

Kvantitativne karakteristike eksploatacionog režima podzemnih voda na izvorištu "Jaroš" - Sombor

Dušan Polomčić, Jelena Ratković, Vesna Ristić Vakanjac, Dejan Tadić, Bojan Hajdin



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Kvantitativne karakteristike eksploatacionog režima podzemnih voda na izvorištu "Jaroš" - Sombor | Dušan Polomčić, Jelena Ratković, Vesna Ristić Vakanjac, Dejan Tadić, Bojan Hajdin | 17. Srpski simpozijum o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem, Pirot, 2-6 oktobar 2024 | 2024 | |

10.5281/zenodo.13739557

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0009231>

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

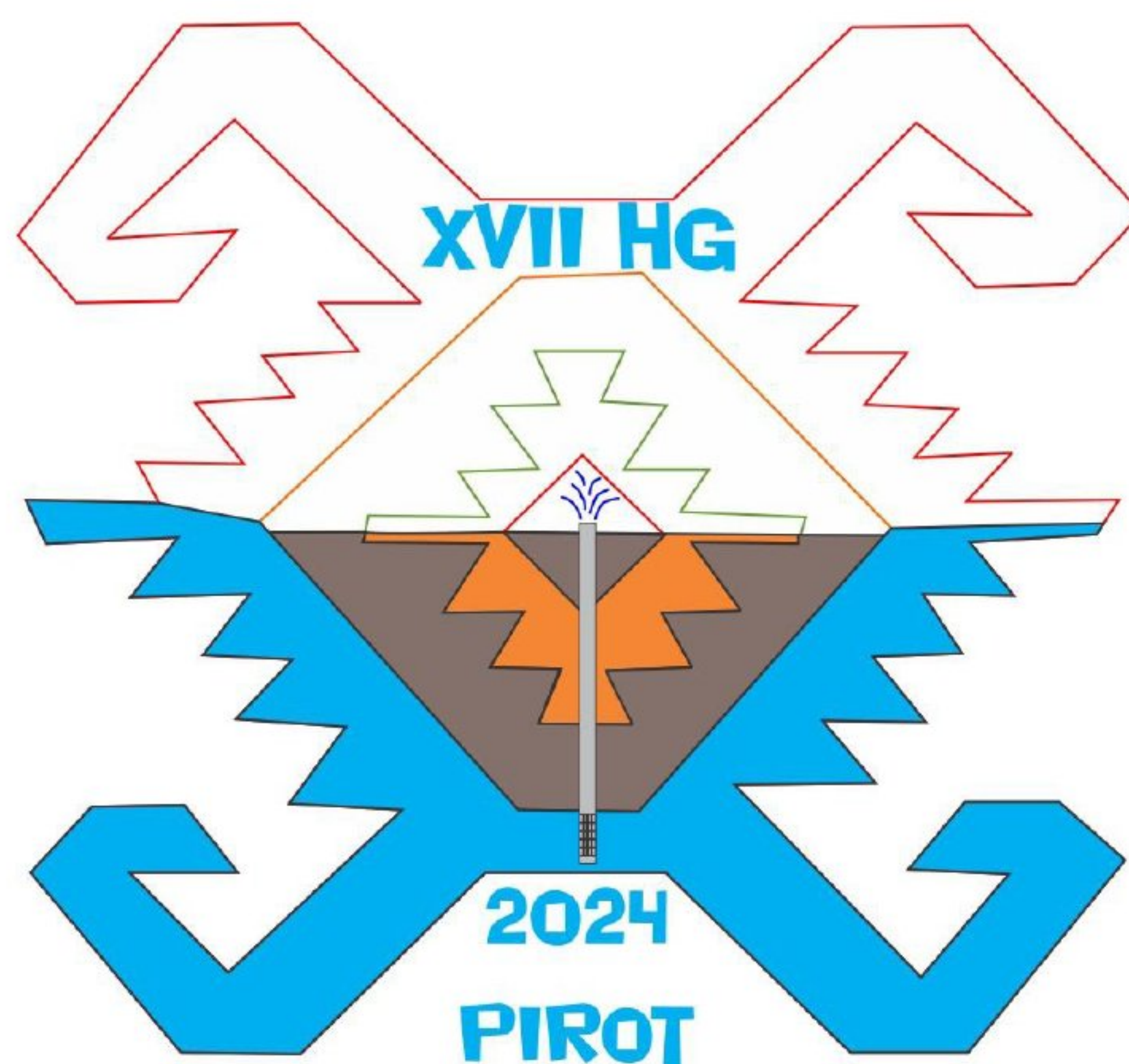
The Digital repository of The University of Belgrade Faculty of Mining and Geology archives faculty publications available in open access, as well as the employees' publications. - The Repository is available at: www.dr.rgf.bg.ac.rs

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

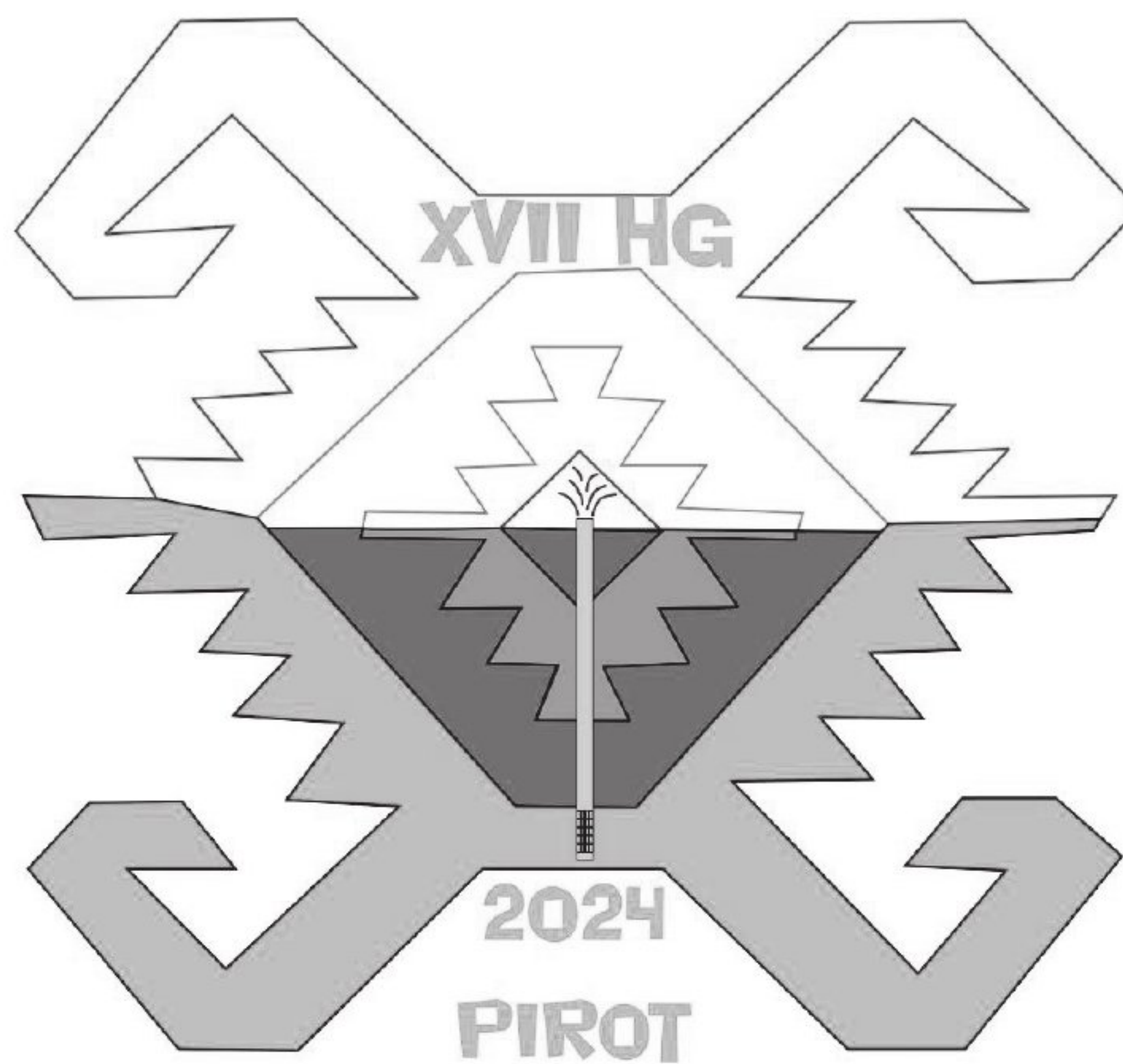


UNIVERZITET U BEOGRADU
RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET
DEPARTMAN ZA HIDROGEOLOGIJU

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 Petrić, 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 krasi, 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 NIVOVA PODZEMNIH VODA I NIVOVA 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 TRANZIJEKATA 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

**KVANTITATIVNE KARAKTERISTIKE EKSPLOATACIONOG REŽIMA
PODZEMNIH VODA NA IZVORIŠTU „JAROŠ“ – SOMBOR**

**QUANTITATIVE CHARACTERISTICS OF THE GROUNDWATER REGIME
AT THE "JAROŠ" SOURCE – SOMBOR**

Dušan Polomčić¹, Jelena Ratković¹, Vesna Ristić Vakanjac¹, Dejan Tadić², Bojan Hajdin¹

¹Rudarsko-geološki fakultet, Dušina 7, 11000 Beograd. E-mail: jelena.ratkovic@rgf.bg.ac.rs

²DH Desing House DOO, Podavalska 82, 11000 Beograd

APSTRAKT: Izvorište „Jaroš“ formirano je na prostoru Sombora. Podzemne vode koje se zahvataju na izvorištu sa ukupno 18 bunara koriste se za vodsnaždevanje grada Sombora, prigradskih i okolnih naselja. Podzemne vode se zahvataju iz zbijenog tipa izdani sa slobodnim nivoom kvartarne starosti. Hidrodinamički model režima podzemnih voda izrađen je u cilju analize eksploatacionog režima i bilansa podzemnih voda na izvorištu „Jaroš“. Primenom hidrodinamičkog modela zasnovanog na numeričkoj metodi konačnih razlika određen je bilans podzemnih voda za područje istraživanja predmetnog izvorišta, a proračuni su sprovedeni na licenciranom programu Groundwater Vistas.

Ključne reči: hidrodinamička analiza, zahvatanje podzemnih voda, modeliranje podzemnih voda

ABSTRACT: The "Jaroš" source is located within the Sombor. Groundwater is extracted from a total of 18 wells at the source and the water is used for the water supply of Sombor, its suburban and surrounding settlements. Groundwater is captured from the intergranular unconfined aquifer of Quaternary age. The hydrodynamic model of the groundwater regime was developed to analyze the exploitation regime and the groundwater balance at the „Jaroš“ source. By applying a hydrodynamic model based on the numerical method of finite differences, the groundwater balance was determined for the research area and the calculations were carried out using the licensed program Groundwater Vistas.

Keywords: hydrodynamic analysis, groundwater exploitation, groundwater regime, groundwater modeling.

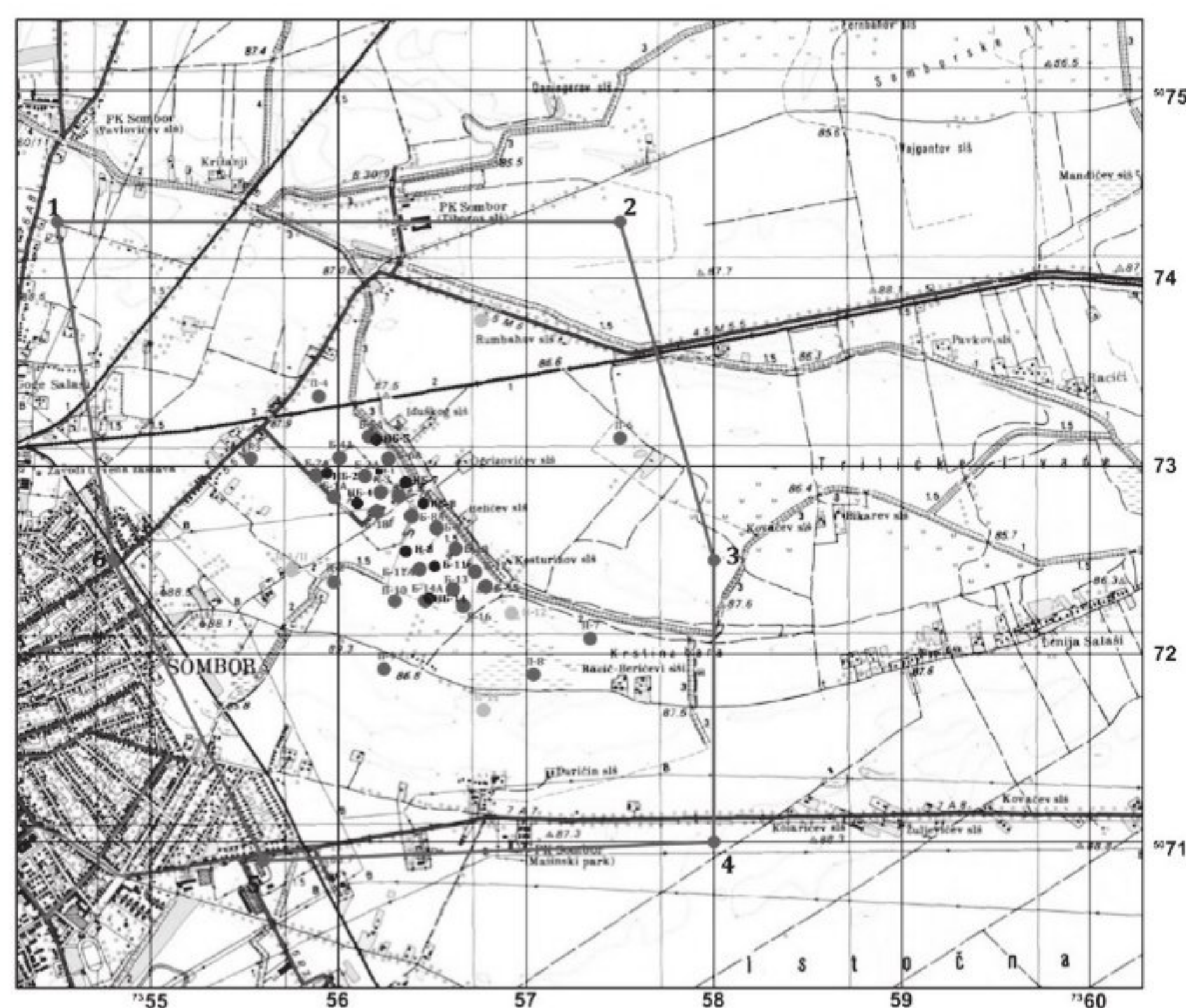
UVOD

Na izvorištu „Jaroš“ podzemne vode se zahvataju iz prve „pliće“ izdani sa slobodnim nivoom sa ukupno 18 bunara koji kaptiraju vodonosni horizont koji se prostire u intervalu od 40 m do 70 m. U podini su izdvojeni uslovno bezvodni delovi terena. Izvorište je formirano bunarima raspoređenim tako da čine dve linije bunara između kojih se nalazi fabrika vode, što je uobičajena praksa na domaćim izvorištima u Vojvodini (Polomčić et al. 2011, Polomčić et al. 2013, Špadijer & Vinčić, 2021). Vertikalnim bunarima se kaptiraju podzemne vode u količini od 187,7 l/s (Tadić & Jovanović 2022). Simulacija eksploatacionog režima na izvorištu „Jaroš“ kod Sombora obavljena je za potrebe overe rezervi podzemnih voda na ovom izvorištu. Period obuhvaćen simulacijom režima je od 15.12.2020. do 31.12.2021. godine. Za ove namene izrađen je hidrodinamički model. Prirodni, odnosno geološki uslovi stvaranja litoloških članova na izučavanom području, uslovili su geološki sklop i strukturu sedimenata, kao i hidrogeološke funkcije zastupljenih litoloških članova. Osnovne karakteristike litoloških članova na širem istražnom području su različito horizontalno rasprostranjenje i promenljive debljine. Navedene činjenice su uticale na izbor osnovnih karakteristika modela: višeslojevitom modelu sa mogućnošću automatske promene hidrodinamičkog stanja strujnog polja, zavisno od uslova strujanja podzemnih voda.

Danas je u svetu za potrebe modeliranja strujanja podzemnih voda zastupljena uglavnom metoda konačnih razlika. Najzastupljeniji je kompjuterski kod MODFLOW, koji je i ovde korišćen u numeričkim simulacijama. Proračuni su sprovedeni na licenciranom programu GroundwaterVistasPremiumver. 8.22 b14, koji se svrstava u sam svetski vrh programa ove vrste.

METODOLOGIJA ISTRAŽIVANJA

Izrađeni hidrodinamički model obuhvata šire područje izvorišta „Jaroš“. Na slici 1 date su lokacije objekata na užem području obuhvaćenog modelom koji su korišćeni za definisanje prostornih karakteristika izdvojenih šematizovanih litoloških članova i na kojima su vršena osmatranja režima podzemnih voda.



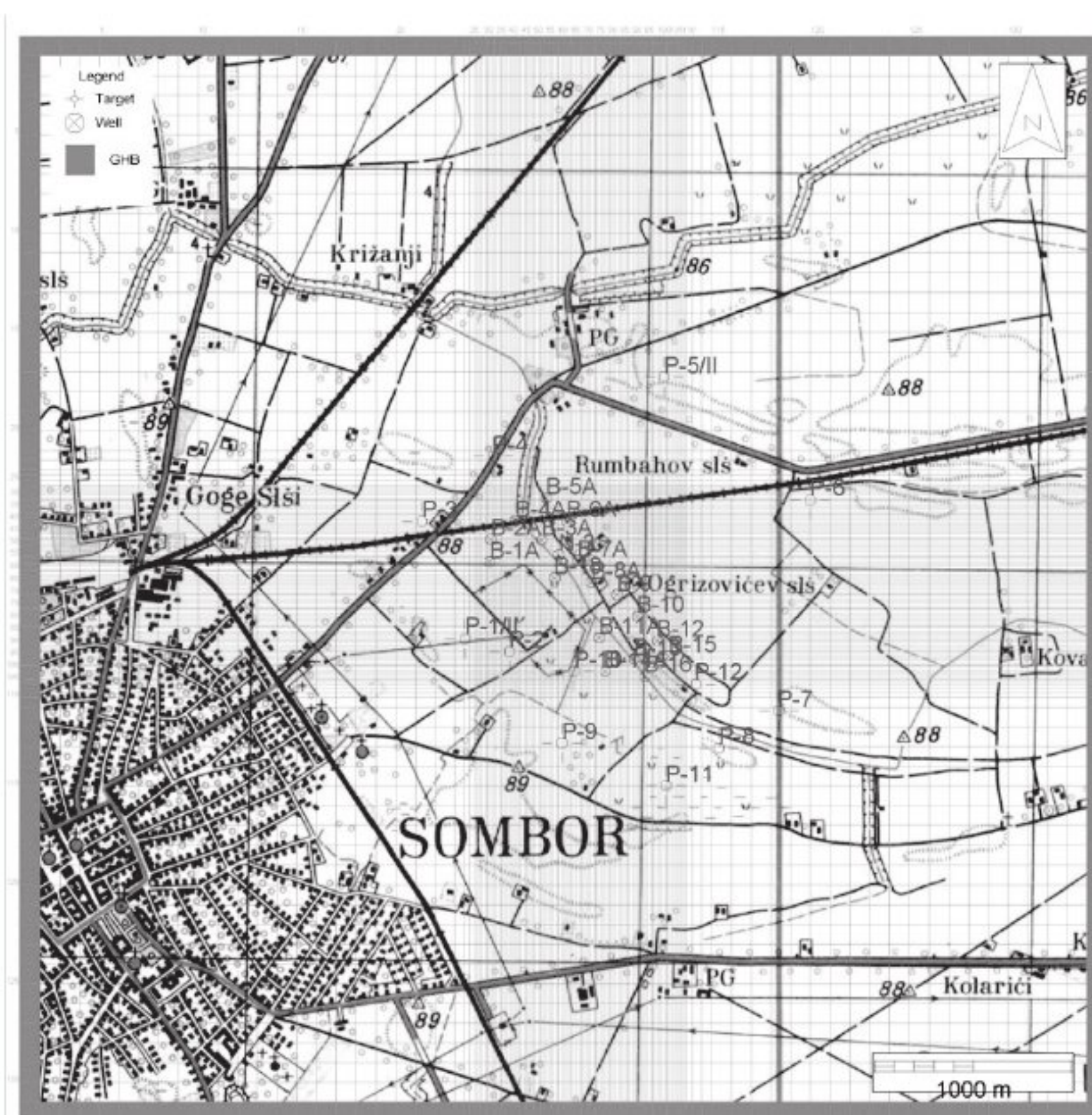
Slika 1. Prikaz šireg područja izvorišta „Jaroš“
Figure 1. Map of the wider area of the "Jaroš" source

Hydrodynamic model of the wider area of the „Jaroš“ source for Sombor water supply is designed as a multi-layered model, with a total of four layers, viewed in a vertical profile (table 1). Each of these layers corresponds to a specific real layer, schematized and separated based on the results of field research. At the „Jaroš“ source, two aquifers can be distinguished that are in direct hydraulic contact (table 1, figure 3).

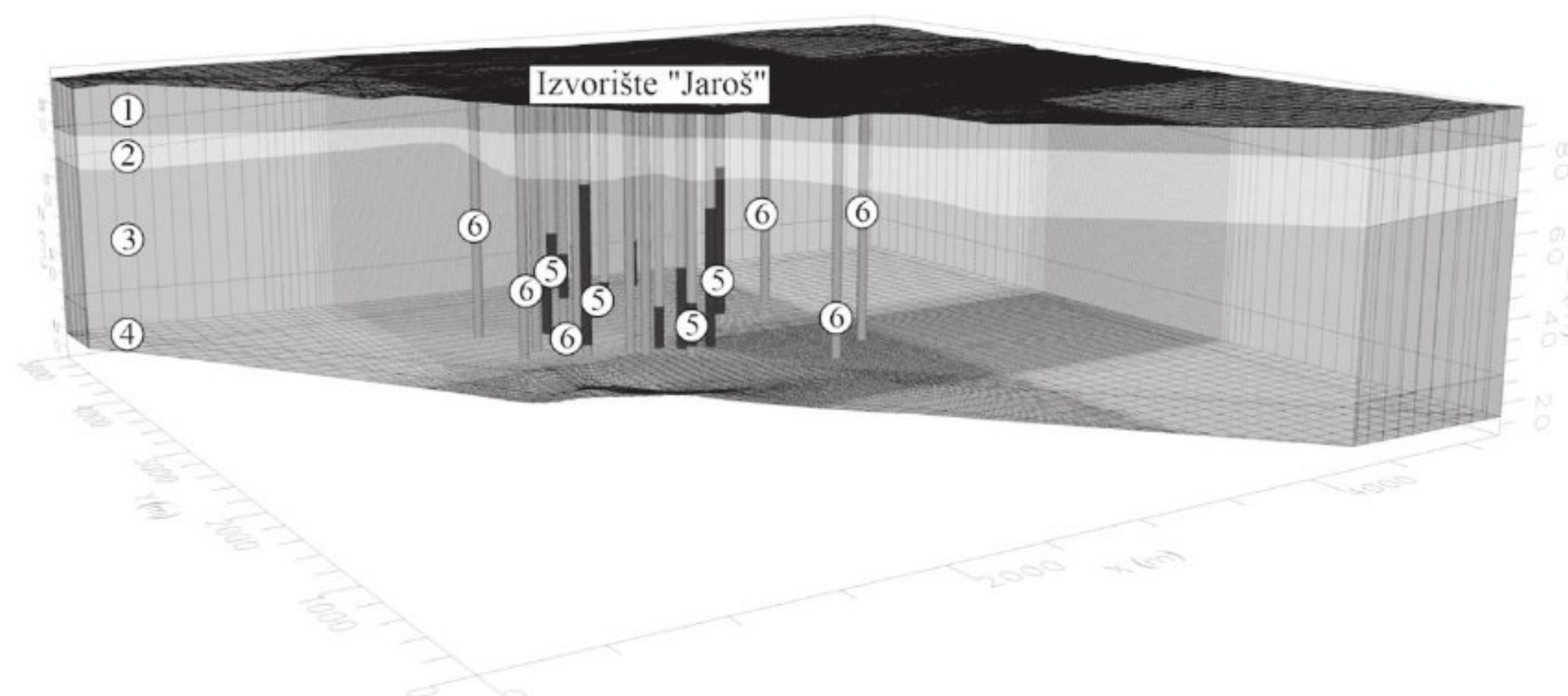
Tabela 1. Šematizacija strujne oblasti po dubini i prikaz inicijalnih vrednosti hidrauličkih parametara po slojevima.
Table 1. Field and model layers and initial values of hydraulic parameters by model layers

Broj sloja	Litostratigrafski članovi	Hidrogeološka funkcija	Koeficijent filtracije (m/s)	Specifično uskladištenje (1/m)	Spec. izdaš. sa slobod. nivoom (-)
1	Povlatni slabije propusni sedimenti (glina, les, glinoviti peskovi)	Slabije propustan sloj	2×10^{-7} - 1×10^{-6}	5×10^{-6} - 1×10^{-5}	0,12-0,2
2	Sitnozrni peskovi	Vodonosni sloj	1×10^{-5} - 7×10^{-5}	1×10^{-5} - 3×10^{-5}	0,14-0,20
3	Srednjezrni do krupnozrni peskovi	Vodonosni sloj	1×10^{-4} - 8×10^{-4}	1×10^{-5} - 4×10^{-5}	0,16-0,25
4	Glinoviti sedimenti	Vodonepropustan sloj	1×10^{-8}	2×10^{-6} - 1×10^{-5}	0,07-0,2

The model covers a wider area of the „Jaroš“ source to prevent simulation of a larger impact of groundwater as a result of artificial recharge near the source. Basic matrix dimensions, in which the terrain is studied, are 5,5 km x 5,5 km, or 30,25 km². Discretization of the flow field in the plan is derived from the basic cell size of 100m x 100m, which is in some parts of interest, or at the source location, discretized with a square grid of 12,5m x 12,5m (figure 2). The coordinate origin of the model is given by the coordinates: Y=7353500, X=5070000. The terrain covered by the model is divided into a square and rectangular grid of 132 rows x 134 columns and consists of 70.752 active model cells. In figure 3, a cross-section of the discretized model area of the „Jaroš“ source is shown in the SZ - JI direction.



Slika 2. Diskretizacija područja obuhvaćenog modelom
Figure 2. Discretization of the model domain



Slika 3. Presek područja obuhvaćenog modelom pravca SZ – JI sa prikazom prostorne diskretizacije područja (Legenda: 1. kompleks povlatnih slabije propusnih sedimenata, 2. sitnozrni peskovi, 3. srednjezrni i krupnozrni peskovi, 4. gline, 5. eksploatacioni bunar izvorišta, 6. pijezometar)

Figure 3. Cross-section of the area covered by the model in the NW-SE direction with a representation of the spatial discretization of the area (Legend: 1. overlying bed, 2. fine-grained sands, 3. medium- and coarse-grained sands, 4. clays, 5. production well, 6. piezometer)

Filtracione karakteristike porozne sredine na terenu obuhvaćenom modelom predstavljene su koeficijentima filtracije i parametarima uskladištenja litoloških članova. Inicijalne vrednosti navedenih hidrauličkih (hidrogeoloških parametara) su zadavane prema rezultatima dobijenim tokom procesa kalibracije modela za potrebe overe rezervi podzemnih voda 2013. godine (tabela 1).

Kao granični uslovi u datom strujnom polju podzemnih voda zadaju se zone hranjenja, zone dreniranja i granice rasprostranjenja izdani. U hidrodinamičkom modelu šireg područja izvorišta za vodosnabdevanje Sombora primenjeni su sledeći granični uslovi: granični uslov „opšti pijezometarski nivo podzemnih voda“, granični uslov sa zadatim proticajem, i efektivna infiltracija.

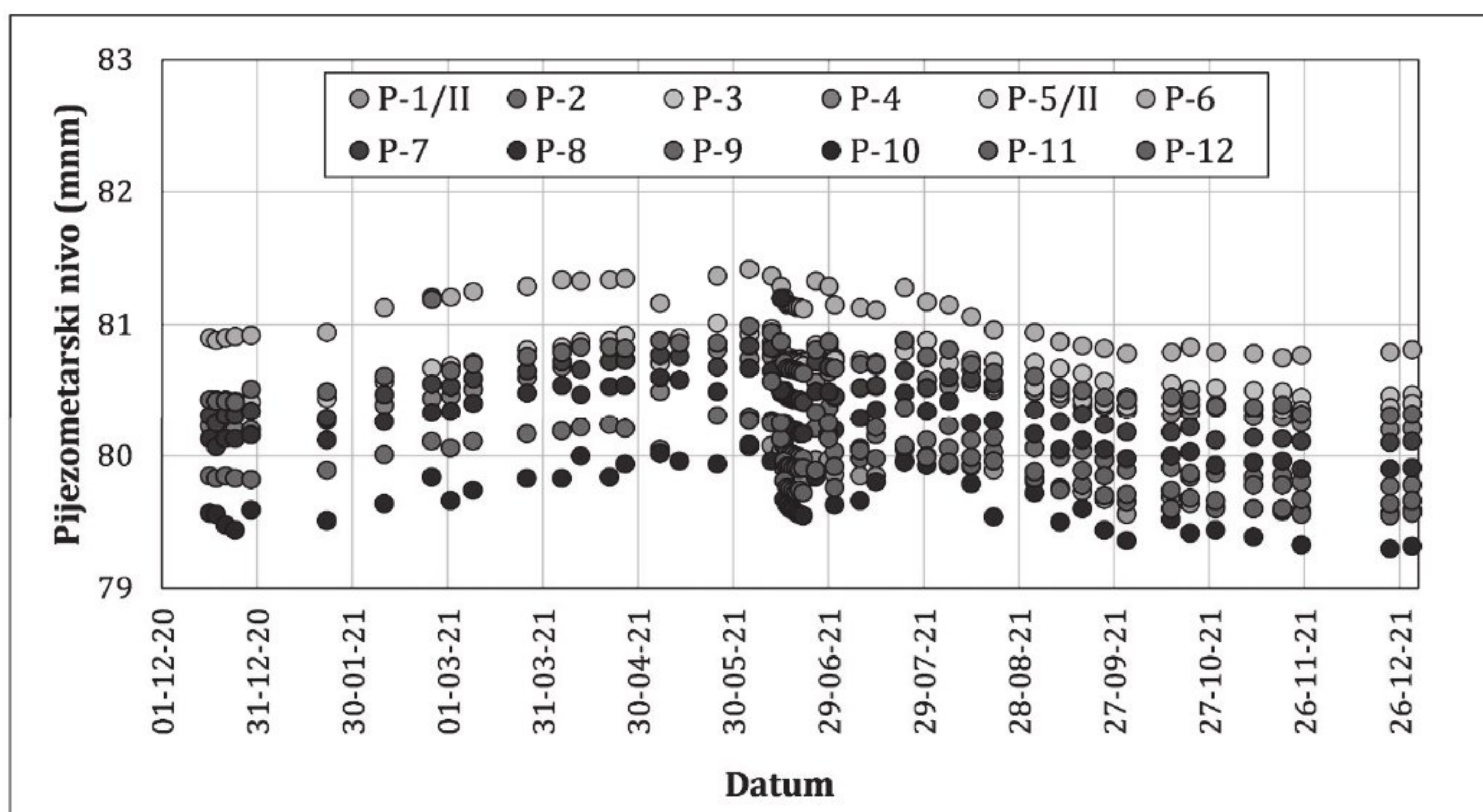
Graničnim uslovom „opšteg pijezometarskog nivoa“ simulirani su pijezometarski nivoi na spoljnim konturama modela, odnosno podzemni doticaji i oticaji iz područja obuhvaćenog modelom. Vodonosna sredina koja je kaptirana na izvorištu „Jaroš“ deo je regionalne hidrodinamičke celine. Obzirom na uslove sedimentacije i razviće ove hidrodinamičke celine, izvori prihranjivanja iste nalaze se daleko van područja koje je obuhvaćeno modelom. Uticaj ovih udaljenih izvora prihranjivanja na modelu je zadan preko graničnog uslova opšteg pijezometarskog nivoa duž svake strane modela. Ovaj granični uslov zadan je u drugom, trećem i četvrtom sloju modela. Tokom procesa kalibracije određene su reprezentativne vrednosti

pijezometarskog nivoa duž svake strane modela za navedene modelske slojeve, kao i vrednosti konduktiviteta za ovaj granični uslov.

Granični uslov zadatog proticaja-Ovim graničnim uslovom simuliran je rad eksploatacionih bunara na izvorištu „Jaroš“ kojima su kaptirani srednjezrni i krupnozrni peskovi. Ovaj tip graničnog uslova zadavan u trećem modelskom sloju, prema realnim dubinama ugradnje filtarskih konstrukcija. Bunari su zadavani korišćenjem napredne tehnike zadavanja bunara preko graničnog uslova nezavisnog od mreže diskretizacije uz upotrebu paketa MNW-2 u kodu MODFLOW za precizno zadavanje položaja filterske konstrukcije. Za period od 15.12.2020. do 31.12.2021. godine. obezbeđeni su podaci o dnevnim kapacitetima eksploatacionih bunara na izvorištu. U ovom periodu ukupno je radilo 18 bunara, sa različitom dinamikom uključenja u rad, odnosno isključenja iz rada, kao i različitim intenzitetima zahvatanja podzemnih voda.

Kao inicijalna vrednost **efektivne infiltracije** uzeta je vrednost od 10% padavina, i ovaj granični uslov je zadat samo u prvom sloju modela. Podaci koji su analizirani predstavljaju dnevne vrednosti padavina za period od 15.12.2020 do 31.12.2021. godine za meteorološku stanicu „Sombor“.

Etaloniranje modela je sprovedeno u nestacionarnim uslovima za period od 15.12.2020 do 31.12.2021. godine. Osnovni vremenski korak od jednog dana prilagođen je dinamici registrovanja elemenata bilansa podzemnih voda. Na nižem nivou iteracije, vremenski korak od jednog dana je na 10 delova, nejednakog trajanja (faktor 1,2). Strujanje podzemnih voda je na modelu automatski računato i simulirano kao realno strujanje, pod pritiskom, ili sa slobodnim nivoom, u svakoj ćeliji diskretizacije. Proces kalibracije modela rađen je manuelnim pristupom („trial and error“) i primenom automatske kalibracije modela primenom PEST programa (Polomčić 2021). Osnovne ciljne tačke za simulaciju režima podzemnih voda na širem području izvorišta za vodosnabdevanje Sombora predstavljaju mereni nivoi podzemnih voda u osmatračkim objektima na izvorištu, i posredno – proticaji eksploatacionih bunara. Osmatranja proticaja bunara i nivoa podzemnih voda obavljani su u periodu od 15.12.2020 do 31.12.2021. godine. Na izvorištu „Jaroš“ postoji 12 osmatračkih objekata. U navedenom periodu, pijezometarski nivoi su mereni neujednačenom dinamikom osmatranja (slika 4).



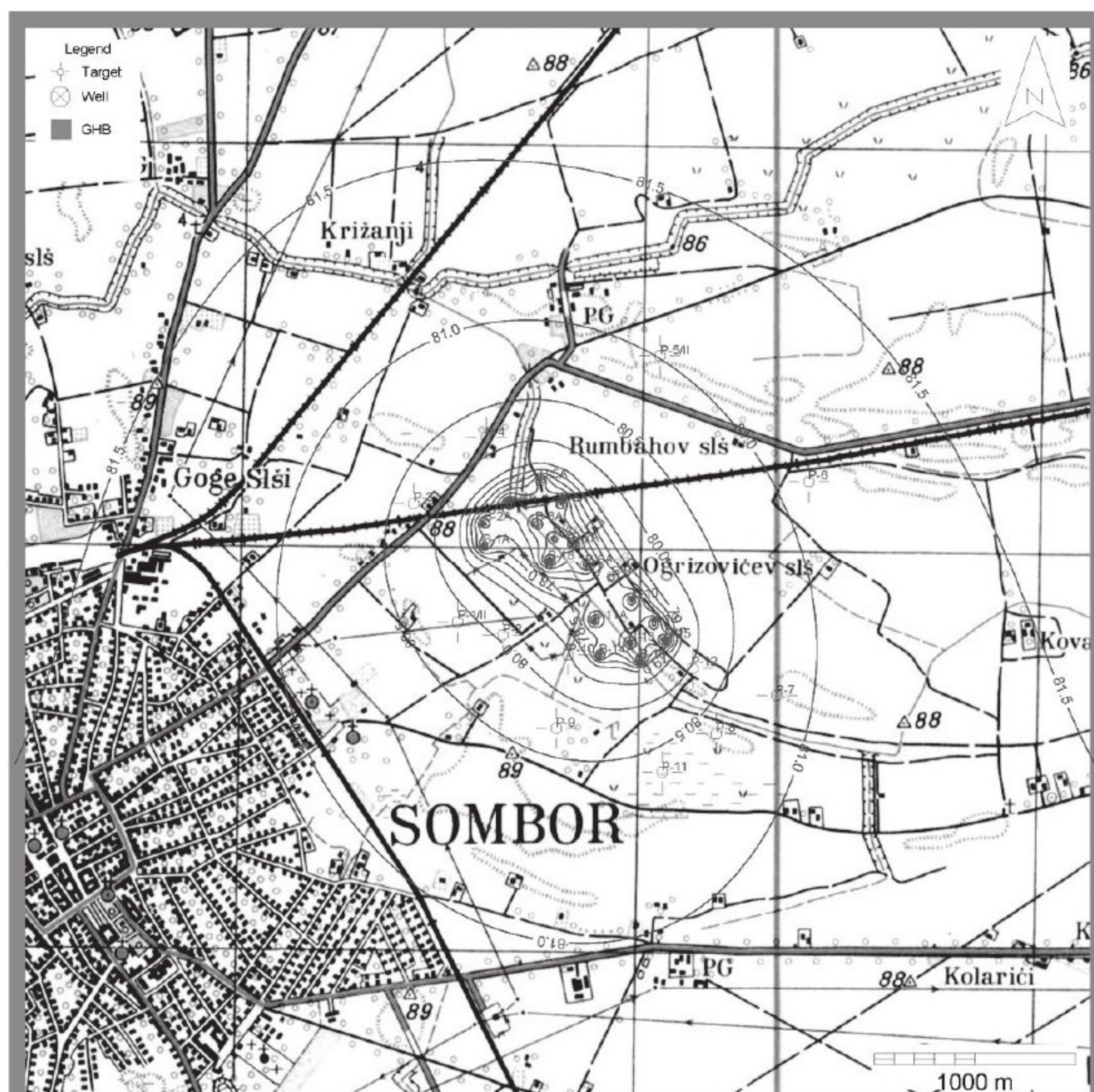
Slika 4. Registrovani pijezometarski nivoi kaptirane izdani na izvorištu „Jaroš“ u periodu 15.12.2020. - 31.12.2021. godine.

Figure 4. Registered groundwater levels at the "Jaroš" source from 15.12.2020 to 31.12.2021.

Etaloniranje modela je bilo završeno kada je dobijena zadovoljavajuća saglasnost između registrovanih nivoa podzemnih voda i nivoa dobijenih proračunom, uz kontrolu bilansa podzemnih voda.

REZULTATI

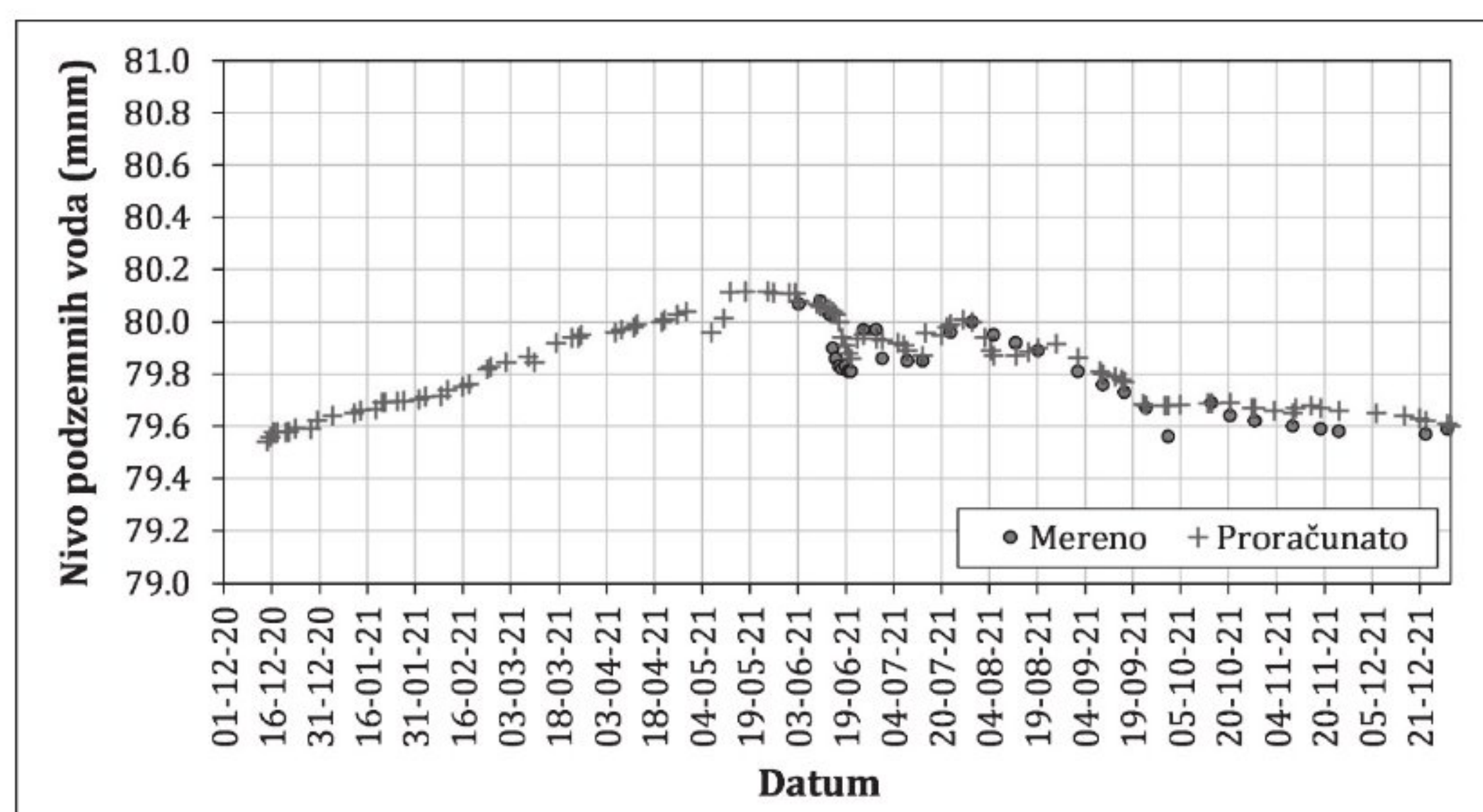
Na slici 5 prikazan je raspored pijezometarskih nivoa u kaptiranoj vodonosnoj sredini (treći modelski sloj) u vremenskom preseku kada je registrovano maksimalno zahvatanje podzemnih voda na predmetnom izvorištu od 332,8 l/s.



Slika 5. Karta rasporeda pijezometarskog nivoa u kaptiranoj izdani na širem području izvorišta „Jaroš“ za maksimalni kapacitet izvorišta od 332,8 l/s (treći modelski sloj)

Figure 5. Piezometric map of the "Jaroš" source for the maximum capacity of source of 332.8 l/s (the third model layer)

U cilju prikaza kvaliteta izvedenog etaloniranja modela, na slici 6 dati su uporedo registrovani nivoi podzemnih voda i nivoi dobijeni identifikacionim numeričkim proračunom na primeru pijezometra P-1/II.



Slika 6. Nivogram podzemnih voda u pijezometru P-1/II registrovan u prirodi i dobijen procesom etaloniranja modela

Figure 6. Groundwater level hydrograph in piezometer P-1/II registered and obtained by the model calibration process

Sa slike 6 uočava se da postoji generalno dobro poklapanje merenih i izračunatih vrednosti pijezometarskog nivoa na pijezometru P-1/II dobijenih procesom kalibracije, što važi i za ostale pijezometre na izvorištu.

Analiza bilansa podzemnih voda na području obuhvaćenom modelom je prikazana u tabeli 2 za slučaj maksimalno registrovanih kapaciteta bunara na izvorištu (332,8 l/s). Iz tabele se vidi da je učešće padavina u bilansu ovog područja relativno malo, dok je najveći podzemni doticaj ka izvorištu sa severa.

Tabela 2. Bilans podzemnih voda na širem području izvorišta „Jaroš“ za uslove maksimalno zahvaćenih količina podzemnih voda ($Q=332,8$ l/s)

Table 2. Elements of the groundwater balance at the wider area of the “Jaroš” source for the conditions of the maximum capacity of the source (332,8 l/s)

Elementi bilansa podzemnih voda	Doticaj (l/s)	Oticaj (l/s)
Efektivna infiltracija	25,7	
Doticaj/oticaaj - Zapad	95,1	
Doticaj/oticaaj - Istok	87,6	
Doticaj/oticaaj - Sever	109,5	
Doticaj/oticaaj - Jug		16,8
Učešće statičkih rezervi podzemnih voda	34,1	2,4
Bunari izvorišta		332,8
Ukupno	352,0	352,0

ZAKLJUČAK

Metoda hidrodinamičkog modeliranja režima podzemnih voda, koja je primenjena na analiziranom izvorištu omogućava razne aspekte kvantifikacije režima podzemnih voda. Prednosti koju ova metoda ima u odnosu na druge omogućava, između ostalog i kvantifikaciju podzemnog proticaja (doticaja ili oticaja) po konturama domena modela, graničnim uslovima modela ili po područjima od interesa. Na izvorištu „Jaroš“, primenom navedene metode analiziran je bilans podzemnih voda. Kao rezultat sprovedene hidrodinamičke analize, može se zaključiti da se na predmetnom izvorištu obavlja održiva eksploatacija podzemnih voda, odnosno da se za maksimalno zahvatanje podzemnih voda od 332,8 l/s ne odvija nadeksploatacija rezrervi podzemnih voda.

LITERATURA

- Polomčić D., Đekić M., Milosavljević S., Popović Z., Milaković M., Ristić Vakanjac V., Krunić O. (2011). Sustainable use of groundwater resources in terms of increasing the capacity of two intrconnected groundwater source: A case study Bečej (Serbia). 11th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2011, pp. 599-606. STEP92 Technology Ltd., Bulgaria. ISSN; 1314-2704 DOI: 10.5593/sgem2011.
- Polomčić D., Bajić D., Matić I., Zarić J. (2013). Hydrodynamic characteristics of water supply source of Kikinda (Serbia). Digital Proceedings of the 8th Conference on Sustainable Development of Energy Water and Environmental Systems, Dubrovnik, Croatia, 22-27 September, 2013; Ban M., Duic N., Guzovic Z., Klemeš J. J., Markovska N., Schneider D. R. and Varbanov P., Eds.; Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture: Zagreb; SDEWES13_FP_482., pp. 1-14, ISSN: 1847-7178
- Polomčić D., 2021: *Izvorišta i zahvati podzemnih voda*. Univerzitetski udžbenik. Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, str. 1-452. Beograd.
- Tadić D., Jovanović I., 2022: *Elaborat o resursima i rezervama podzemnih voda na izvorištu CSV "Jaroš" u Somboru - grad Sombor*. DH Design House DOO. Beograd.
- Špadijer S., Vinčić T., 2021: *Elaborat o rezervama podzemnih voda izvorišta "Pavliš" za potrebe vodosnabdevanja grada Vršca*. BeoGeoAqua, Beograd