatko; Mittempergher, Silvia; Lucca, Alessio; Berio, Luigi Riccardo.** Interdisciplinary investigations of managed aquifer recharge potential on the small island of Vis (Croatia) / Conference proceedings book, Napulj, Italija, 2021. str. 19-19.
- Pavičić, Ivica; Matoš, Bojan; Vlahović, Igor; Govorčin, Marin; Pavelić, Davor; Matešić, Darko; Parlov, Jelena; Stipčević, Josip; **Terzić, Josip; Kosović, Ivan** et al. The 29th December 2020, Mw 6.4 Petrinja Earthquake (Croatia): Geological Framework and Observed Coseismic Deformation Features / 18th Meeting of the Central European Tectonic Studies Groups & 25th Meeting of the Czech Tectonic Studies Group: Book of Abstracts ; September 22-25, 2021 ; Terchova, Slovakia / Gregáňová, Margaréta ; Molčan-Matejová Marína ; Šimonová, Viera (ur.). Terchova - Vratna, Slovakia: Geological Club, Bratislava, Slovakia, 2021. str. 106-107.
- Pavić, Mirja; Borović, Staša; Briški, Maja; Frangen, Tihomir; Pola, Marco; Urumović, Kosta.** Multidisciplinary Approach To Conceptual Modelling Of Hydrothermal Systems In Croatia / IAH2021 Book of abstracts, Bruxelles, Belgija, 2021. str. 65-65.
- Pavić, Mirja; Borović, Staša; Briški, Maja; Frangen, Tihomir; Urumović, Kosta.** HyTheC - Multidisciplinary Approach to Conceptual Modelling of Hydrothermal Systemsin Croatia / 12th European Geothermal PhD Days 2021, Online, 2021. ID G.1, 2.
- Pavić, Mirja; Borović, Staša; Briški, Maja; Frangen, Tihomir; Urumović, Kosta.** HyTheC - Multidisciplinary Approach to Conceptual Modelling of Hydrothermal Systems in Croatia / EGU 2021 General Assembly vEGU21: Gather Online, Online, 2021. EGU21-12456, 1.
- Rubinić, Vedran; Krevh, Vedran; **Pola, Marco; Buljan, Renato; Urumović, Kosta.** Impact of Specific Surface Area on Hydrogeological Properties of Loess Deposits and Loess-Derived Soils in Eastern Croatia (ISSAH) - Pedagogical tasks within the project / Eurosoil 2021, Ženeva, Švicarska (online), 2021.
- Surić, Maša; Lončarić, Robert; **Bajo, Petra;** Bočić, Neven; Lončar, Nina; Columbu, Andrea; Drysdale, Russell N.; Hellstrom, John C. Speleothem record of Holocene natural and anthropogenic environmental changes in continental Croatia / Book of abstracts 6th Regional Scientific Meeting on Quaternary Geology Seas, Lakes and Rivers / Jamšek Rupnik, Petra ; Novak, Ana (ur.). Ljubljana: Geološki zavod Sovenije, 2021. str. 84-84.
- Šenolt, Natalia; **Miko, Slobodan; Hasan, Ozren; Brunović, Dea; Ilijanić, Nikolina;** Šparica Miko, Martina. Late Quaternary geomorphological evolution of the Prokljan Lake on the Eastern Adriatic coast (Dalmatia) / SHINE Sparking light once again over landscapes overshadowed by time. Book of abstracts. / SPLOSH, NEPTUNE ; INQUA (ur.). Online, 2021. str. 28-29.
- Tomac, Ingrid; Vlahović, Igor; Parlov, Jelena; Matoš, Bojan; Matešić, Darko; **Kosović, Ivan; Pavičić, Ivica; Frangen, Tihomir; Terzić, Josip; Pavelić, Davor** et al. Extensive Post-Seismic Cover-Collapse Sinkhole Opening During 2020–2021 Petrinja Earthquake Sequence (Croatia): a Unique Local Geological, Geotechnical and Hydrological Setting // American Geophysical Union Fall Meeting, 13-17 December 2021, New Orleans, LA & Online Everywhere, New Orleans, SAD, 2021.
- Trinajstić, Nina; Brlek, Mihovil;** Gaynor, Sean; Schindlbeck - Belo, Julie; Šuica, Sanja; **Brčić, Vlatko; Mišur, Ivan; Kukoč, Duje; Baranyi, Viktória.** Early and Middle Miocene volcaniclastic record on Mts. Kalnik and Požeška gora / Book of Abstracts - PhD Student Symposium 2021 / Barišić, Dajana (ur.). Zagreb: Prirodoslovno-matematički fakultet, Sveučilište u Zagrebu, 2021. str. 304-305.
- Trinajstić, Nina; Gaynor, Sean; Schindlbeck-Belo, Julie; Avanić, Radovan; Brlek, Mihovil; Šuica, Sanja; Hajek-Tadesse, Valentina; Holcová, Katarína; Kopecká, Jitka; Baranyi, Viktória** et al. Integrated study and stratigraphic implications of Miocene volcaniclastic deposits on Mt. Medvednica (North Croatian Basin) / 35th IAS Meeting of Sedimentology, Book of Abstracts / Bábek, Ondřej ; Vodrážková, Stanislava (ur.). Olomouc, Czechia: Palacký University Olomouc, 2021. str. 440-441.

## DOKTORSKE DISERTACIJE / DOCTORAL THESES

- Martinčević Lazar, Jasmina.** Utjecaj minerala glina na fizička svojstva sitnozrnastih tala podsljemenske zone grada Zagreba, 2021., doktorska disertacija, Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Petrinjak, Krešimir.** Sedimentološke karakteristike južnog dijela Istarskog fliškog bazena, 2021., doktorska disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.

# Stručne publikacije i tehnička izvješća

## Professional publications and technical reports

Naslov	Autori	Naručitelj
Elaborat o rezervama ciglarske gline na eksploatacijskom polju "Rečica"- druga obnova.	Gizdavec Nikola, Ilijanić Nikolina, Kovačević Galović Erli, Janušić Tomislav, Burić Hrvoje	Wienerberger d.o.o
Izvješće o petrografsko-sedimentološkoj analizi mikroskopskih preparata (za Travej d.o.o.)	Brčić Vlatko	Travej d.o.o.
Definiranje ekološki prihvatljivih protoka Gacke i Like: hidrološke i hidrogeološke podloge - završni izvještaj	Stroj Andrej, Rubinić Josip, Briški Maja, Lukač Reberski Jasmina, Frangen Tihomir, Radišić Maja	Hrvatske vode
Izvješće o geološko-istražnim radovima - bušenje 12 istražnih bušotina u gliništu Recica	Gizdavec Nikola, Kovačević Galović Erli, Ilijanić Nikolina	Wienerberger d.o.o
Analiza 1 krutog uzorka VL-1 na azbest (OLM, XRD)	Ilijanić Nikolina	ANT d.o.o.
Studija o rudarsko-geološkom potencijalu podzemne eksploatacije arhitektonsko-građevnog kamena u nastavku eksploatacijskog polja Kanfanar – jug i njenog utjecaja na prostor i okoliš –geološko/inženjerskogeološki istražni radovi	Navratil Dražen, Brčić Vlatko	Kamen d.d., Pazin
Geološki / inženjerskogeološki istražni radovi za potrebe izradestručnog mišljenja o geotehničkim uvjetima stabilnosti ipotrebni rudarskim radovima na sanaciji površinskih ipodzemnih kopova eksploatacijskog polja boksita Krste Radas (općina Promina, lokacija Foča)	Navratil Dražen, Brčić Vlatko	ENHYDRO d.o.o.
Analiza 1 krutog uzorka DEZ-1 na azbest (PLM, XRD)	Ilijanić Nikolina	ANT d.o.o.
Analiza 1 krutog uzorka EUR-1 na azbest (PLM, XRD)	Ilijanić Nikolina	ANT d.o.o.
Izvješće projekta "Usluga analize sedimenata Velog i Malog blata te Kolanjskog blata na otoku Pagu" - 1. faza	Ilijanić Nikolina, Miko Sloboda; Ivkić Filipović Ivona, Hasan Ozren	Javna ustanova Natura - Jadera
Strucni nadzor nad nastavkom hidrogeoloških istražnih radova na području Ivanšćice - izvođenje istražnih bušotina, lokacija Civragi, završni izvještaj o stanju radova	Larva Ozren	Zagorski vodovod d.o.o.
Izvješće o nadzoru nad revitalizacijom zdenaca BMI-1, BMB-4 i BMB-5 na crpilištu livade u Belom Manastiru	Urumović Kosta	Baranjski vodovod d.o.o.
REPORT ON GEOLOGICAL FIELD RESEARCH OF SILICA SAND IN REPUBLIC OF CROATIA FOR POTENTIAL INVESTOR GROUP QUARZWERKE (MOSLAVINA MOUNTAIN)	Dedić Željko, Kruk Boris, Kovačević Galović Erli, Copić Marko, Ilijanić Nikolina	QUARZWAKE GmbH
Izvješće projekta "Usluga analize sedimenata Velog i Malog blata te Kolanjskog blata na otoku Pagu	Ilijanić Nikolina, Miko Slobodan, Ivkić Filipović Ivona, Hasan Ozre, Šparica Miko Martina, Heski Ana-Maria, Marković Tamara, Petrinec Branko, Orlić Sandi	Javna ustanova Natura - Jadera
Izvješće o nadzoru nad revitalizacijom zdenaca BMI-1, MMB-4 i BMB-5 na crpilištu Livade u Belom Manastiru	Urumović Kosta	Baranjski vodovod d.o.o
Hidrogeološki (hidrokemijsko-izotopni) monitornig i analiza rezultata u sljevovima pod utjecajem hidroelektrana ogulinskog područja	Boljat Ivana, Buljan Renato, Terzić Josip	HEP proizvodnja d.o.o
Analiza krutog uzorka CML-1 na azbest (PLM i XRD)	Ilijanić Nikolina	ENHYDRO d.o.o
ELABORAT O ANALIZAMA JEZGRE IZ ISTRAŽNO-PIEZOMETARSKIH BUŠOTINA NA PODRUČJU PP KOPACKI RIT	Urumović Kosta, Wacha Lara, Grizelj Anita, Bakrač Koraljka, Šparica Miko Martina, Čaić Janković Ana	Hrvatske vode

Naslov	Autori	Naručitelj
Mineraloške XRD analize 13 uzoraka iz Istre	Ilijanić Nikolina	ENHYDRO d.o.o.
Okolišna studija o utjecaju spa centra (termi Sveti Martin) na lokalni okoliš na području termi Sveti Martin	Marković Tamara, Karlović Igor	Grad Križevci
PROJEKT: Poučna geološka staza „GEOLOŠKI LUNGOMARE OD LIKVE DO GOMILICE (PUNTA BRACA)“	Korbar Tvrko, Fuček Ladislav, Petrinjak Krešimir	Općina Sutivan
Analiza krutog uzorka TOK na azbest (PLM i XRD)	Ilijanić Nikolina	ANT d.o.o.
Report on Gypsum Geological Prospecting in Vrlika County with Guidelines for Further Exploration Works	Gizdavec Nikola, Miko Slobodan, Ilijanić Nikolina, Kovačević Galović Erli, Copić Marko	Saint-Gobain Construction Products Croatia d.o.o.
Izvješće o mineraloškim analizama XRD metodom plitnih sedimenata za potrebe INE	Grizelj Anita	INA d.o.o.
Snimanje prašume Corkova uvala LIDAR tehnologijom i obrada dobivenih podataka / Kordić Branko NP Plitvička jezera	Kordić Branko	NP Plitvička jezera
Izvješće mikroskopske analize uzorka vapnenca sa zvonika crkve Sv. Marije u Zadru	Fuček Ladislav	ArcheoLab
Potential deposits of quartz sand for the glass industry of northern Italy	Copić Marko	Mr Paolo Danasino on behalf of Mineral Geo Green Consulting
ELABORAT O PROVOĐENJU SLUG TESTA BUŠOTINA DPKR-1 I PPKR 1-9 U OKVIRU PROJEKTA NATURA VITA	Urumović Kosta	Vodovod-Hidrogeološki radovi d.o.o.
VODOISTRAŽNI RADOVI U ŠPILJI GOLUBINKA NA PODRUCJU BJELINE KOD BENKOVCA	Stroj Andrej, Frangen Tihomir, Kuhta Mladen	Vodovod i odvodnja d.o.o.
Projekt: Terenski radovi za potrebe izrade geološke karte i inventarizacije geološke baštine na području parka prirode Biokovo tijekom 2021. godine	Belić Nikola	Javna ustanova "Park prirode Biokovo"

# 100

Doktorske  
disertacije  
Doctoral  
theses



Otisak dinosaura na otoku Visu (foto A. Banak)  
Dinosaur footprint on the island of Vis (photo by A. Banak)

# Jasmina MARTINČEVIĆ LAZAR



**Datum obrane disertacije:** 30. ožujka 2021.

**Naslov disertacije:** Utjecaj minerala glina na fizička svojstva sitnozrnastih tala podsljemenske zone grada Zagreba

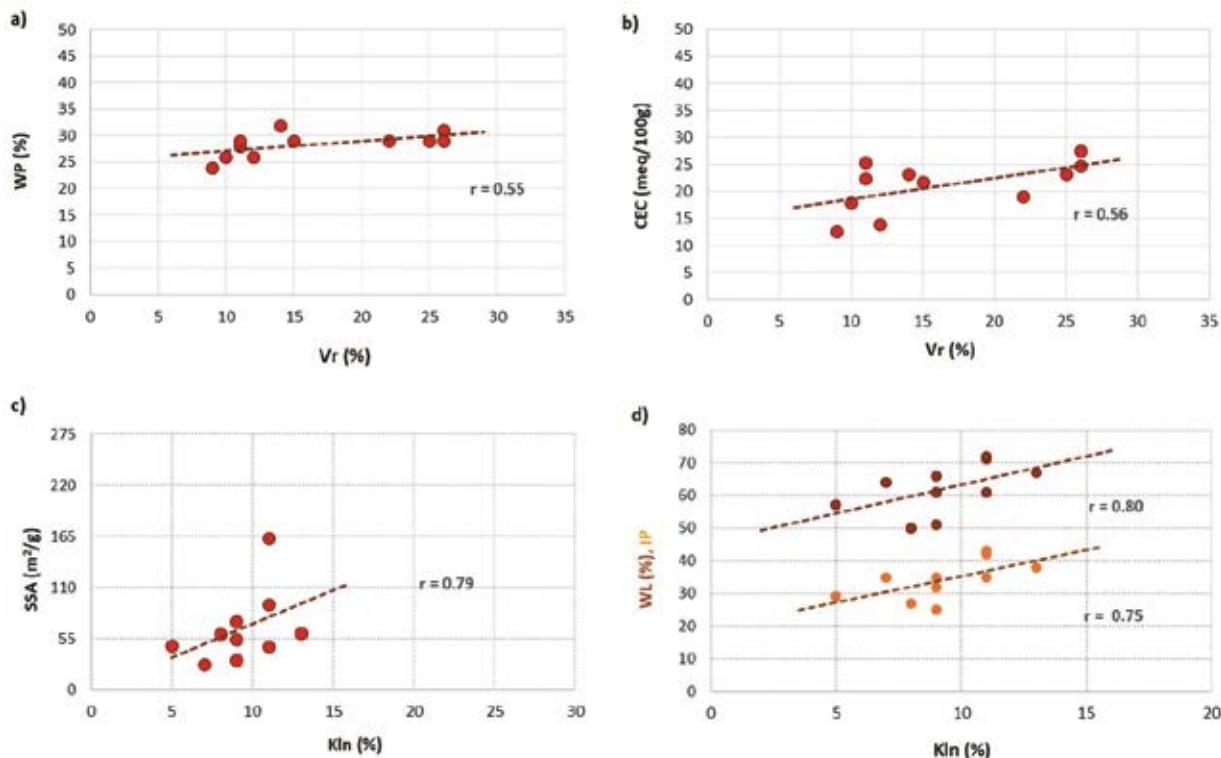
**Fakultet na kojem je obranjena disertacija:** Rudarsko-geo-loško-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu

**Mentori:** prof. dr. sc. Snježana Mihalić Arbanas (RGNF) i prof. dr. sc. Goran Durn (RGNF)

**Zavod u kojem je zaposlen:** Zavod za geologiju

Ovim istraživanjem definirana je međusobna zavisnost fizičkih svojstava, mineralnog sastava, i količine glinovite frakcije sitnozrnastih tala na temelju statističkog pristupa. Kao pokušno područje odabrana je podsljemenska zona grada Zagreba koja je, osim po geološkoj građi terena, specifična i po prisutno-

This research defines the interdependence of physical properties, mineral composition and the amount of clay fraction of fine-grained soil based on a statistical approach. The sub-Sljeme zone of the city of Zagreb was chosen as the experimental area, which, apart from the geological structure of



Koreacijski dijagrami utjecaja vermiculita i kaolinita na fizička svojstva visokoplastičnih glina plojkvarterne starosti: a) zavisnost granice plastičnosti (WP) od sadržaja vermiculita, b) zavisnost kapaciteta kationske izmjene (CEC) od sadržaja vermiculita, c) zavisnost specifične površine (SSA) od udjela kaolinita, d) zavisnost granice tečenja (WL) i indeksa plastičnosti (IP) od udjela kaolinita

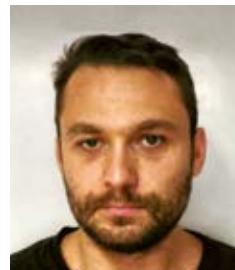
Correlation diagrams of the influence of vermiculite and kaolinite on the physical properties of high-plastic clays of the Plio-Quaternary period: a) dependence of plasticity limit (WP) on vermiculite content, b) dependence of CEC on vermiculite content, c) dependence of SSA on kaolinite content and d) dependence of yield strength (WL) and plasticity index (IP) on kaolinite content

sti različitih inženjerskogeoloških problema, od kojih je najznačajniji problem klizanja. Istraživanje je provedeno na sitnozrnastim vrstama tala pliokvartarne i gornjomiocenske starosti. Na temelju laboratorijskih istraživanja kvantificirana su fizička svojstva (Atterbergove granice, indeks plastičnosti, SSA i CEC), analiziran je i kvantificiran mineralni sastav cjelovitih uzoraka i uzoraka glinovite frakcije te je definiran statistički odnos između vrste i relativnog udjela minerala glina i fizičkih svojstava.

Dobiveni rezultati pokazali su kako se pliokvartarna i gornjomiocenska tla razlikuju prema geomehaničkoj klasifikaciji, fizičkim svojstvima, mineralnom sastavu te zastupljenosti i udjelima minerala glina. Isto tako, korelacijskom analizom pokazalo se kako i na koji način pojedine vrste minerala glina (ekspandibilne i neekspandibilne) utječu na određena fizička svojstva sitnozrnastih vrsta tala.

the terrain, is also specific because of the presence of various geological engineering problems, particularly the landslides. Research was conducted on the fine-grained soil types of the Plio-Quaternary and Upper Miocene periods. Based on the laboratory research, the research quantified physical properties (Atterberg limits, plasticity index, specific surface area [SSA] and CEC). The mineral composition of the total and clay fraction samples was analysed and quantified, and the statistical relationship of the type and relative percentage of clay minerals with physical properties was defined.

The results demonstrated that the soils of the Plio-Quaternary and Upper Miocene differ according to the geomechanical classification, physical properties, mineral composition and presence and percentage of clay minerals. In addition, a correlation analysis showed the manner in which certain types of clay minerals (expandable and non-expandable) influence specific physical properties of the fine-grained soil types.



Datum obrane disertacije: 14. 7. 2021.

Naslov disertacije: Sedimentološke karakteristike južnog dijela Istarskog fliškog bazena

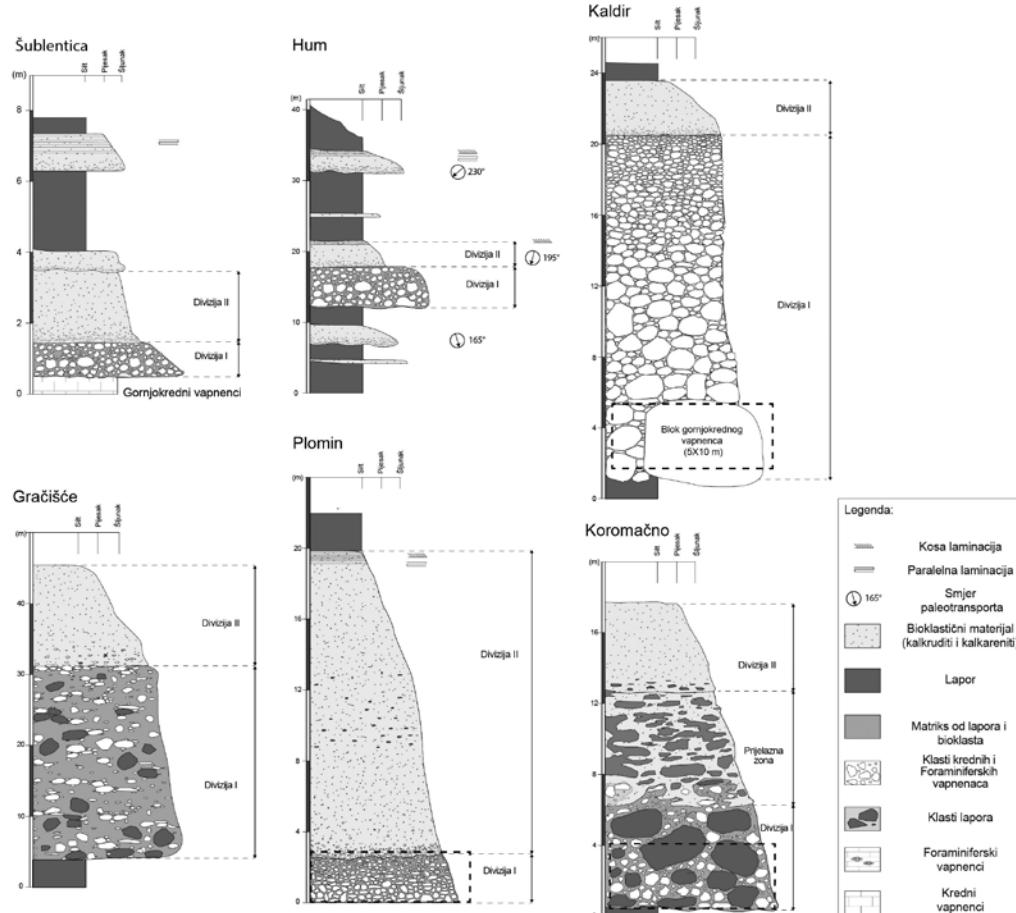
Fakultet na kojem je obranjena disertacija: Prirodoslovno-matematički fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Mentori: dr. sc. Tvrto Korbar (HGI-CGS) i doc. dr. sc. Borna lužar Oberiter (PMF)

Zavod u kojem je zaposlen: Zavod za geologiju

Tema istraživanja bili su sedimenti istarskog fliša koji se sastoje od autohtonih hemipelagičkih laporanih i naslaga taloženih iz gravitacijskih tokova. Za potrebe istraživanja analiziran je niz sedimentoloških stupova te su na njima izdvojeni i opisani sedimen-

The research topic comprise the deposits of the Istrian flysch, where the flysch consists of hemipelagic marls and various gravity-flow deposits, which are the main focus of this study. For the objective of the research, 13 sedimentological logs were analysed.



Usporedna slika koja prikazuje pojednostavljene stupove odabranih megaslojeva. Najveća razlika je u građi divizije I – koja je taložena iz klastima bogatih debrinih tokova (Šblentica, Hum, Plomin) ili matriksom bogatih debrinih tokova (Gračišće i Koromačno), ili čak podmorskim odronom (Kaldir)

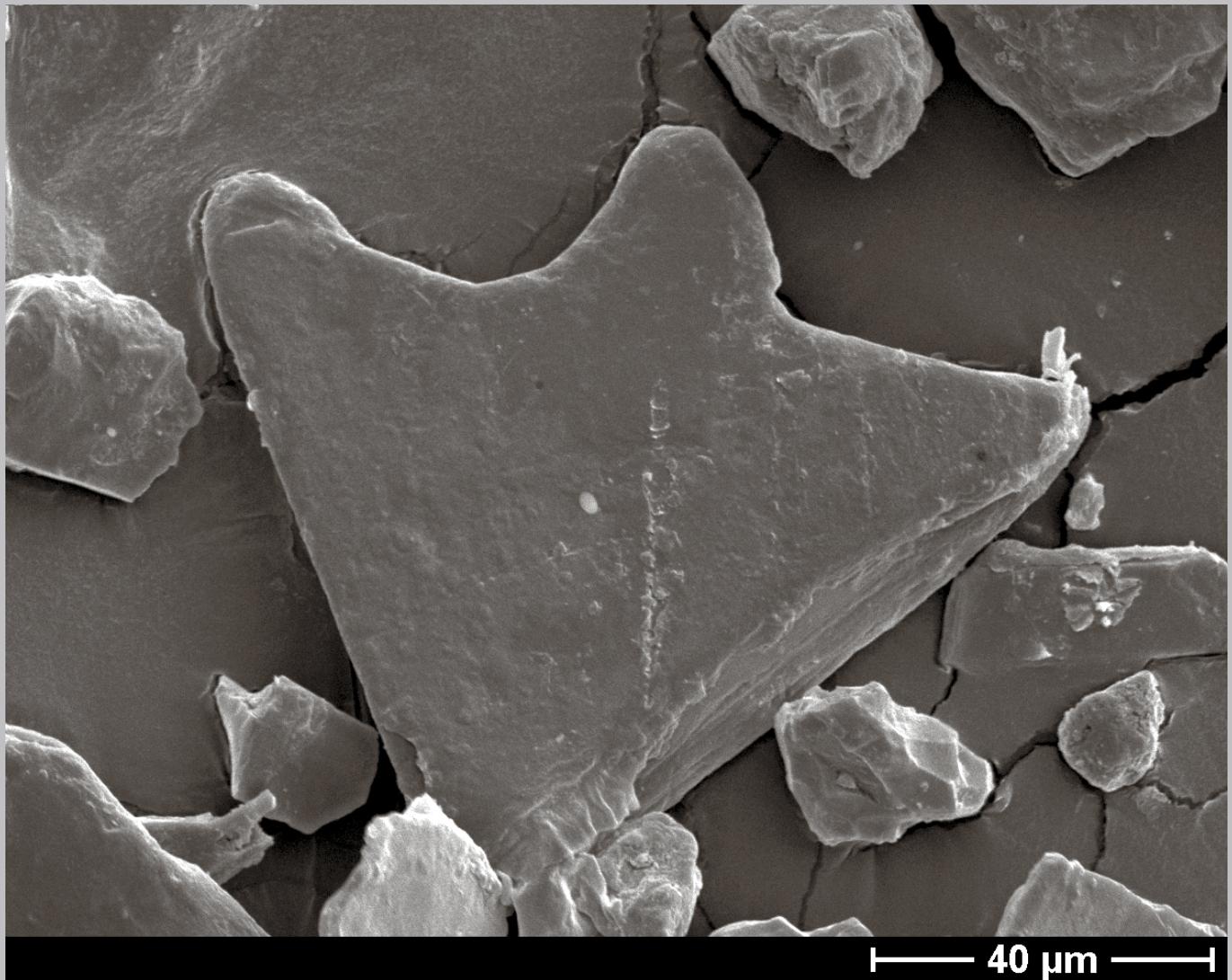
A comparative figure showing the simplified logs of the examined megabeds. Major differences are observed in the structure of the Division I breccia, which was deposited by a clast-dominated (Hum, Šblentica and Plomin), a mud-dominated (Gračišće and Koromačno) debris flow or a submarine avalanche (Kaldir)

tološki facijesi: olistoliti, megaslojevi, ruditni turbiditi, arenitni turbiditi, lapori s rijetkim slojevima arenita, masivni lapori, te facijes slampova i klizišta. Dio istraživanja odnosio se na određivanje sastava karbonatnog detritusa kojeg čine litoklasti po rijeckom iz kredno-paleogenske karbonatne podloge, fosilni detritus pretaložen iz istovremenih karbonatnih rampi i prerađeni bazenski lapor. Analize smjerova paleotransporta na slojevima siliciklastičnog sastava ukazuju na dominantan smjer prema jugoistoku, dok je smjer slojeva karbonatnog sastava prema sjeveru. Prema određenim facijesima možemo zaključiti da je istarski fliš taložen na području podmorske padine i bazenske ravnice. Na taloženje megaslojeva glavni utjecaj imala je tektonika, koja je bila posljedica napredovanja dinaridskih struktura. Na temelju paleontoloških analiza potvrđena je srednjoeocenska starost.

Sedimentary facies include olistoliths, megabeds, rudite turbidites, arenite turbidites, marl with sparse beds of arenite, massive marl, slumps and landslides. The carbonate detritus is composed of lithoclasts derived from older neritic limestone that underlies the flysch, bioclastic sediments derived from synchronous carbonate ramps and reworked basinal marls. Palaeoflow measurements from siliciclastic strata indicate a dominant palaeotransport direction towards the southeast; the direction of carbonate beds was towards the north. According to the investigated facies, the research concluded that the Istrian flysch was deposited in deep-water palaeoenvironments, base-of-slope and the basin plain. The deposition of megabeds and other deposits was influenced by tectonic activities related to the propagation of Dinaric structures. Based on the palaeontological analysis, the age of the Istrian flysch was confirmed to be the Middle Eocene period.

11.

## Kontakti Contacts



SEM snimka zrna kvarca: Batman (foto A. Banak)

SEM image of quartz grain: Batman (photo by A. Banak)

# Zaposlenici HGI-CGS | EMPLOYEES OF HGI-CGS

<b>dr. sc. Petra Bajo</b>	pbajo@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 753	Zavod za mineralne sirovine
<b>dr.sc. Koraljka Bakrač</b>	kbakrac@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 717	Zavod za geologiju
<b>dr.sc. Adriano Banak</b>	abanak@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 708	Zavod za geologiju
<b>Ivona Banićek</b>	ibanicek@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 706	Zavod za geologiju
<b>dr.sc. Viktória Baranyi</b>	vbaranyi@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 706	Zavod za geologiju
<b>Josip Barbáča</b>	jbarbaca@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 719	Zavod za geologiju
<b>Mihaela Bašić</b>	mbasic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 820	Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju
<b>dr.sc. Mirko Belak</b>	mbelak@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 819	Zavod za geologiju
<b>Nikola Belić</b>	nbelic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 720	Zavod za geologiju
<b>Marko Belošević</b>	mbelosevic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 754	Stručne službe
<b>Stanislav Bergant</b>	sbergant@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 738	Zavod za geologiju
<b>Ivana Boljat</b>	iboljat@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 727	Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju
<b>dr.sc. Staša Borović</b>	sborovic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 712	Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju
<b>dr.sc. Iris Bostjančić</b>	ibostjancic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 701	Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju
<b>dr.sc. Vlatko Brčić</b>	vbrcic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 725	Zavod za geologiju
<b>dr.sc. Maja Briški</b>	mbriscki@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 729	Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju
<b>dr.sc. Željka Brkić</b>	zbrkic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 726	Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju
<b>dr.sc. Mihovil Brlek</b>	mbrlek@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 722	Zavod za geologiju
<b>dr.sc. Dea Brunović</b>	dbrunovic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 752	Zavod za mineralne sirovine
<b>Marko Budić</b>	mbudic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 721	Zavod za geologiju
<b>dr.sc. Renato Buljan</b>	rbuljan@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 806	Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju
<b>Hrvoje Burić</b>	hburic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 820	Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju
<b>Igor Butorac</b>	ibutorac@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 800	Stručne službe
<b>Kristijan Colussi</b>	kcolussi@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 800	Stručne službe
<b>Zlatko Conjar</b>	zconjar@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 754	Stručne službe
<b>Marko Copić</b>	mcopic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 756	Zavod za mineralne sirovine
<b>Kristijan Cvetko</b>	kcvetko@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 830	Stručne službe
<b>Ana Čaić Janković</b>	acaic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 732	Zavod za geologiju
<b>Zorka Devčić</b>		+385 1 6160 742	Stručne službe
<b>Mario Dolić</b>	mdolic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 817	Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju
<b>Mirjana Drušković</b>	mdruskovic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 740	Zavod za geologiju
<b>Nikola Dunaj</b>	ndunaj@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 742	Stručne službe
<b>Pavle Ferić</b>	pferic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 720	Zavod za geologiju
<b>Marina Filipović</b>	mfilipovic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 812	Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju
<b>Radovan Filjak</b>	rfiljak@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 702	Zavod za geologiju
<b>Tea Fluksi</b>	tfluksi@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 786	Stručne službe
<b>dr.sc. Tihomir Frangen</b>	tfrangen@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 812	Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju
<b>Ksenija Frbežar</b>	kfrbezar@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 783	Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju
<b>Ladislav Fuček</b>	lfucek@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 716	Zavod za geologiju
<b>Tanja Funtek</b>	tfuntek@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 801	Stručne službe
<b>Damir Galović</b>	dgalovic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 707	Zavod za geologiju
<b>dr.sc. Ines Galović</b>	ingalovic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 723	Zavod za geologiju
<b>dr.sc. Lidija Galović</b>	lgalovic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 779	Zavod za geologiju
<b>Denis Gamilec</b>	dgamilec@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 742	Stručne službe
<b>Nikola Gizdavec</b>	ngizdavec@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 751	Zavod za mineralne sirovine
<b>dr.sc. Tonći Grgasović</b>	tgargasovic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 805	Zavod za geologiju
<b>dr.sc. Anita Grizelj</b>	agrizelj@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 718	Zavod za geologiju
<b>dr.sc. Vlatko Gulam</b>	vkulam@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 701	Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju
<b>dr.sc. Valentina Hajek Tadesse</b>	tadesse@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 811	Zavod za geologiju
<b>Božica Habek</b>	bhabek@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 803	Stručne službe
<b>dr.sc. Ozren Hasan</b>	ohasan@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 746	Zavod za mineralne sirovine
<b>Nina Hećej</b>	nhecej@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 762	Zavod za geologiju
<b>Ana Maria Heski</b>	aheskia@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 821	Zavod za mineralne sirovine
<b>dr.sc. Marija Horvat</b>	mhorvat@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 762	Zavod za geologiju
<b>Trojana Hrbut</b>			Stručne službe
<b>dr.sc. Nikolina Ilijanić</b>	nilijanic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 745	Zavod za mineralne sirovine
<b>dr.sc. Danijel Ivanišević</b>	divanisevic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 708	Zavod za geologiju
<b>Ikona Ivkić Filipović</b>	iivkic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 798	Zavod za mineralne sirovine
<b>Mladenka Jurčić</b>	mjurcic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 750	Stručne službe

# Zaposlenici HGI-CGS | EMPLOYEES OF HGI-CGS

<b>Ana Kamenski</b>	akamenski@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 731	Zavod za geologiju
<b>Igor Karlović</b>	ikarlovic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 820	Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju
<b>dr.sc. Tvrto Kraljević</b>	tkorbar@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 709	Zavod za geologiju
<b>dr.sc. Branko Kordić</b>	bkordic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 807	Zavod za geologiju
<b>Ivan Kosović</b>	ikosovic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 831	Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju
<b>Erli Kovačević Galović</b>	ekovacevic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 816	Zavod za mineralne sirovine
<b>Dragica Kovačić</b>	dkovacic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 740	Zavod za geologiju
<b>Đurđica Kraljević</b>	dkraljevic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 809	Stručne službe
<b>Mladen Kuhta</b>	mkuhta@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 776	Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju
<b>dr.sc. Duje Kukoč</b>	dkukoc@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 736	Zavod za geologiju
<b>dr.sc. Tomislav Kurečić</b>	tkurecic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 724	Zavod za geologiju
<b>dr.sc. Ozren Larva</b>	olarva@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 728	Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju
<b>dr.sc. Jasmina Lukač Reberski</b>	jlukac@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 735	Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju
<b>dr.sc. Tamara Marković</b>	tmarkovic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 734	Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju
<b>Ivan Markotić</b>	imarkotic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 806	Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju
<b>dr.sc. Jasmina Martinčević Lazar</b>	jmartincevic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 732	Zavod za geologiju
<b>Jasminka Martinjak</b>	jmartinjak@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 741	Stručne službe
<b>dr.sc. Saša Mesić</b>	smesic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 760	Zavod za mineralne sirovine
<b>dr.sc. Slobodan Miko</b>	smiko@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 888	Stručne službe
<b>Luka Miklin</b>	lmiklin@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 704	Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju
<b>Monika Milošević</b>	mmilosevic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 702	Zavod za geologiju
<b>dr.sc. Ivan Mišur</b>	imisur@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 722	Zavod za geologiju
<b>Gordana Muškinja</b>	gmuskinja@hgi-cgs.hr		Stručne službe
<b>dr.sc. Dražen Navratil</b>	dnavratil@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 796	Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju
<b>Tomislav Novosel</b>	tnovosel@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 729	Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju
<b>Đurđica Novoselec</b>	dnovoselec@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 732	Zavod za geologiju
<b>dr.sc. Damir Palenik</b>	dpalenik@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 702	Zavod za geologiju
<b>Matko Patekar</b>	mpatekar@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 727	Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju
<b>Mirja Pavić</b>	mpavic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 820	Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju
<b>dr.sc. Krešimir Petrinjak</b>	kpetrinjak@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 738	Zavod za geologiju
<b>Anita Pleše</b>	aplese@hgi-cgs.hr		Stručne službe
<b>dr.sc. Laszlo Podolszki</b>	lpodolszki@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 771	Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju
<b>dr.sc. Marco Pola</b>	mpola@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 810	Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju
<b>dr.sc. Davor Pollak</b>	dpollak@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 773	Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju
<b>Nataša Pomper</b>	npomper@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 700	Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju
<b>Ana Selak</b>	aselak@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 704	Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju
<b>Draško Serdar</b>		+385 1 6160 742	Stručne službe
<b>Jasna Severec</b>	jseverec@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 721	Zavod za geologiju
<b>dr.sc. Damir Slovenec</b>	dslovenec@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 804	Zavod za geologiju
<b>Karolina Smrečki</b>	ksmrecki@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 710	Zavod za geologiju
<b>Ivan Sokač</b>	isokac@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 781	Stručne službe
<b>Nedeljko Stanić</b>	nstanic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 784	Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju
<b>dr.sc. Andrej Stroj</b>	astroj@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 814	Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju
<b>Natalia Šenolt</b>	nstenolt@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 798	Zavod za mineralne sirovine
<b>Antun Škrtić</b>	dskrtic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 707	Zavod za geologiju
<b>dr.sc. Ajka Šorša</b>	asorsa@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 739	Zavod za geologiju
<b>Martina Šparica Miko</b>	mtsparica@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 821	Zavod za mineralne sirovine
<b>Marko Špelić</b>	marko.spelic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 725	Zavod za geologiju
<b>dr. sc. Josip Terzić</b>	jterzic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 700	Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju
<b>Nina Trinajstić</b>	ntrinajstic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 736	Zavod za geologiju
<b>dr. sc. Kosta Urumović</b>	kurumovic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 810	Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju
<b>Slavko Valjan</b>	svaljan@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 742	Stručne službe
<b>Suzana Vitas</b>	svitas@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 749	Stručne službe
<b>Matija Vučković</b>	mvukovski@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 731	Zavod za geologiju
<b>dr.sc. Lara Wacha</b>	lwacha@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 724	Zavod za geologiju
<b>Mirela Žič</b>	mzic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 744	Zavod za mineralne sirovine
<b>Patricia Živković</b>	pzivkovic@hgi-cgs.hr	+385 1 6160 712	Zavod za hidrogeologiju i inženjersku geologiju



Zagreb, 2022.



**Hrvatski geološki institut – Croatian Geological Survey**

Sachsova 2, HR-10000 Zagreb

Hrvatska (Croatia)

Tel. (+385 1) 6160 749

Fax. (+385 1) 6144 718

pdf dostupan online / pdf available online

[www.hgi-cgs.hr](http://www.hgi-cgs.hr)

ISSN 1846-629X

