

Kroskorelacione analize nivoa podzemnih voda i nivoa Velike Morave, vodomerni profil Ljubičevski Most

Milan Kresojević, Vesna Ristić Vakanjac, Dušan Polomčić, Boris Vakanjac, Jugoslav Nikolić



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Kroskorelacione analize nivoa podzemnih voda i nivoa Velike Morave, vodomerni profil Ljubičevski Most | Milan Kresojević, Vesna Ristić Vakanjac, Dušan Polomčić, Boris Vakanjac, Jugoslav Nikolić | 17. Srpski simpozijum o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem, Pirot, 2-6 oktobar 2024 | 2024 | |

10.5281/zenodo.13740168

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0009227>

Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду омогућава приступ издањима Факултета и радовима запослених доступним у слободном приступу. - Претрага репозиторијума доступна је на www.dr.rgf.bg.ac.rs

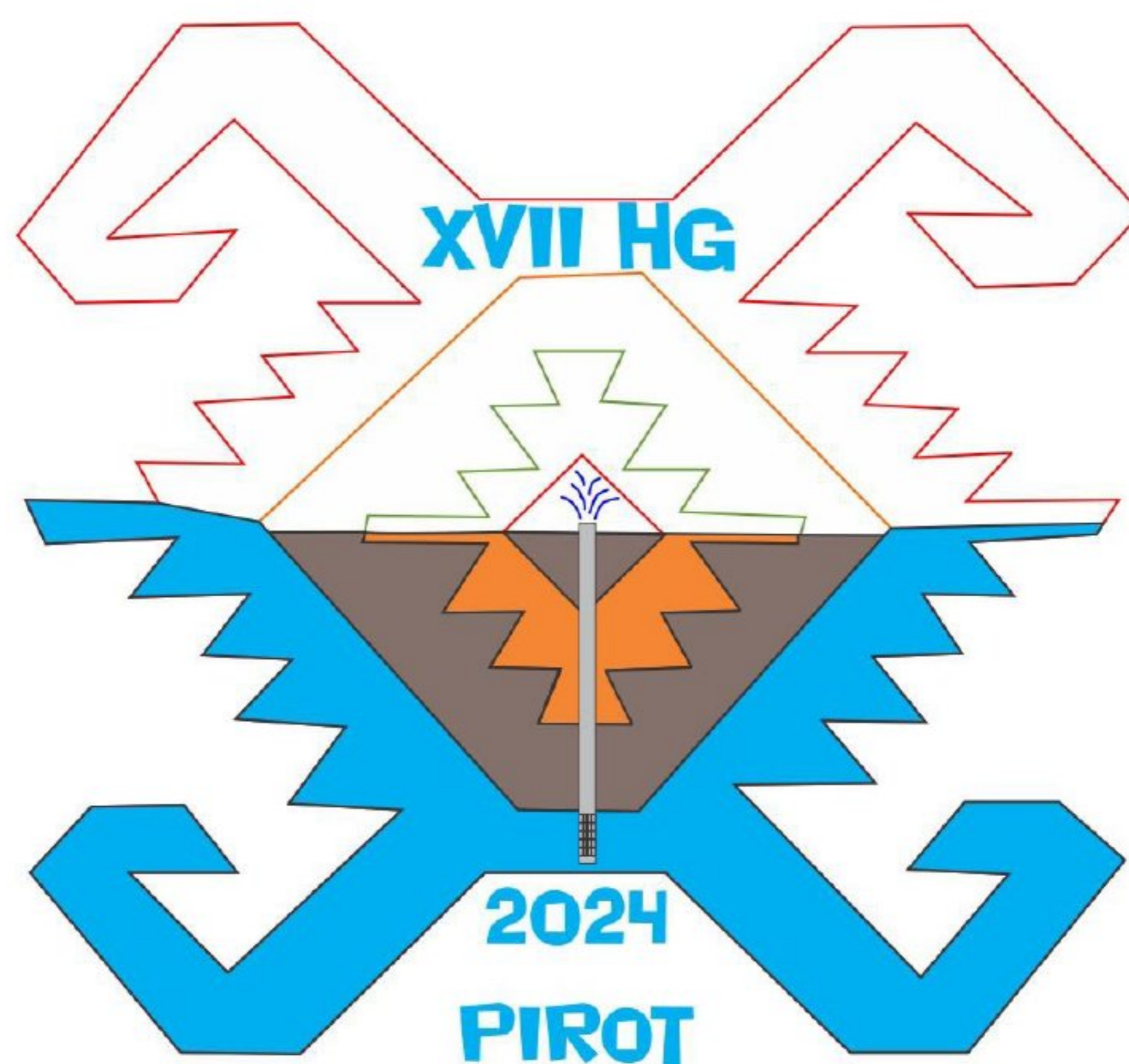
The Digital repository of The University of Belgrade Faculty of Mining and Geology archives faculty publications available in open access, as well as the employees' publications. - The Repository is available at: www.dr.rgf.bg.ac.rs

UNIVERZITET U BEOGRADU
RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET
DEPARTMAN ZA HIDROGEOLOGIJU

HG

XVII SRPSKI SIMPOZIJUM
O HIDROGEOLOGIJI
sa međunarodnim učešćem

ZBORNİK RADOVA



02-06. oktobar
2024. godine

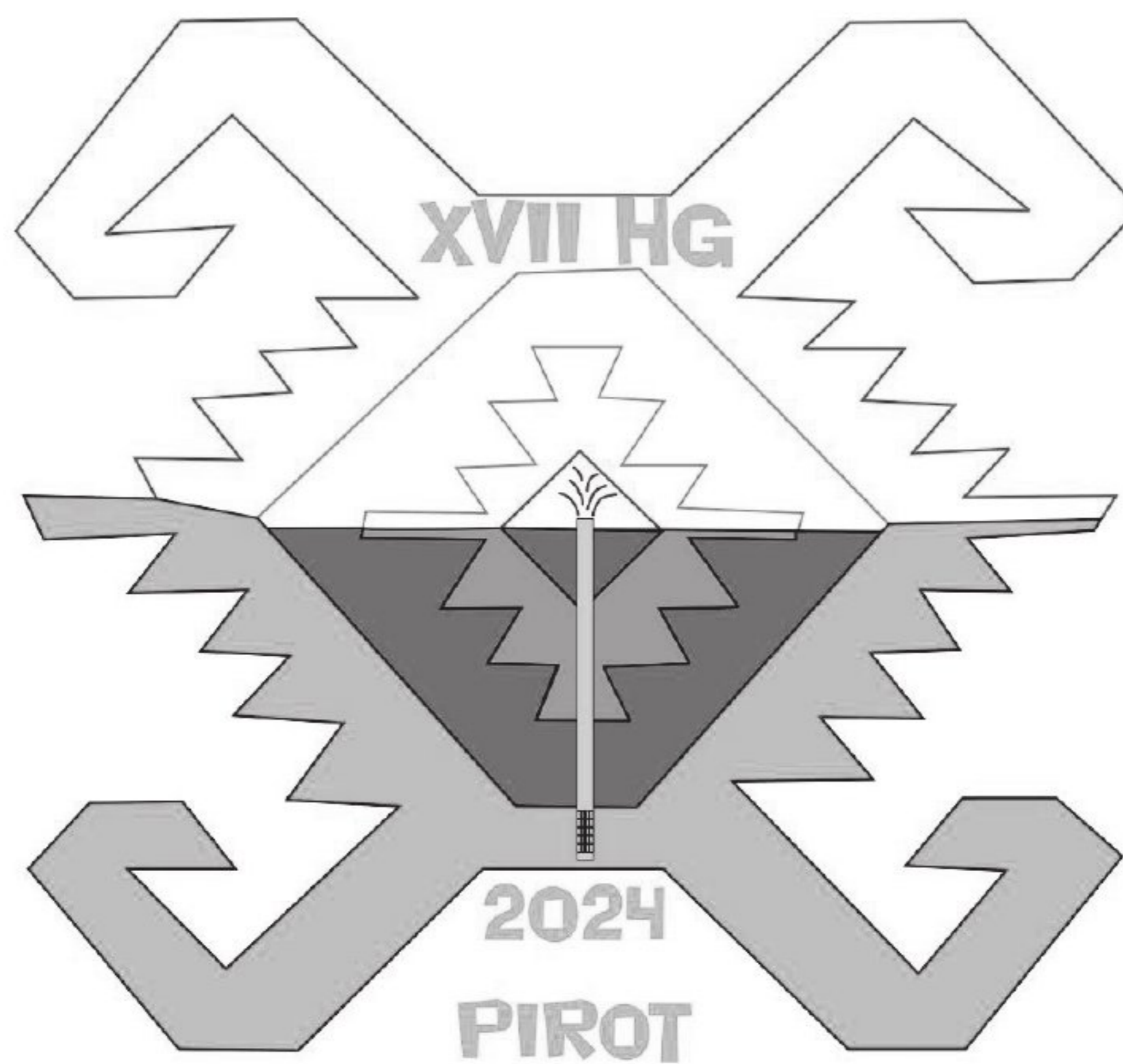


UNIVERZITET U BEOGRADU
RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET
DEPARTMAN ZA HIDROGEOLOGIJU

HG

XVII SRPSKI SIMPOZIJUM
O HIDROGEOLOGIJI
sa međunarodnim učešćem

ZBORNİK RADOVA



02-06. oktobar
2024. godine



XVII SRPSKI SIMPOZIJUM O HIDROGEOLOGIJI
sa međunarodnim učešćem
ZBORNİK RADOVA

IZDAVAČ:

Univerzitet u Beogradu
Rudarsko-geološki fakultet
Đušina 7

ZA IZDAVAČA:

Prof. dr Biljana Abolmasov, dekan
UB Rudarsko-geološki fakultet

UREDNIK:

Doc. dr Ljiljana Vasić, ☎0000-0001-9140-5748
UB Rudarsko-geološki fakultet

TIRAŽ:

150 primeraka

ŠTAMPA:

Pi Press, Pirot

GODINA IZDANJA: 2024.

Na 10/23. Sednici Veća Departmana i Katedre za hidrogeologiju doneta je odluka o organizaciji XVII srpskog simpozijuma o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem, koja je potvrđena i Saglasnošću Nastavno-naučnog veća Rudarsko-geološkog fakulteta br. 8/67 od 20.10.2024. godine.

Autori priloga u ovom Zborniku odgovorni su za sadržaj i autorska prava njihovih članaka. Ni izdavač ni bilo koja druga osoba koja deluje u njeno ime nije odgovorna za moguće korišćenje informacija sadržanih u ovoj publikaciji.

Naslovna strana: Logo simpozijuma

CIP - Каталогизација у публикацији Народна библиотека Србије, Београд

556(082)
628.1(082)

СРПСКИ симпозијум о хидрогеологији са међународним учешћем (17 ; 2024 ; Пирот)

Zbornik radova / XVII Srpski simpozijum o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem, 02-06. oktobar 2024. godine, Pirot ; [urednik Ljiljana Vasić]. - Beograd : Univerzitet, Rudarsko-geološki fakultet, 2024 (Pirot : Pi Press). - [19], 598 str. : ilustr. ; 30 cm

Kor. nasl. - Na vrhu nasl. str.: Departman za hidrogeologiju. - Radovi na srp. i engl. jeziku. - Tiraž 150. - Str. [5-6]: Uvodna reč organizatora / Saša Milanović, Dušan Polomčić. - Abstracts. - Bibliografija uz svaki rad.

ISBN 978-86-7352-405-4

a) Хидрогеологија -- Зборници b) Снабдевање водом -- Зборници

COBISS.SR-ID 151976457

ORGANIZACIONI ODBOR:

Predsjednik

Prof. Dr Saša Milanović
UB Rudarsko-geološki fakultet

Generalni sekretar

Prof. Dr Vesna Ristić Vakanjac
UB Rudarsko-geološki fakultet

Članovi:

Dr Branislav Petrović, naučni saradnik
UB Rudarsko-geološki fakultet

Dr Veljko Marinović, naučni saradnik
UB Rudarsko-geološki fakultet

Dr Bojan Hajdin, naučni saradnik
UB Rudarsko-geološki fakultet

Dr Marina Ćuk Đurović, naučni saradnik
UB Rudarsko-geološki fakultet

Dr Maja Todorović, naučni saradnik
UB Rudarsko-geološki fakultet

Dr Nebojša Atanacković, naučni saradnik
UB Rudarsko-geološki fakultet

Dr Marjan Temovski, viši naučni saradnik
Institute for Nuclear Research, Debrecen

Dr Đorđije Božović, dipl. inž. geol.
JKP "Beogradski vodovod i kanalizacija"

Jelena Ratković, master. inž. geol.
UB Rudarsko-geološki fakultet

Sava Magazinović, dipl. inž. geol.
UB Rudarsko-geološki fakultet

Dejan Drašković, dipl. inž. geol.
BeoGeoAqua doo

Branko Ivanković, dipl. inž. geol.
Ibis-Inženjering doo

Dragan Mihajlović, dipl. inž. geol.
Geološki zavod Srbije

Boyka Mihaylova, master inž. geol.
Geological Institute, BAS

Daniela Radoš, dipl. inž. geol.
*Pokrajinski sekretarijat za energetiku,
građevinarstvo i saobraćaj*

Ivan Đokić, dipl. inž. geol.
GECO-inženjering doo

Milorad Kličković, dipl. inž. geol.
Zavod za zaštitu prirode Srbije

Uroš Jurošević, dipl. inž. geol.
Republički zavod za geološka istraživanja RS

Andrej Pavlović, dipl. inž. geol.
Ministarstvo rudarstva i energetike Srbije

NAUČNI ODBOR (RECENZENTI):

Predsjednik

Prof. Dr Dušan Polomčić
UB Rudarsko-geološki fakultet

Članovi:

Prof. Dr Vesna Ristić Vakanjac
UB Rudarsko-geološki fakultet

Prof. Dr Petar Dokmanović
UB Rudarsko-geološki fakultet

Prof. Dr Olivera Krunić
UB Rudarsko-geološki fakultet

Prof. Dr Dejan Milenić
UB Rudarsko-geološki fakultet

Prof. Dr Vladimir Živanović
UB Rudarsko-geološki fakultet

Prof. Dr Saša Milanović
UB Rudarsko-geološki fakultet

Prof. Dr Dragoljub Bajić
UB Rudarsko-geološki fakultet

Prof. Dr Jana Štrbački
UB Rudarsko-geološki fakultet

Doc. Dr Ljiljana Vasić
UB Rudarsko-geološki fakultet

Doc. Dr Dragoslav Banjak
Univerzitet Crne Gore, Filozofski fakultet

Doc. Dr Katarzyna Wator
AGH University of Krakow

Dr Josip Terzić, naučni savetnik
Geološki zavod Hrvatske HGI

Dr Tamara Marković, naučni savetnik
Geološki zavod Hrvatske HGI

Dr Laszlo Palcsu, naučni savetnik
Institute for Nuclear Research, Debrecen

Prof. Dr Nenad Marić
UB Šumarski fakultet

Prof. Dr Aleksey Benderev
Geological Institute, BAS

Prof. Dr Ferid Skopljak
Federalni zavod za geologiju, FBiH

Prof. Dr Metka Petrič, znanstvena savetnica
Inštitut za raziskovanje krasa, Postojna

Doc. Dr **Ana Vranješ**
UB Rudarsko-geološki fakultet
Prof. Dr **Zoran Stevanović**, u penziji
UB Rudarsko-geološki fakultet
Prof. Dr **Veselin Dragišić**, u penziji
UB Rudarsko-geološki fakultet
Prof. Dr **Milojko Lazić**, u penziji
UB Rudarsko-geološki fakultet

Prof. Dr **Zoran Nikić**, u penziji
UB Šumarski fakultet
Prof. Dr **Milan Radulović**
Univerzitet Crne Gore, Građevinski fakultet
Prof. Dr **Jugoslav Nikolić**
Republički hidrometeorološki zavod Srbije
Prof. Dr **Miloš Stanić**
UB Građevinski fakultet
Prof. Dr **Petar Milanović**, u penziji
Univerzitet u Mostaru, Građevinski fakultet
Mr. **Vesna Tahov**, dipl. inž. geol.
Geološki zavod Srbije

Prof. Dr **Nataša Ravbar**, viša znan. savetnica
Inštitut za raziskovanje krasa, Postojna
Dr **Kostadin Jovanov**, dipl. inž.
Geološki zavod Republike S. Makedonija
Dr **Romeo Eftimi**, dipl. inž., u penziji
Nezavisni istraživač, Albanija
Prof. Dr **Iulian Popa**
Facultatea de Geologie și Geofizică
Universitatea din București
Dr **Milovan Rakijaš**, dipl. inž. geol.
Hidrogeorad d.o.o.
Dr **Vladimir Beličević**, dipl. inž. geol.
Energoprojekt Hidroinženjering AD
Dr **Tanja Petrović Pantić**, naučni saradnik
Geološki zavod Srbije
Dr **Branislav Petrović**, naučni saradnik
UB Rudarsko-geološki fakultet
Dr **Veljko Marinović**, naučni saradnik
UB Rudarsko-geološki fakultet
Dr **Brankica Majkić Dursun**, dipl. inž. geol.
Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi”

UREĐIVAČKI ODBOR:

Predsednik

Doc. Dr **Ljiljana Vasić** ☎0000-0001-9140-5748
UB Rudarsko-geološki fakultet

Članovi:

Prof. Dr **Ivana Vasiljević** ☎0000-0002-0549-2652
UB Rudarsko-geološki fakultet
Prof. Dr **Nevenka Đerić** ☎0000-0002-5141-898X
UB Rudarsko-geološki fakultet
Prof. Dr **Tina Dašić** ☎0000-0002-4679-3101
UB Građevinski fakultet

TEHNIČKI ODBOR:

Srđan Stefanović, master inž. geol.
Agencija Background, Pirot
Petar Vojnović, master inž. geol.
UB Rudarsko-geološki fakultet
Milica Stepanović, master inž. geol.
UB Rudarsko-geološki fakultet
Jovana Mladenović, master inž. geol.
UB Rudarsko-geološki fakultet
Natalija Radosavljević, master inž. geol.
UB Rudarsko-geološki fakultet
Hristina Petrova, master inž. geol.
UB Rudarsko-geološki fakultet

Eugène Katansao Pyabalo, mast. inž.
UB Rudarsko-geološki fakultet
Kodjovi Zondokpo, mast. inž.
UB Rudarsko-geološki fakultet
Maša Vulović, dipl. inž. geol.
UB Rudarsko-geološki fakultet
Aleksandar Tanasković, dipl. inž. geol.
UB Rudarsko-geološki fakultet
Jovana Lončar, student
UB Rudarsko-geološki fakultet

ORGANIZATOR SIMPOZIJUMA:

*UNIVERZITET U BEOGRADU
RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET
DEPARTMAN ZA HIDROGEOLOGIJU*

u saradnji sa

SRPSKIM GEOLOŠKIM DRUŠTVOM

SAVEZOM INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE

DRUŠTVOM GEOLOŠKIH INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE

NACIONALNIM KOMITETOM IAH

MULTILATERALNIM CENTROM, PIROT

POKROVITELJI:

***MINISTARSTVO NAUKE, TEHNOLOŠKOG RAZVOJA I INOVACIJA
REPUBLIKE SRBIJE***

GRAD PIROT

SPONZORI:

***JP „VODOVOD I KANALIZACIJA“ PIROT
DEPARTMAN ZA HIDROGEOLOGIJU, RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET***

BEOGEOAQUA D.O.O.

TAŠ GRUPA

AQUA PRO ENERGY D.O.O.

CENTAR ZA HIDROGEOLOGIJU KARSTA

TURISTIČKA ORGANIZACIJA PIROT

IBIS-INŽENJERING D.O.O.

STRATING D.O.O.

GECO-INŽENJERING D.O.O.

FREATIKA

AGENCIJA ZA MARKETING BACKGROUND

Uvodna reč organizatora

Poštovane kolegice i kolege,

nakon samo dve godine od održavanja XVI Srpskog simpozijuma o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem, ponovo imamo priliku da se družimo na ovom veoma značajnom skupu za hidrogeologe. Razlog „ubrzanja“ održavanja Simpozijuma je zapravo ponovno uspostavljanje dvogodišnjeg razmaka održavanja Srpskog simpozijuma o hidrogeologiji i Geološkog kongresa Srbije. Objašnjenje za ovakav korak leži u tome da je prethodni Simpozijum, prema uspostavljenoj dinamici od 2012. godine (Zlatibor), preko 2016. godine (Kopaonik), trebalo da se održi 2020. godine, ali je usled globalne pandemije korona virusa (COVID-19), došlo do njegovog pomeranja na 2022. godinu, kada je i održan na Zlatiboru. Upravo iz iznetih razloga, a uz veliki trud i zalaganje organizatora zarad ponovnog uspostavljanja dvogodišnjeg niza sa Kongresom geologa Srbije, XVII Srpski simpozijum o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem se održava ove godine od 2.10.-6.10. 2024. godine u Pirotu.

Kroz XVII Simpozijum će se na neki način izvršiti retrospektiva prethodnih Simpozijuma, počevši od 1971. godine do 2024. godine, sa ciljem da se sublimira i prikaže položaj hidrogeologije kao nauke i struke, kako u Srbiji, regionu, pa i šire. Počevši od prvog Simpozijuma koji je održan u Herceg Novom 1971. godine, preko ostalih Simpozijuma održavanih širom bivših Republika Jugoslavije, kao i tad i sada je jedini usko stručni skup koji za cilj ima izlaganje naučnih i tehničkih dostignuća iz oblasti izučavanja podzemnih voda i prikaz izuzetne važnosti ovih istraživanja za sva moderna i razvijena društva.

Kao specijalni poklon Organizatora skupa, svim učesnicima skupa će na raspolaganju biti skenirani zbornici radova Simpozijuma (Sveske Hidrogeologija) od 1971. godine zaključno sa ovim poslednjim Simpozijumom koji se održava u Pirotu ove godine.

Zahvaljujući kolegama koji su do sada dali značajan doprinos, a kroz veliko zalaganje i trud u održavanju prethodnih Simpozijuma, danas je ovaj Simpozijum ponovo jedan od najznačajnijih događaja, kako hidrogeološke, tako i cele geološke struke u Srbiji i regionu.

Za ovaj XVII-ti Simpozijum, iako sa kratkim rokom za pripremu i organizaciju samog događaja i za animiranje kolega da pripreme i pošalju radove, pristigao je veliki broj radova, kako iz Srbije, tako i iz regiona, pa i šire. Na Simpozijumu će biti prezentovano više od 90 radova iz svih grana hidrogeologije, sa preko 200 autora i koautora radova, što je i dokaz uspešnosti i dobre reputacije ovog skupa, sa nadom da se tako nastavi i predstojećim godinama. Uz ove podatke, posebno je važno naglasiti da će na svečanom otvaranju ovogodišnjeg Simpozijuma biti izloženi plenarni referati kolega hidrogeologa iz svih 6 država bivše SFRJ, kao prilog i osvrt na položaj i budućnost značaja hidrogeologije.

Svi prihvaćeni radovi koji su prošli recenzentski postupak su svrstani u 6 tematskih sesija:

1. Vodosnabdevanje i upravljanje vodnim resursima
2. Zaštita podzemnih voda
3. Mineralne vode i njihovo iskorišćavanje
4. Geotermalna energija
5. Hidrogeološka istraživanja u hidrotehnici, rudarstvu i građevini
6. Studentski radovi

Podela na ovakve tematske grupe u najvećoj meri utiče aktuelnost hidrogeologije u određenim oblastima vezanim za održivo upravljanje ovim dragocenim resursom od koga zavise kako stanovništvo, tako i različite grane privrede u Srbiji i regionu, što najbolje ilustruju plenarna predavanja koja su sastavni deo Simpozijuma i zbornika radova.

Ovaj XVII-ti Srpski simpozijum o hidrogeologiji je organizovan pod pokroviteljstvom Grada Pirota i JKP „Vodovod i kanalizacija“ Pirot i uz podršku Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije.

Takođe, veliku zahvalnost dugujemo i kompanijama koje su sponzorisale ovaj naučni skup: Departman za hidrogeologiju, BeoGeoAqua d.o.o., Taš grupa, Aqua Pro Energy d.o.o., Ibis-Inženjering d.o.o., Strating d.o.o., GECO-Inženjering d.o.o., FREATIKA, CKH, TO Pirot, Background.

Praksa koja je zaživela na XV Simpozijumu, o učestvovanju kolega iz regiona i šire i time doprinela da ovaj skup dobija i značajne međunarodne okvire, se pojačava i na ovom skupu. Izuzetno nam je zadovoljstvo da ove godine možemo poželeti dobrodošlicu u grad Pirot kolegama iz Republike Srpske i Federacije BiH, Crne Gore, Hrvatske, Slovenije, Severne Makedonije, Bugarske, Mađarske, Rusije, Poljske, SAD i Togo-a.

Veliku zahvalnost za organizovanje ovako velikog skupa u veoma kratkom vremenskom roku izražavamo Generalnom sekretaru simpozijuma prof. dr Vesni Ristić Vakanjac, Predsednici uređivačkog odbora Doc. dr Ljiljani Vasić, Članovima Organizacionog odbora: dr Branislavu Petroviću, naučnom saradniku i dr Veljku Marinoviću, naučnom saradniku. Takođe, zahvalnost izražavamo i Članovima Tehničkog odbora Srđanu Stefanoviću i Petru Vojnoviću, kao i svim dragim kolegama i studentima, članovima Tehničkog, Organizacionog i Naučnog odbora koji su pomogli da se ovaj skup održi.

U ime organizatora skupa želimo vam lep boravak u Pirotu.

U Pirotu, oktobar 2024. godine.

Predsednik Organizacionog odbora
Prof. dr Saša Milanović



Predsednik Naučnog odbora
Prof. dr Dušan Polomčić



SADRŽAJ

PLENARNA PREDAVANJA

Saša Milanović, Ljiljana Vasić STANJE I PERSPEKTIVE HIDROGEOLOGIJE U REPUBLICI SRBIJI	1
Josip Terzić HIDROGEOLOGIJA U REPUBLICI HRVATSKOJ – TRENUTNO STANJE I PERSPEKTIVE.....	15
Zlatko Ilijovski HIDROGEOLOGIJA KAO STRUKA I NAUKA U R. S. MAKEDONIJI.....	23
Mihael Brenčič HIDROGEOLOGIJA SLOVENIJE - Pregled razvoja hidrogeološke struke od 1990. godine.....	33
Uroš Jurošević, Petar Begović, Ferid Skopljak STANJE HIDROGEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA NA TERITORIJI BOSNE I HERCEGOVINE.....	39
Milan Radulović STANJE HIDROGEOLOGIJE U CRNOJ GORI	49

1. Vodosnabdevanje i upravljanje vodnim resursima

Aglaida Toteva and Emanuela Malinkova HYDROCHEMICAL CHARACTERISTICS IN THE BOTEVGRAD BASIN, BUGARIA.....	57
Aleksey Benderev, Boyka Mihaylova, Konstantin Kostov ENVIROMENTAL STATUS OF SIGNIFICANT KARST SPRINGS IN BULGARIA.....	63
Boyka Mihaylova PECULIARITIES OF CHANGES IN GROUNDWATER LEVELS ON THE TERRITORY OF "AURUBIS BULGARIA" AD.....	69
Dunja Josipović, Nikola Milovanović, Branko Ivanković, Petar Begović UTICAJ PROSTORNE DISTRIBUCIJE MN I FE U PODZEMNIM VODAMA NA ODABIR LOKACIJE NOVOG EKSPLOATACIONOG BUNARA, PRIMJER IZVORIŠTA „ŽERAVICA“ U GRADIŠCI (RS-BIH)	75
Dušan Polomčić, Jelena Ratković, Dragoljub Bajić, Milica Stepanović DETALJAN 3D HIDRODINAMIČKI MODEL SLOŽENIH USLOVA STRUJANJA PODZEMNIH VODA DELA BEOGRADSKOG IZVORIŠTA PODZEMNIH VODA.....	81
Dušan Polomčić, Jelena Ratković, Vesna Ristić Vakanjac, Dejan Tadić, Bojan Hajdin KVANTITATIVNE KARAKTERISTRIKE EKSPLOATACIONOG REŽIMA PODZEMNIH VODA NA IZVORIŠTU „JAROŠ“ –SOMBOR	87
Dušan Polomčić, Jelena Ratković, Vesna Ristić Vakanjac, Dejan Drašković, Slavko Špadijer HIDRODINAMIČKE KARAKTERISTIKE IZVORIŠTA „PAVLIŠ“ ZA VODOSNABDEVANJE VRŠCA	93

Dušan Polomčić, Jelena Ratković, Vesna Ristić Vakanjac, Dejan Drašković, Slavko Špadijer HIDRODINAMIČKE KARAKTERISTIKE IZVORIŠTA „NEPRIČAVA“ ZA VODOSNABDEVANJE LAZAREVCA.....	99
Dušan Stojadinović HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE TERENA PLANINE RADOČELO	105
Golub Lj. Čulafić, Jelena Krstajić, Jana Vukotić ULOGA HIDROMETRIJSKIH MJERENJA PRILIKOM VRŠENJA KOMPLEKSNIH HIDROGEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA – PRIMJER DONJEG TOKA RIJEKE MORAČE U ZETSKOJ RAVNICI, CRNA GORA	109
Goran Marinković, Marina Magazinović, Nataša Obradović, Darko Spahić, Maja Poznanović Spahić, Bogdan Kuzmanović AKVIFERI GRANITNOG MASIVA GORNJANA (ISTOČNA SRBIJA)	113
Matko Patekar, Staša Borović, Josip Terzić, Marco Pola, Maja Briški, Ivan Kosović FIVE YEARS OF INTERDISCIPLINARY RESEARCH ON A SMALL KARST ISLAND OF VIS (CROATIA)	119
Miljan Kovačević, Tina Dašić, Nenad Ivanišević PRIMENA ADAPTIVNIH NEURO-FAZI SISTEMA (ANFIS) ZA KRATKOROČNU PROGNOZU PROTOKA KARSTNIH IZVORA	129
Nikola Krstić, Tanja Pajčić HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE OPLENCA.....	135
Nikola Milovanović, Mr Petar Begović, Dunja Josipović, Branko Ivanković PRIMJENA IZOTOPSKIH I HIDROHEMIJSKIH METODA ISTRAŽIVANJA ZA POTREBE DEFINISANJA SLIVNIH PODRUČJA NA PRIMJERU KARSTNOG VRELA „IZRON-SUHA“ (BIH)	141
Nikola Nikolić, Vaso Novaković HIDROHEMIJSKE KARAKTERISTIKE PODZEMNIH VODA IZDANI SA INTERGRANULARNIM TIPOM POROZNOSTI U SEVERNOM DELU REPUBLIKE SRPSKE	147
Petar Dokmanović, Mihajlo Djordjević ARTESKE IZDANI NEOGENOG SEDIMENTNOG KOMPLEKSA NA PODRUČJU GRADA ZAJEČARA	153
Petar Milanović HIDROGEOLOŠKA FUNKCIJA DOLOMITA U KARSTU ISTOČNE HERCEGOVINE.....	159
Petar Vojnović, Saša Milanović ULOGA ESTAVELA U FUNKCIONISANJU KARSTNIH SISTEMA.....	165
Peter Gerginov, Tatyana Orehova, Aglaida Toteva, Aleksey Benderev OVERVIEW OF GROUNDWATER RESOURCES IN BULGARIA.....	171
Tanja Pajčić, Nikola Krstić HIDROGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA PIROTSKE KOTLINE PRIMENOM GEOFIZIČKIH METODA	177

- Uroš Jurošević, Tamara Marković, Zoran Kovač, Marija Milanović, Spasoje Glavaš**
HIDROHEMIJSKA I IZOTOPSKA KARAKTERIZACIJA IZVORA U SLIVU RIJEKE SUŠICE..... 185
- Aleksandar Avramović, Aleksandra Pešić**
PRIMENJENA HIDROGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA NEOGENE IZDANI ZA POTREBE
VODOSNABDEVANJA STANOVNIŠTVA GRADA POŽAREVCA
..... 193
- Aleksandra Pešić, Aleksandar Avramović, Đurđa Milojković**
REZULTATI PRIMENJENIH HIDROGEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA ZA POTREBE OTVARANJA NOVOG
IZVORIŠTA „JAGODICA“ ZA POTREBE VODOSNABDEVANJA KOSTOLCA..... 199
- Zoran Nikić, Nenad Marić, Vukašin Milčanović**
DOPRINOS NEOTEKTONSKE ANALIZE U FORMIRANJU HIDROGEOLOŠKOG MODELA KARSTNE
IZVORSKE ZONE VISOK – STARA PLANINA 205
- Nikola Nenadić, Miroslav Radić, Dragan Grujić, Željko Ćirić**
HIDRODINAMIČKE KARAKTERISTIKE IZVORIŠTA PODZEMNIH VODA ZA VODOSNABDEVANJE
STARE PAZOVA..... 211
- Mila Trayanova-Koleva, Sava Kolev, Aleksey Benderev**
GEOLOGICAL FACTORS FOR THE FORMATION OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF
GROUNDWATER IN THE CATCHMENT AREA OF THE PCHELINA RESERVOIR, BULGARIA
..... 217
- Veljko Marinović**
KARAKTERIZACIJA I KLASIFIKACIJA KARSTNIH HIDROGEOLOŠKIH SISTEMA POMOĆU
STATISTIČKE ANALIZE I KRIVE TRAJANJA PROTOKA: PRIMERI IZ DINARIDA 223
- Boris Vakanjac, Dejan Đorđević, Saša Bakrač, Radoje Banković, Siniša Mil. Stanković**
PRIKAZ VODOOBJEKATA U VOJNOJ KARTOGRAFIJI SRBIJE OD 1876 DO DANAS (2024. GODINE)
..... 229
- Milan Kresojević, Vesna Ristić Vakanjac, Dušan Polomčić, Boris Vakanjac, Jugoslav Nikolić**
KROSKORELACIONE ANALIZE NIVOA PODZEMNIH VODA I NIVOA VELIKE MORAVE,
VODOMERNI PROFIL LJUBIČEVSKI MOST 237
- Saša T. Bakrač, Boris Vakanjac, Nikola Stamenković, Jovana Mladenović**
UPOREĐIVANJE POSTOJEĆIH I ISTORIJSKI ZABELEŽENIH HIDROGEOLOŠKIH OBJEKATA
KORIŠĆENJEM GIS TEHNOLOGIJE NA PODRUČJU MANASTIRA PIVA..... 243
- László Palcsu**
TRITIUM: AN EXCELLENT TRACER IN HYDROLOGY 249
- Ljiljana Vasić, Saša Milanović, Laszlo Palcsu**
DEFINISANJE GENEZE KARSTNIH VODA SEVERNOG DELA BELJANIČKOG MASIVA PRIMENOM
IZOTOPSKIH METODA ISTRAŽIVANJA 251
-

2. Zaštita podzemnih voda

- Branislav Petrović, Živojin Smiljković, Veljko Marinović**
UTICAJ ZEMLJIŠTA I EPIKARSTA NA KVALITET PODZEMNIH VODA KARSTNE IZDANI NA PRIMERU KARSTNE IZDANI SUVE PLANINE..... 257
- Irina Galitskaya, Elena Solomatina, Yurii Trofimov, Tatiana Morosova**
STUDY OF GROUNDWATER PROTECTION AND CONTAMINATION IN THE TERRITORIES OF THE MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILLS AFTER RECULTIVATION..... 263
- Krzysztof Dragon, Marcin Siepak, Magdalena Matusiak, Roksana Kruć-Fijałkowska, Dariusz Drożdżyński, Marek Szczepański, Józef Górski**
THE PHARMACEUTICAL COMPOUNDS INVESTIGATION AT THE RIVER BANK FILTRATION SITE LOCATED IN THE WARTA RIVER VALLEY (POLAND) – PRELIMINARY RESULTS..... 269
- Milorad Kličković**
SNEŽNO – LEDNI MARKER PONORSKE ZONE TUBIĆA PEĆINE 271
- Nenad Marić, Jason Polk, Zoran Nikić**
KONTAMINACIJA KARSTNIH IZDANI UGLJOVODONICIMA: PRELIMINARNA ISTRAŽIVANJA NA BUNARU LYDA-1 (BOWLING GREEN, KENTUCKY)..... 275
- Nikolay G. Makisomovch, Vadim T. Khmurchik, Artem D. Demenev, Olga A. Berezina, Olga Yu. Meshcheriakova**
REAL-TIME MONITORING OF GROUNDWATER TREATMENT IN AN AREA WITH HYDROCARBON POLLUTION 281
- Olga Eremina, Irina Kozliakova, Elizaveta Romanova, Aleksandra Khairedinova, Elena Chutkerashvili**
ASSESSMENT OF GEOENVIRONMENT PROTECTION FROM CONTAMINATION UPON MSW DISPOSAL IN PLATFORM AREAS (BY THE EXAMPLE OF THE MOSCOW REGION)..... 285
- Vladimir Živanović, Slavko Špadijer**
ANALIZA USLOVA ZAŠTITE UŽIČKIH VRELA PRIMENOM TDM METODE ZA OCENU RANJIVOSTI PODZEMNIH VODA 291
- Zlatko Ilijovski, Mihail Kočubovski, Silvana Pešovska**
ISKUSTVA PRILIKOM PRIPREME ELABORATA ZA UTVRĐIVANJE ZAŠTITNIH ZONA IZVORIŠTA ZA JAVNO VODOSNABDEVANJE U R. S. MAKEDONIJI 297
- Simeon Valtchev, Aglaida Toteva, Alexander Grigorov and Aleksey Benderev**
CADMIUM IN BULGARIAN GROUNDWATER: AN OVERVIEW 303
- Saša Milanović, Ljiljana Vasić, Milorad Kličković, Srđan Stefanović**
PRILOG POZNAVANJU ULOGE KARSTNIH IZDANSKIH VODA U FORMIRANJU JEZERA “KRUPAČKO BLATO” U FUNKCIJI NJEGOVOG OČUVANJA, UREĐENJA I TURISTIČKE VALORIZACIJE.....309
-

3. Mineralne vode i njihovo iskorišćavanje

- Ana Milićević, Olga Jakovljević, Jelena Krizmanić, Ana Knežević, Sanja Šovran**
DIVERZITET ALGI U TERMO-MINERALNOM IZVORU MONARH (BOGATIĆ, SRBIJA) 315
- Ferid Skopljak**
DESTRUKCIJA ZAŠTITNE KOLONE KOD IZVOĐENJA BUŠOTINE MINERALNE VODE SA CO₂
..... 321
- Goran Milanović i Dragan Stanković**
NOVI REZULTATI HIDROGEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA TERMOMINERALNIH VODA IZVORIŠTA
LUKOVSKA BANJA 327
- Jana Štrbački, Vladimir Živanović, Nebojša Atanacković, Snežana Kretić**
PRIMENA KLASIFIKACIJE METODOM K-SREDNJIH VREDNOSTI ZA ISPITIVANJE
HIDROHEMIJSKOG DIVERZITETA PODZEMNIH VODA 333
- Marija Milanović, Uroš Jurošević, Spasoje Glavaš**
MINERALNE VODE VITINIČKOG KISELJAKA I KOZLUKA 339
- Milan Tomić, Miloško Lazić, Natalija Tatić**
HIDROGEOLOŠKE KARAKTERISTIKE LEKOVITIH VODA BANATA 347
- Veselin Dragišić, Vladimir Živanović, Nebojša Atanacković, Sava Magazinović, Saša
Stojadinović, Sunčica Ninković**
HIDROGEOLOGIJA KALKŠISTA I MERMERA BOŽIČKE I LISINSKE SERIJE VLASINSKOG
KRISTALASTOG KOMPLEKSA 353
- Yavor Ivanov, Aglaida Toteva**
MINERAL WATERS SUITABLE FOR BALNEOTHERAPY OF DERMATOLOGICAL PROBLEMS IN
BULGARIA 361
- Tanja Petrović Pantić**
HIDROGEOTERMALNI SISTEM BUJANOVAČKE BANJE 367
- Snežana Kretić, Nebojša Atanacković, Jana Štrbački**
MODELIRANJE KINETIKE RASTVARANJA PIRITA U PHREEQC PROGRAMU NA PRIMERU
SULFIDNOG LEŽIŠTA RUDNIKA GROT 373

4. Geotermalna energija

- Dejan Milenić, Ana Vranješ, Marinko Toljić, Ivana Vasiljević, Natalija Radosavljević, Matija
Ognjanović**
KONCEPTUALNI MODEL HIDROGEOTERMALNOG SISTEMA ŠIRE OKOLINE BRUSA - GEOLOŠKI,
GEOFIZIČKI I HIDROGEOLOŠKI USLOVI 381
- Dejan Milenić, Ana Vranješ, Marinko Toljić, Ivana Vasiljević, Natalija Radosavljević, Matija
Ognjanović**
KONCEPTUALNI MODEL HIDROGEOTERMALNOG SISTEMA ŠIRE OKOLINE BRUSA -
GEOTERMALNA KARAKTERIZACIJA SISTEMA 389
-

Goran Marinković, Marina Magazinović, Nataša Obradović, Darko Spahić, Maja Poznanović Spahić, Bogdan Kuzmanović

SUBTERMALNE VODE LEŽIŠTA UGLJA ZABELA U DESPOTOVAČKOM NEOGENOM BASENU
..... 395

Slobodan Kolbah, Tena Bilić, Mladen Škrlec & Branimir Cvetković

ISTRAŽIVANJE I KORIŠTENJE GEOTERMALNE ENERGIJE U REPUBLICI HRVATSKOJ 401

Staša Borović, Ivan Kosović, Mirja Pavić, Marco Pola, and Kosta Urumović

ULOGA STRUKTURNO-GEOLOŠKIH ANALIZA U ISTRAŽIVANJU HIDROTERMALNIH SUSTAVA –
PRIMJERI IZ HRVATSKE..... 407

Zsolt Pinjung, Viktória Mikita, Balázs Kovács and János Szanyi

IMPACT OF HYDROCARBON PRODUCTION ON THE PRESSURE REGIME OF GEOTHERMAL
RESERVOIRS IN THE SOUTHERN HUNGARIAN GREAT PLAIN 413

5. Hidrogeološka istraživanja u hidrotehnici, rudarstvu i građevini

Vladimir Beličević

ULOGA I MESTO GEOLOŠKIH I HIDROGEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA ZA POTREBE PROJEKTOVANJA
HIDROTEHNIČKIH OBJEKATA 419

Dragoljub Bajić, Dušan Polomčić, Vesna Ristić Vakanjac, Milica Stepanović, Jelena Ratković

HIDROGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA ZA POTREBE IZRADE TUNELA: SLUČAJ DELA AUTOPUTA NA
PANEVROPSKOM KORIDORU VC KROZ BOSNU I HERCEGOVINU - REPUBLIKU SRPSKU..... 425

Dragoslav Banjak, Saša Milanović

IDENTIFIKACIJA GEOHEMIJSKIH PROCESA U AKUMULACIJI GORICA PRIMJENOM INVERZNOG
MODELOVANJA..... 431

**Eugenia Tarassova, Aleksey Benderev, Elena Tacheva, Milen Stavrev, Valentina
Lyubomirova and Mihail Tarassov**

GENERAL CHARACTERISTICS OF DRAINAGE WATERS IN THE GRANTCHARITSA TUNGSTEN
DEPOSIT, BULGARIA 437

Filip Stanić, Željko Vasilić, Anja Randelović

PRORAČUN TRENUTNOG SLEGANJA TLA USLED SNIŽENJA NIVOVA PODZEMNE VODE U FAZI
GRADNJE PRIMENOM SOFTVERA WELL-DRAIN 441

Gleb Zarnitsyn

ANALYSIS OF CHANGES IN HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS AT DIFFERENT STAGES OF SOLID
MINERAL MINING USING STOCHASTIC MODELING..... 447

Maja Todorović, Marina Ćuk Đurović, Igor Jemcov

MONITORING HIDRAULIČKIH TRANZIJENATA U TUNELIMA POD PRITISKOM (HE PIROT)
..... 453

Maria V. Vilkina, Anton M. Nikulenkov, Vyacheslav G. Rumynin

FIELD AND MODEL INVESTIGATION OF THE CLAY LAYER'S PERMEABILITY IN THE FAULT ZONE
NEAR THE PAKS II NPP 459

Marko Belotić, Milan Brkić i Aleksandar Miladinović HIDROGEOLOŠKI USLOVI IZGRADNJE BRANE I AKUMULACIJE „KLAK“ U OKVIRU SISTEMA RHE „BISTRICA“	465
P. A. Rybnikov, L. S. Rybnikova HYDROGEOLOGICAL RESEARCH FOR POST-MINING OF THE KIZEL COAL BASIN (THE URALS, RUSSIA).....	472
Sava Kolev MODEL BASED ASSESSMENT OF URANIUM MIGRATION IN THE REGION OF VULCHE DERE CREEK, DOWNSTREAM OF “ELESHNITSA” TAILINGS POND, SW BULGARIA.....	479
Tanja Adamović DUBINSKO ODVODNJAVANJE I DALJINSKO UPRAVLJANJE NA POVRŠINSKOM OTKOPU DRMNO	483
Vesna Tripković, Vladimir Lukić, Goran Jevtić i Milenko Pušić SOFTVERSKA KOMPONENTE ZA PRE I POST PROCESING PODATAKA MATEMATIČKOG MODELIRANJA STRUJANJA PODZEMNIH VODA	489
Violeta Čolaković, Vladan Čanović, Sanja Grujičić „IN SITU“ HIDROGEOLOŠKA MERENJA NA PK „GARAJEVAC ISTOK“	495
Vladan Čanović, Violeta Čolaković PROCENA UTICAJA PROJEKTOVANE PODVODNE EKSPLOATACIJE UGLJA NA RUDNIKU NOVI KOVIN NA NIVO PODZEMNIH VODA I RAD CRPNIH STANICA U ZONI KOVINSKE DEPRESIJE PRIMENOM HIDRODINAMIČKOG MODELOVANJA STRUJANJA PODZEMNIH VODA.....	499
Vladimir Lukić, Goran Jevtić, Milenko Pušić, Vesna Tripković PRIMENA MATEMATIČKOG MODELIRANJA STRUJANJA PODZEMNIH VODA U HIDROTEHNIČKOM UREĐENJU PROSTORA-PRIMER KAMENIČKE ADE I RIBARSKOG OSTRVA U NOVOM SADU	505
Rastko Petrović, Petar Škrbić ULOGA HIDROGEOLOŠKIH ISTRAŽIVANJA U PRIMENI PODLOGA ZA PROJEKTOVANJE RAZVODNOG GASOVOSA RG 05-06 BEOGRAD-VALJEVO-LOZNICA – PRIMER: ZBIJENI TIP IZDANI VEĆE IZDAŠNOSTI ALUVIJALNIH NASLAGA KOLUBARE.....	511
6. Studentski radovi	
Ognjen Ivić PRIMENA MAŠINSKOG UČENJA ZA PREDVIĐANJE NIVOVA VODE U BUNARU: LINEARNA REGRESIJA KROZ ANALIZU ISTORIJSKIH PODATAKA.....	521
Pyabalo Eugène Katansao, Dao Sama, Ljiljana Vasic, Kodjovi Zondokpo, Mohamede Alassani Bang’na ENGINEERING SOLUTIONS AGAINST POLLUTIONS OF BOREHOLE FOR WATER SUPPLY CLOSE FROM ATLANTIC SEA IN SOUTHERN TOGO: CASE OF THE BÈ AND BOKA BOREHOLES.....	527
Aleksandar Tanasković, Vesna Ristić Vakanjac, Veljko Marinović, Saša Milanović, Dušan Polomčić, Ljiljana Vasić, Branislav Petrović PRILOG POZNAVANJU REŽIMA ISTICANJA VRELA GORNJI DUŠNIK (SUVA PLANINA)	533

Hristina Petrova, Katarzyna Wątor, Ewa Kmiecik , Piotr Rusiniak, Boris Vakanjac, Vesna Ristić Vakanjac, Dimitar Petrov

HIDROGEOLOŠKE I HIDROHEMIJSKE KARAKTERISTIKE POJAVE TERMOMINERALNIH VODA U REONU VOLKOVO (SKOPLJE – REPUBLIKA SEVERNA MAKEDONIJA) 539

Igor Glavaš

GEOTERMALNE KARAKTERISTIKE PODRUČJA SEMBERIJE, REPUBLIKA SRPSKA..... 545

Ivan Drakulić, Dušan Polomčić, Jelena Ratković, Dragoljub Bajić

TEHNIKE MEKOG RAČUNARSTVA U HIDROGEOLOGIJI SOFT COMPUTING IN HYDROGEOLOGY 551

Jovana Lončar, Maša Vulović, Veljko Marinović, Branislav Petrović, Radisav Golubović, Vesna Ristić Vakanjac

PRILOG POZNAVANJU PROMENA KVALITATIVNIH PARAMETARA VODA VRELA BANJE KOD VALJEVA..... 557

Kodjovi Zondokpo, Mahaman Sani Tairou, Branislav Petrović, Eugène Pyabalo Katansao, Jana Štrbački

BASIC HYDROGEOCHEMICAL PROCESSES OF GROUNDWATER FROM GNEISSO-MIGMATITIC FORMATION IN SOUTHWEST TOGO 565

Martina Anđić, Dijana Vušović, Ksenija Bojović, Nemanja Zeković, Matija Aleksić

DEFINISANJE PH VRIJEDNOSTI I ELEKTROLITIČKE PROVODLJIVOSTI VODE IZVORA POD TREBESOM, NIKŠIČKO POLJE, CRNA GORA..... 571

Maša Vulović

Analiza pojave mutnoće na karstnom vrelu Krupac (Piroć) u zavisnosti od padavina i izdašnosti 575

Nenad Janačković, Vesna Ristić Vakanjac, Veljko Marinović, Jugoslav Nikolić, Boris Vakanjac, Zoran Nikić

REŽIM KAMENIČKE REKE (SLIV REKE VISOČICE)..... 581

Anđelija Glogovac, Vesna Ristić Vakanjac, Veljko Marinović, Saša Milanović, Ljiljana Vasić

UTICAJ KLIMATSKIH PROMENA NA REŽIM VODA SLIVA REKE CRNICE 587

Indeks autora

PROSTOR ZA SPONZORE

**KROSKORELACIONE ANALIZE NIVOVA PODZEMNIH VODA I NIVOVA
VELIKE MORAVE, VODOMERNI PROFIL LJUBIČEVSKI MOST**

**CROSS-CORRELATION ANALYZES OF THE GROUNDWATER LEVEL AND
THE LEVEL OF THE RIVER VELIKA MORAVA, GAUGING STATION
LJUBIČEVSKI MOST**

Kresojević Milan¹, Vesna Ristić Vakanjac², Dušan Polomčić³, Jugoslav Nikolić⁴, Boris Vakanjac⁵

¹Vojna akademija, Veljka Lukića Kurjaka 33, 11042 Beograd. E-mail: pporkresojevic@gmail.com

²Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, 11000 Beograd. E-mail: vesna.ristic@rgf.bg.ac.rs

³Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Đušina 7, 11000 Beograd. E-mail:

dusan.polomcic@rgf.bg.ac.rs

⁴Republički hidrometeorološki zavod, Kneza Višeslava 66, 11000 Beograd. E-mail:

jugoslav.nikolic@hidmet.gov.rs

⁵Vojnogeografski institut "General Stevan Bošković", Mije Kovačevića 5, 11000 Beograd. E-mail:

borivac@gmail.com

APSTRAKT: Sliv Velike Morave predstavlja glavni drenažni rečni sistem Republike Srbije (RS) jer zahvata oko 42 % njene površine. Zbog visokog kvaliteta zemljišta Pomoravlja, kao i značajnih rezervi podzemnih voda, sliv predstavlja najgušće naseljenu oblast u užoj Srbiji. Od privrednih grana najzastupljenija je poljoprivredna proizvodnja. Bilo je istorijskih pokušaja da ova reka postane i plovna ali do sada bezuspešno. Zbog svoje značajnosti za RS, na ovoj reci je još pre više od 100 godina uspostavljen monitoring nivoa voda i proticaja u profilima Ljubičevski most i Čuprija, godinu dana kasnije aktivira se i v.s. Varvarin, zatim 1935. godine Žabarski most, a od 1952. godine i v.s. Bagrdan. Što se tiče monitoringa podzemnih voda on je uspostavljen 1977. godine na 12 pijezometra, a nakon toga je proširivana mreža tako da je 2002. godine osmatračka mreža podzemnih voda ovog dela RS obuhvatala 92 pijezometra. Za potrebe ovog rada izvršena je uporedna analiza kota vodnog ogleдалa V. Morave v.s. Ljubičevski most i pratećih pijezometara koji su postavljeni linijski i upravno na rečni tok. Za potrebe analize postojeće hidrauličke veze Morave i podzemnih voda primenjene su kroskorelacione analize čiji su rezultati iskorišćeni za proračun srednjih brzina kretanja podzemnih voda u ovom delu sliva Velike Morave.

Ključne reči: režim površinskih i podzemnih voda, kroskorelaciona analiza, brzina kretanja podzemnih voda, reka Velika Morava

ABSTRACT: The Velika Morava river basin represents the main drainage river system of the Republic of Serbia (RS) and it covers about 42 % of the country. Due to the high quality of the land, as well as significant groundwater reserves, this area is the most densely populated area in central Serbia. The most represented economic branch is agricultural production. There have been historical attempts to make this river navigable, but so far without success. Due to its importance for the RS, water level and flow monitoring was established on this river more than 100 years ago in the gauging stations Ljubičevski most and Čuprija, and a year later, at the g.s. Varvarin, then in 1935, g.s. Žabarski most, and from 1952, g.s. Bagrdan. As for groundwater monitoring, it was established in 1977 at 12 piezometers, and after that the network was expanded, so that in 2002 the monitoring network of this part of RS included 92 piezometers. For the purposes of this paper, a comparative analysis of the water level of the Velika Morava river, g. s. the Ljubičevski most and accompanying piezometers, which are placed parallel and perpendicularly to the river flow. For the purposes of analyzing the existing hydraulic connection of the V. Morava river and groundwater, cross-correlation analyzes were applied, and the results were used to calculate the average speeds of groundwater movement in this part of the Velika Morava basin.

Key words: regime of surface water and groundwater, cross-correlation analyses, speed of groundwater movement, Velika Morava river

UVOD

Velika Morava je reka koja nastaje u neposrednoj blizini naselja Stalać spajanjem Južne i Zapadne Morave. Po formiranju, teče sa juga ka severu i uliva se u Dunav nešto malo nizvodnije od grada Smedereva.

Ukupna površina ove reke je 37.444 km², stim da neposredni sliv Velike Morave iznosi 6.126 km², dok njene sastavnice imaju približno jednake površine slivova, odnosno površina sliva Zapadne Morave iznosi 15.849 km² dok Južne Morave je nešto malo manja i iznosi 15.469 km². Iako se Velika Morava smatra glavnim drenom Republike Srbije iz razloga što njen sliv obuhvata oko 42% njene površina, ova reka ipak ne pripada samo teritoriji naše zemlje, iz razloga što 1.237 km² njene površine se nalazi na teritoriji Republike Bugarske, a 44 km² pripada Republici Severnoj Makedoniji. Dunavu Velika Morava daje u proseku 297 m³/s, stim da 125 m³/s je doprinos Zapadne Morave dok 121 m³/s se formira u slivu Južne Morave. Preostalih 35 m³/s daju njene desne (Jovanovačka reka, Crnica, Ravanica, Resava i Resavica) i leve pritoke (Kalenička, Lugomir, Belica, Osaonica, Lepenica, Rača i Jasenica) (https://sh.wikipedia.org/wiki/Velika_Morava).

Dolina Velike Morave predstavlja ujedno i najgušće naseljeno područje uže Srbije. Međutim, zbog često prisutnih izlivanja ove reke i plavljenja priobalnog područja, sva naseljena mesta, izuzev Čuprije, se ne nalaze na samoj obali ove reke već na određenoj udaljenosti. Pored Čuprije, od većih naselja tu su još i Paraćin, Jagodina, Batočina, Lapovo, Svilajnac, Velika Plana, Požarevac i Smederevo.

Što se tiče plovnosti, ovo nije plovna reka, mada su još sredinom XIX veka otpočela ispitivanja i merenja geometrije korita i plovnosti Morave (period 1862-1869). U ovom periodu je postojao i rečni saobraćaj do Čuprije kada je parobrod „Morava“ prevozio putnike do željene destinacije. Postojala je i ideja da se reka Morava uredi i uzvodno od Čuprije i da bude plovna do Stalaća, odnosno celom svojom dužinom, do čega nije došlo (Kresojević, Ristić Vakanjac i Trifković 2023).

Zbog značajnosti ove reke, kako zbog pomenute plovnosti, tako i zbog melioracija (navodnjavanja plovnog zemljišta), zatim vodosnabdevanja velikog broja naselja na račun podzemnih voda koje su u hidrauličkoj vezi sa Velikom Moravom, veoma rano se od strane zvaničnih službi (sada Republičkog hidrometeorološkog zavoda Srbije) uspostavlja monitoring kvantitativnih parametara na reci Velikoj Moravi (vodostaj i proticaj). Tako da još 1923. godine u profilima Čuprija i Ljubičevski most se otpočinje sa monitoringom, zatim godinu dana kasnije otpočinje monitoring režima vodostaja i proticaja i u profilu Varvarin, a 1935. i u profilu Žabarski most. Posle II svetskog rata, tačnije 1952. godine, u osmatračku mrežu Velike Morave ulazi i vodomerni profil Bagrdan. Na svim vodomernim profilima se vrše osmatranja vodostaja, dok se merenja proticaja vrše u profilima Ljubičevski most, Bagrdan i Varvarin. Posle II svetskog rata, ali nešto kasnije otpočinje se i sa monitoringom podzemnih voda aluvijona Velike Morave i to u periodu 1977-1978 vrši se merenje nivoa podzemnih voda u okviru 12 pijezometara, zatim u periodu od 1987-1988 osmatračkoj mreži se priključuje još 8 pijezometara a 1997.g. još jedan (ukupno 21 osmatrački objekat). U prvoj polovini 2002. godine još 71 pijezometar postaje deo osmatračke mreže u okviru koje se prati režim promene nivoa podzemnih voda aluvijona Velike Morave. Pijezometri su postavljeni tako da mogu biti u profiliskim linijama postavljenim upravno na Veliku Moravu ili paralelno sa rečnim tokom ove reke, ili mogu biti izdvojeni (pojedinačno).

METOGOLOGIJA

Kroskorelacione analize se koriste za slučaj analize vremenski zavisnih slučajnih promenljivih (u konkretnom slučaju nivo podzemnih voda i nivo površinskog toka). Pri kroskorelacionim analizama, veza vremenski zavisne slučajno promenljive (apsolutne kote nivoa podzemnih voda osmotrenih u pijezometrima) i nezavisne sličajno promenljive (apsolutna koja vodnog ogledala Velike Morave) se može kvantifikovati sračunavanjem kroskorelacionih koeficijenata i to za različite vremenske korake (Krešić i Stevanović 2010, Ristić Vakanjac 2015). Koeficijent kroskorelacije za bilo koji vremenski pomak dobija se korišćenjem sledeće jednačine (Krešić i Stevanović 2010, Ristić Vakanjac 2015):

$$r_k = \frac{COV(x_i, y_{i+k})}{\sqrt{VAR(x_i) \cdot VAR(y_i)}}$$

gde je COV kovarijansa između dve serije, x_i je nezavisno promenljiva što u konkretnom slučaju predstavlja serija dnevnih vrednosti apsolutnih kota vodnog ogledala Velike Morave, y_i je zavisno promenljiva odnosno serija apsolutnih kota podzemnih voda, $VAR(x)$ i $VAR(y)$ predstavljaju varijanse obe serije promenljivih. Kovarijansa se računa korišćenjem sledeće jednačine:

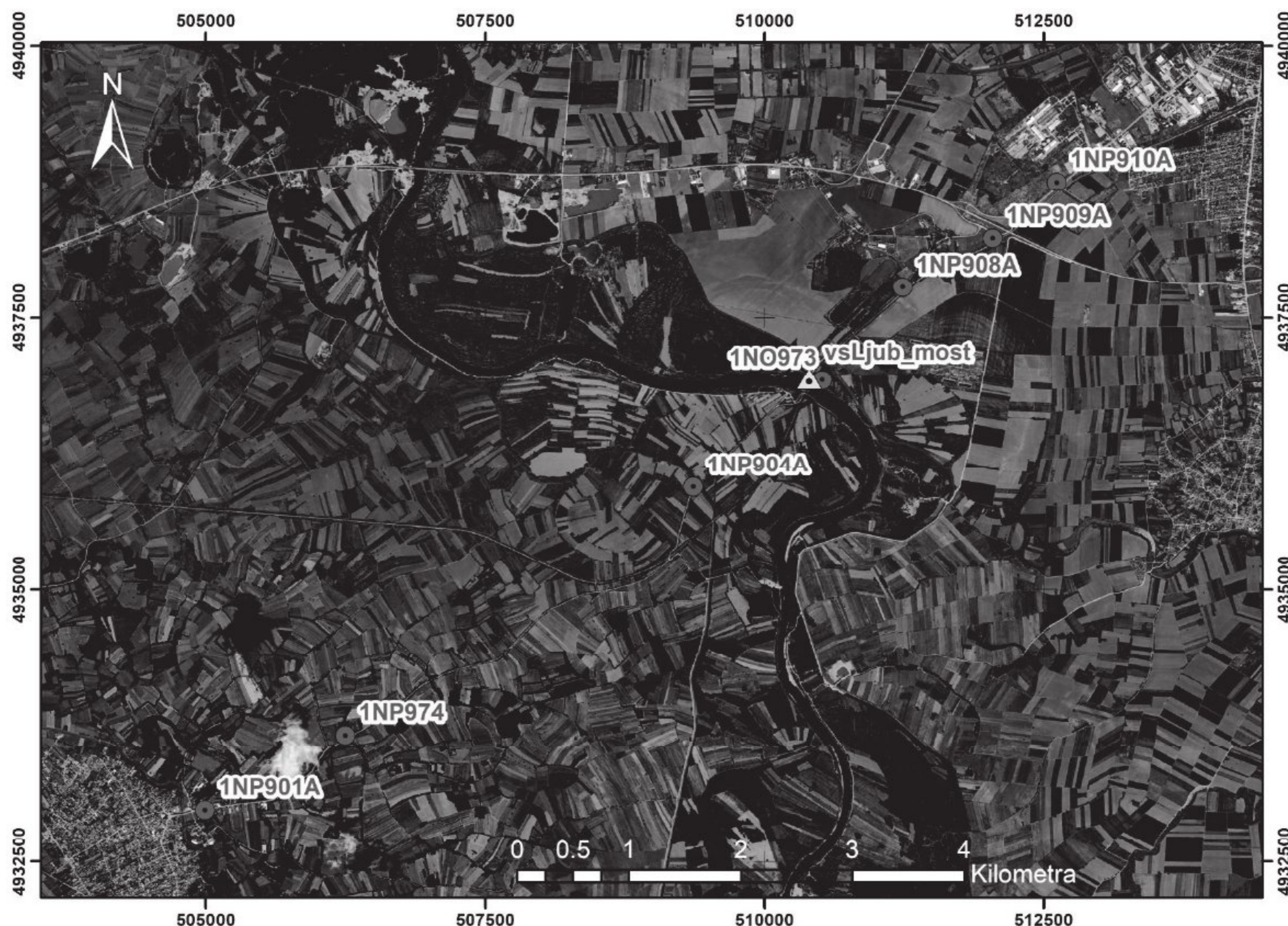
$$COV(x_i, y_{i+k}) = \frac{1}{n-k} \sum_{i=1}^{n-k} (x_i - \bar{x}) \cdot (y_{i+k} - \bar{y}_{i+k}),$$

a varijanse serija promenljivih se dobijaju na sledeći način:

$$VAR(x_i) = \frac{1}{n-k} \sum_{i=1}^{n-k} (x_i - \bar{x})^2,$$

$$VAR(y_i) = \frac{1}{n-k} \sum_{i=1}^{n-k} (y_{i+k} - \bar{y}_{i+k})^2.$$

Za potrebe primene kroskorelacionih analiza sa ciljem utvrđivanja čvrstine veza podzemnih i površinskih voda, odabran je vodomerni profil Ljubičevski most, kao i prateći pijezometri koji su raspoređeni linijski upravno na rečni tok i to: na desnoj dolinskoj strani se nalazi 4 osmatračka objekta: 1NP973 (na 30 m udaljenja od reke), 1NP908A (na 1160 m udaljenja), 1NP909A (2010 m) i 1NP910A (2830 m); i na levoj strani tri osmatračka objekta: 1NP904A (910 m), 1NP974 (1540 m) i 1NP901A (na 200 m udaljenja od korita reke Jezave). Prostorni položaj razmatranih pijezometara dat je na slici 1.

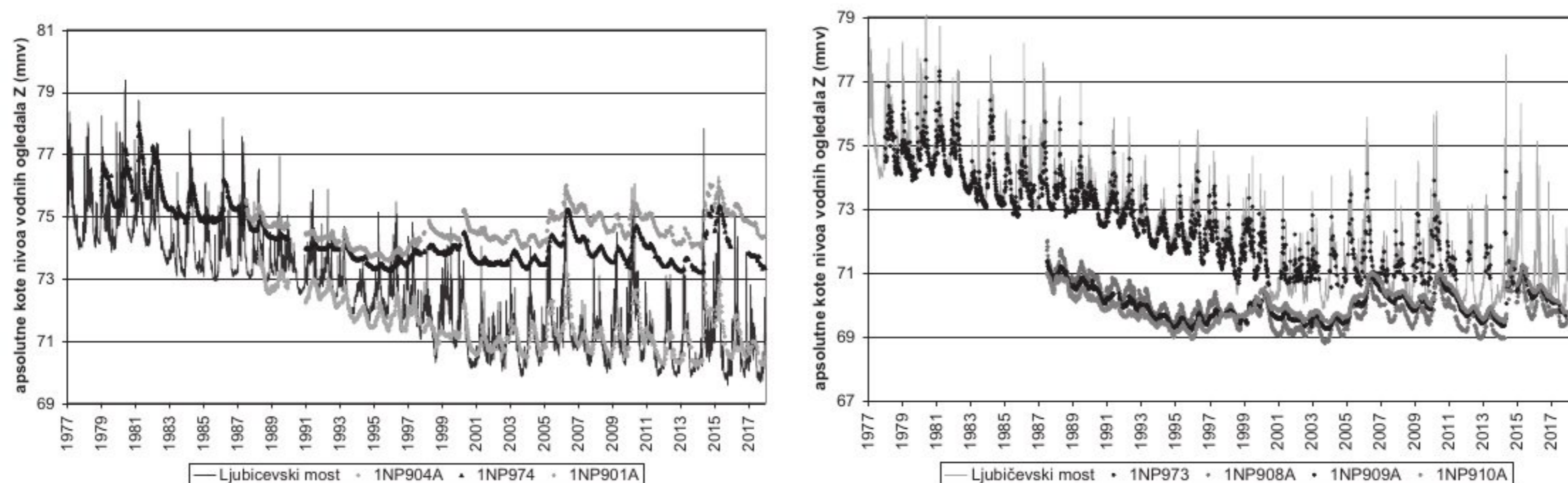


Slika 1. Prostorni položaj razmatranih pijezometara i vodomerne stanice Ljubičevski most
Figure 1. Spatial location of considered piezometers and water measuring station Ljubičevski most

REZULTATI SA DISKUSIJOM

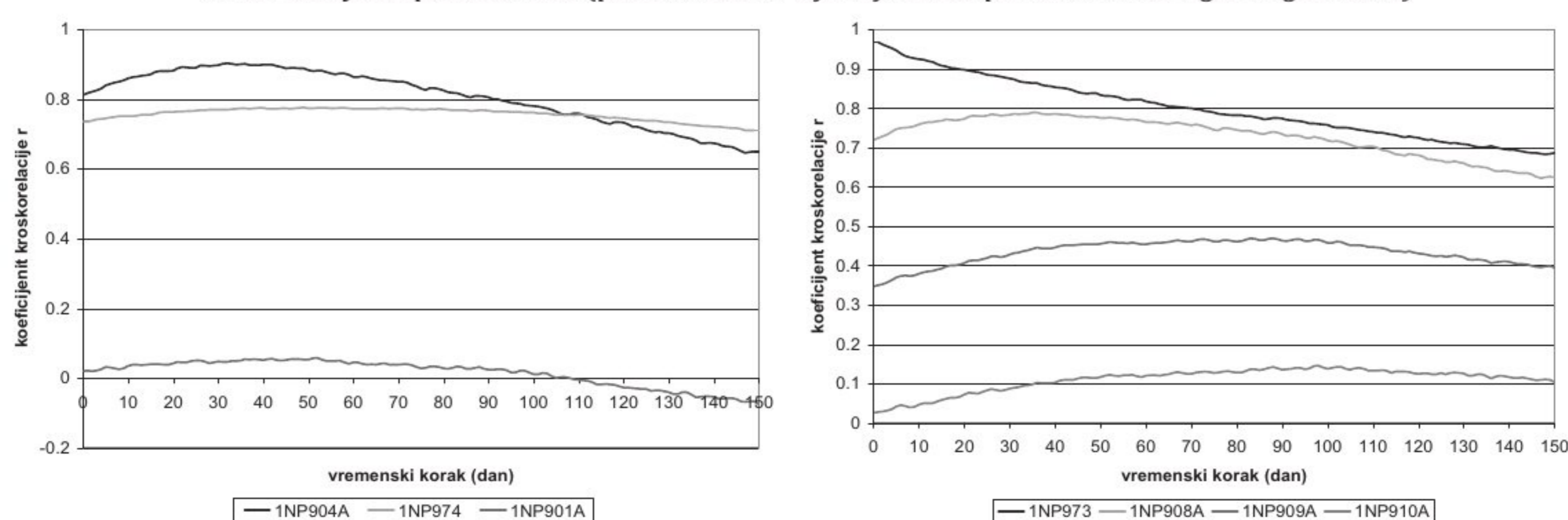
Na osnovu dobijenih dnevnih vrednosti apsolutnih kota nivoa podzemnih voda kao i reke Morave urađeni su uporedni dijagrami (vidi sliku 2). Odabran je period od 1977. do 2018. godine iz razloga što je monitoring podzemnih voda u pijezometrima uspostavljen 1977. godine. Na dijagramima se vidi jasno izražen pad nivoa reke Velike Morave koji je trajao do početka novog veka (2000. godine). Ovo je uticalo i na primetan pad nivoa podzemnih voda u pijezometrima (slika 2). Razlog ovoga je nelegalno i nekontrolisano iskopavanje građevinskog materijala (peska i šljunka) što je u periodu od 1977 - 2000. godine dostiglo čak 4 m. O negativnom uticaju ovakvog iskopavanja peska i šljunka u neposrednoj blizini Ljubičevskog mosta, i njegovom uticaju na podzemne vode pa samim tim i na vodosnabdevanje naselja objavljeno je u više radova (Ristić Vakanjac i dr. 2019, Kresojević i dr. 2023, Mladenović i dr. 2023a, Mladenović i dr. 2023b), tako da ovde neće biti reči o tome.

Akcent u ovom radu je dat na kroskorelacione analize kod kojih je nezavisno promenljiva veličina bila kota nivo vodnog ogledala Velike Morave a zavisno promenljiva veličina apsolutne kote nivoa podzemnih voda čiji je monitoring sproveden u analiziranim pijezometrima. Stim u vezi na slici 3 dati su dobijeni kroskorelogrami i to na slici levo za pijezometre koji prostorno pripadaju levoj obali, i na slici desno za pijezometre koji pripadaju desnoj obali.



Slika 2. Uporedni dijagrami apsolutnih kota nivoa Velike Morave i podzemnih voda registrovanim u analiziranim pijezometrima (slika levo: leva obala, slika desno: desna obala)

Figure 2. Comparative diagrams of the absolute elevations of the Velika Morava river and groundwater levels registered in the analyzed piezometers (picture on the left: left bank, picture on the right: right bank)



Slika 3. Kroskorelogrami apsolutnih kota nivoa Velike Morave i podzemnih voda registrovanim u analiziranim pijezometrima (slika levo: leva obala, slika desno: desna obala)

Figure 3. Cross-correlograms of the absolute elevations of the Velika Morava and groundwater levels registered in the analyzed piezometers (picture on the left: left bank, picture on the right: right bank)

Sa slike 3 levo, kao i desno može se videti da koeficijent kroskorelacije opada sa udaljenjem pijezometra od rečnog korita. Ako posmatramo levu obalu, najčvršća veza između površinskih voda Velike Morave i podzemnih voda je kod pijezometra 1NP904A. Razlog je svakako činjenica da se on nalazi najbliže reci i to na rastojanju manjem od 1 km (910 m), stim da ovde napominjemo da nakon 32 dana koeficijent korelacije ima najveću vrednost (0.902). Pijezometar 1NP974 koji se nalazi na 1540 m udaljenja od reke i ima nešto niže vrednosti koeficijenta korelacije, a vrednosti se kreću od 0.7 pa do 0.765 koja je maksimalna vrednost i koja je dobijena za vremenski pomak od 49 dana. I na kraju pijezometar 1NP901A ima izuzetno niske vrednosti koeficijenta korelacije ($r < 0.058$) što ukazuje na to da ne postoji veza između nioa voda Velike Morave i nivoa podzemnih voda u ovom delu doline. Razlog je svakako udaljenje ovog pijezometra od Velike Morave (preko 4 km), ali je mnogo bitnija činjenica da se on nalazi na svega 200 m udaljenja od reke Jezave, tako da u ovom delu Jezava u mnogome utiče na prihranjivanje/dreniranje podzemnih voda. O ovome svedoči i slika 2 levo, koja ukazuje da nakon 2000. godine samo ekstremni nivoi Velike Morave imaju više kote od nivoa podzemnih voda zabeleženih u pijezometru 1NP901A. Na žalost, monitoring reke Jezave do sada nije uspostavljen.

Posmatrajući desni dijagram na slici 3, jasno se vidi da su najviše vrednosti koeficijenta korelacije dobijene kod pijezometra 1NP973 koji se nalazi na svega 30 m udaljenja, i kod njega najviša vrednost je dobijena za pomeraj 0 dana. Na udaljenosti od 1160 m nalazi se pijezometar 1NP908A kod koga se vrednosti koeficijenta korelacije kreću od 0.615 (za vremenski pomeraj od 150 dana) pa do 0.790 (za vremenski korak od 49 dana). Na udaljenosti od 2010 m nalazi se pijezometar 1NP909A čije vrednosti koeficijenta korelacije se kreću od 0.347 (vremenski pomak 0) pa do 0.469 (vremenski pomak od 83 dana). I na kraju, najudaljeniji pijezometar koji se nalazi na desnoj obali je 1NP910A (2830 m) kod koga vrednosti koeficijenta korelacije imaju vrednosti manje od 0.146. Maksimalna vrednost $r = 0.146$ je karakteristična za vremenski pomak od 98 dana. Ovako niske vrednosti koeficijenta su rezultat velikog udaljenja od same reke, kao i prisustvo potencijalnog uticaja reke Mlave koja teče paralelno sa Velikom Moravom na udaljenosti od oko 7 do 8 km.

Ukoliko prihvatimo da trenutak kada se dobija najviša vrednost koeficijenta korelacije (vremenski pomak izražen u danima) u suštini vreme koje je potrebno da se promena nivoa reke Velike Morave oseti u pijezometru koji je udaljen na određenom rastojanju, možemo da sračunamo brzinu kretanja podzemnih voda korišćenjem proste jednačine za izračunavanje brzine $v = S/t$, gde v predstavlja srednju brzinu kretanja podzemnih, s predstavlja pređeni put što u konkretnom slučaju je rastojanje između pijezometra i rečnog toka V. Morave, i t predstavlja vremenski pomeraj za koji je kod svakog pijezometra dobijena maksimalna vrednost koeficijenta korelacije. U tabeli 1 date su numeričke vrednosti vremenskih pomeraja izražena u danima (kolona 6), odnosno sekundama (kolona 7), kao i udaljenja pijezometra od rečnog toka izraženo u metrima (kolona 8), kao i sračunate vrednosti prosečnih brzina kretanja podzemnih voda izraženo u 10^{-4} m/s (kolona 8). Dobijene vrednosti brzina se kreću od 2.803 pa do 3.729×10^{-4} m/s.

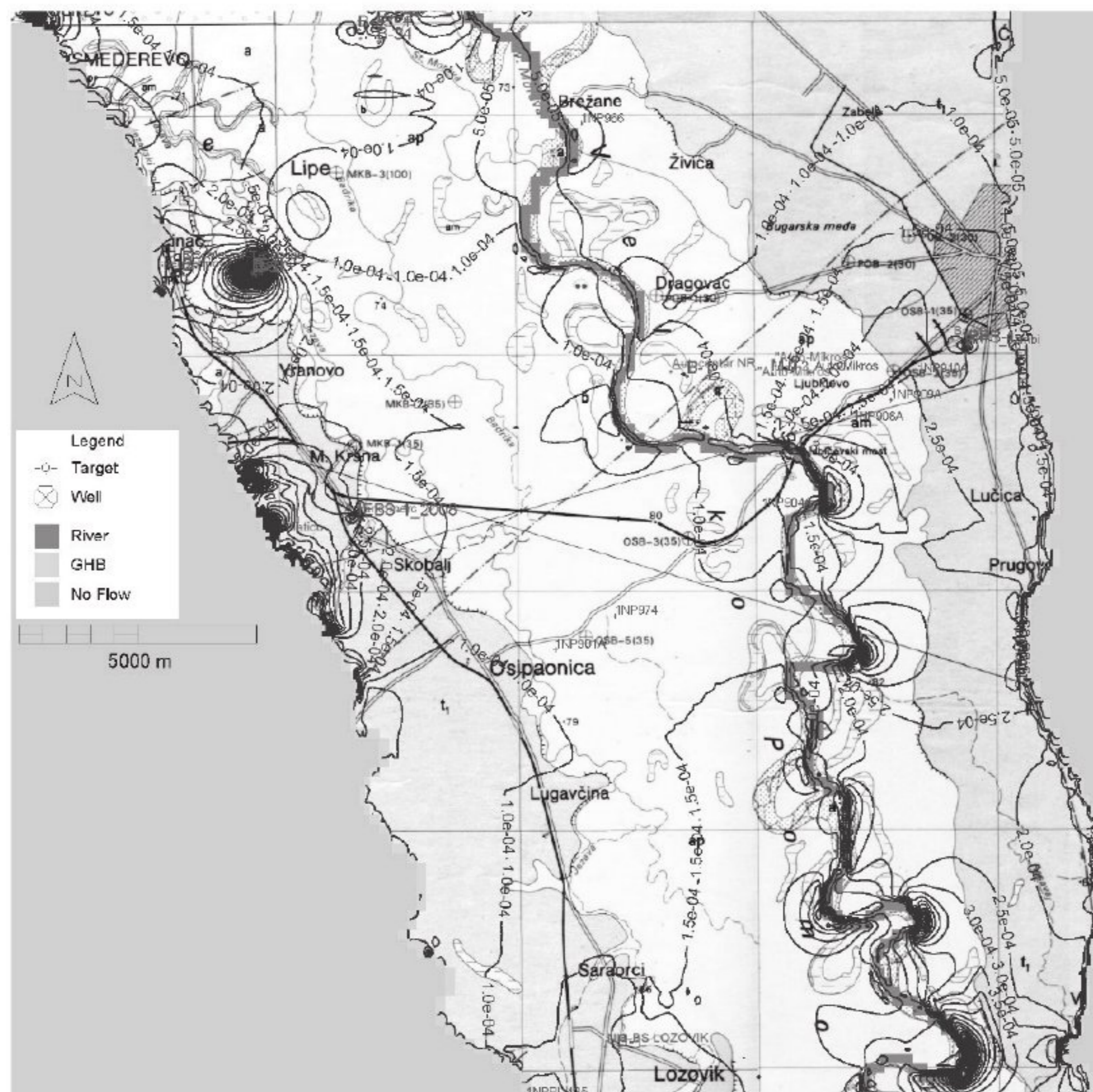
Tabela 1. Tabelarni prikaz numeričkih vrednosti potrebnih za proračun brzine kretanja podzemnih voda
Table 1. Tabular representation of the numerical values required for the calculation of the speed of groundwater movement

Pijezometar	Lokalitet	x	y	Udaljenje od V. Morave (m)	Broj dana za r_{max}	Broj dana u sekundama za r_{max}	Brzina podzemnih voda (10^{-4} m/s)
1	2	3	4	5	6	7	8
Leva obala							
1NP904A	Osipaonica vodna zajednica	4936914	7509794	910	32	2764800	3.291
1NP974	Osipaonica polje	4934636	7506681	1540	49	4233600	3.638
1NP901A	Osipaonica selo	4933941	7505427	200			
Desna obala							
1N0973	Ljubičevski most	4937900	7510950	30			
1NP908A	Ljubičevo ergela	4938752	7511669	1160	36	3110400	3.729
1NP909A	Ljubičevo petlja	4939200	7512475	2010	83	7171200	2.803
1NP910A	Požarevac šećerana	4939725	7513050	2830	98	8467200	3.342

U cilju ocene dobijenih rezultata primenjenom metodologijom, prikazane su brzine kretanja podzemnih voda na delu aluvijona Velike Morave dobijene izradom hidrodinamičkog modela aluvijalne izdani Velike Morave (Polomčić 2024) (slika 4). Dobijene vrednosti brzina strujanja podzemnih voda kroskorelacionom analizom su istog reda veličine kao i one u hidrodinamičkom modelu, pri čemu su na desnoj obali reke dobijene veoma bliske vrednosti onima iz modela.

ZAKLJUČAK

Kros-korelaciona analiza ima znatnu primenu u hidrologiji i hidrogeologiji karsta. U radu je prezentovana primena ove metode na primeru određivanja brzine kretanja podzemnih voda u aluvijalnoj izdani. Dobijeni rezultati ukazuju na mogućnost primene ove metode za navedenu namenu, pri čemu su dobijene vrednosti veoma bliske rezultatima dobijenim izradom regionalnog hidrodinamičkog modela. U narednom periodu, rezultati kros-korelacione analize vezani za određivanje brzine podzemnih voda testiraće se za svaki vremenski presek primenom linearizovane opšte jednačine nestacionarnog strujanja podzemnih voda (Businesskova jednačina).



Slika 4. Prikaz brzina kretanja podzemnih voda u aluvijalnoj izdani (u m/s) iz hidrodinamičkog modela
Figure 4. Presentation of the groundwater movement speeds in the alluvial aquifer (in m/s) from the hydrodynamic model

LITERATURA:

https://sh.wikipedia.org/wiki/Velika_Morava
 Kresic N., Stevanovic Z. 2010: *Groundwater hydrology of springs: engineering, theory, management and sustainability*, Amsterdam, Boston, Butterworth-Heinemann, 573p
 Kresojević M., Ristić Vakanjac V., Trifković D., 2023: *Proširivanje mreže plovnih puteva Republike Srbije u funkciji odbrane zemlje*, SymOpIs 23, Tara, pp 727-732
 Kresojević M., Ristić Vakanjac V., Trifković D., Nikolić J., Vakanjac B., Polomčić D., Bajić D. 2023: *The effect of gravel and sand mining on groundwater and surface water regimes – a case study of the Velika Morava river, Serbia*, *Water* **2023**, 15(14), 2654; <https://doi.org/10.3390/w15142654>
 Mladenović J., Kresojević M., Polomčić D., Đorđević D., Vakanjac B., Nikolić J., Ristić Vakanjac V. 2023: *Kvantitativni status podzemnih voda aluvijona Velike Morave (potez Bagrdan-ušće)*, Kongres geologa BiH, Neum 2023. pp 1- 11
 Mladenović J., Ristić Vakanjac V., Kresojević M., Vakanjac B., Nikolić J., Polomčić D., Bajić D. 2023: *Anthropogen impact on the groundwater regime: Case study of the Velika Morava Alluvium*, National Conference with International Participation „Geoscience 2023“, Review of the Bulgarian Geological Society, vol. 84, part 3, 2023, p. 295-298, Sofia, Bulgaria
 Polomčić D. 2024. *Modeliranje podzemnih voda (udžbenik u pripremi)*. Beograd
 Ristić Vakanjac V. 2015: *Forecasting Long-Term Spring Discharge*, In *Monography: Karst Aquifers – Characterization and Engineering* (Stevanović Z. ed), Series: Professional Practice in Earth Science, pp 435-454. Springer International Publishing Switzerland
 Ristić Vakanjac V., Nikolić J., Vakanjac B., Polomčić D., Čokorilo Ilić M., Bajić D., Kresojević M. 2019: *Surface water flows as impacted by sand and gravel mining: case study of Velika Morava River, Serbia*, 7th International Symposium Mining and Environmental protection, "MEP 19", Proceedings, (ed. Ristic I.), pp. 203-210, Vrdnik, Serbia ISBN 978-86-7352-354-5